



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

A Sala de Aula Invertida no Ensino de Física Térmica

Rodrigo Santana Jordão

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Carlos Eduardo Aguiar

Rio de Janeiro
Agosto de 2021

A Sala de Aula Invertida no Ensino de Física Térmica

Rodrigo Santana Jordão

Orientador: Carlos Eduardo Aguiar

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Carlos Eduardo Aguiar (Presidente)

Profa. Eliane Angela Veit

Prof. André Luiz Saraiva de Oliveira

Profa. Daniela Szilard Le Cocq D'Oliviera

Rio de Janeiro
Agosto de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

J82s Jordão, Rodrigo Santana
A Sala de Aula Invertida no Ensino de Física Térmica /
Rodrigo Santana Jordão. – Rio de Janeiro: UFRJ/IF, 2021.
ix, 250 f. : il. ; 30 cm.
Orientador: Carlos Eduardo Aguiar.
Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física /
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2021.
Referências Bibliográficas: f. 247-250.
1. Ensino de Física. 2. Sala de Aula Invertida. 3. Física Térmica. I. Aguiar, Carlos Eduardo. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. A Sala de Aula Invertida no Ensino de Física Térmica.

Dedico esta dissertação às minhas avós, Maria do Carmo e Raimunda Santana, por um sem-fim de lutas em busca de uma vida melhor.

Agradecimentos

Agradeço a Carlos Eduardo Aguiar, meu orientador, pelo aprendizado, pelo cuidado e pelo profissionalismo.

Agradeço à minha família, pois sem eles eu seria apenas uma fração do ainda pouco que consigo ser.

Agradeço enormemente aos professores do curso de mestrado profissional em Ensino de Física da UFRJ por toda a forma de conhecimento e experiência transmitidos.

Agradeço à Xerox do IF (Denis) e ao Bar da Física (Anderson e Pará), sem esse apoio teria sido muito mais difícil.

Agradeço aos amigos que sempre me inspiram a ser melhor, são eles: Antonio, Augusto, Chicão, Erica, Filipe, Leonardo Gomes, Leonardo Motta, Maia, Nelson.

Agradeço à *Família Romana*, que transformou minhas noites em uma divertida loucura.

Agradeço ao saudoso mestre Delmo Braga, meu eterno professor.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

A Sala de Aula Invertida no Ensino de Física Térmica

Rodrigo Santana Jordão

Orientador: Carlos Eduardo Aguiar

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Descrevemos a elaboração, aplicação e avaliação de uma proposta de sala de aula invertida para o ensino de física térmica na escola média. O rendimento acadêmico dos alunos em dois anos de aplicação da sala invertida foi comparado ao de três anos de ensino tradicional do mesmo conteúdo. Os resultados da inversão revelaram-se positivos, embora pequenos. A aplicação de um teste conceitual em física térmica também mostrou que os alunos da sala invertida tiveram rendimento superior ao de estudantes brasileiros e estrangeiros que haviam seguido o ensino tradicional. Em um terceiro tipo de avaliação, a recepção da sala invertida pelos alunos foi analisada através de um questionário qualitativo. Os resultados dessas avaliações foram comparados aos de estudos semelhantes realizados nas áreas de ensino de física e química.

Palavras chave: Ensino de Física, Sala de Aula Invertida, Física Térmica.

Rio de Janeiro
Agosto de 2021

ABSTRACT

Teaching Thermal Physics in a Flipped Classroom

Rodrigo Santana Jordão

Supervisor: Carlos Eduardo Aguiar

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

We describe the elaboration, application and evaluation of an inverted classroom for teaching thermal physics in high schools. The academic performance of students in two years of application of the inverted classroom was compared to that of three years of traditional teaching of the same content. Results of the classroom inversion were found to be positive, albeit small. The application of a conceptual test in thermal physics also showed that students in the inverted classroom had higher performance than brazilian and foreign students who had followed traditional education. In a third type of evaluation, the reception of the inverted room by the students was analyzed using a qualitative questionnaire. The results of these assessments were compared to those of similar studies carried out in the fields of physics and chemistry education.

Keywords: Physics Education, Flipped Classroom, Thermal Physics.

Rio de Janeiro
Agosto de 2021

Sumário

1	Introdução	1
2	A Sala de Aula Invertida	5
2.1	O que é SAI?	5
2.2	Aspectos Históricos da SAI	6
2.3	Implementações e Avaliações da SAI	8
2.3.1	O artigo de Finkenberg e Trefzger	8
2.3.2	O artigo de Schultz et al.	13
2.3.3	O artigo de Kettle	16
3	Implementação de uma SAI em Física Térmica	18
3.1	Primeiros Passos	18
3.2	Desenvolvimento do Material Instrucional	19
3.2.1	Criação da apresentação e do vídeo	20
3.2.2	Elaboração das listas de exercícios	27
3.3	Aplicação da SAI	32
3.3.1	Atividade prévia	32
3.3.2	Encontro presencial	34
4	Avaliação da SAI	38
4.1	Testes e Provas Escolares	38
4.2	Teste Conceitual	42
4.3	Questionário de Percepção dos Alunos	43
4.4	Discussão dos Resultados	46
5	Conclusões	49
A	Vídeos das Aulas de Física Térmica	53
B	Cadernos das Aulas de Física Térmica	54
C	Listas de Exercícios Resolvidos	162

D Listas de Exercícios	194
Referências bibliográficas	250

Capítulo 1

Introdução

Diferentes metodologias surgiram, e continuam a surgir, na busca por maneiras eficazes de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem. Algumas aproveitam a evolução de meios tecnológicos para propor alternativas aos métodos de aulas tradicionais, tentando tornar o ensino mais efetivo e promovendo condições mais favoráveis para o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, comunicação, colaboração, criatividade etc. O uso de tecnologias, principalmente as digitais, é facilitado pelo fato de boa parte dos alunos que hoje estão em colégios e universidades terem crescido com uma inclusão digital orgânica. Existe uma crescente percepção que “Nossos alunos mudaram radicalmente. Os alunos de hoje não são os mesmos para os quais o nosso sistema educacional foi criado.” [1]

Dentre essas novas concepções de ensino, a metodologia conhecida como “Sala de Aula Invertida” (SAI)¹ vem adquirindo notoriedade [2–4]. Mesmo não sendo uma definição precisa, podemos dizer que a SAI troca os papéis tradicionalmente adotados para as atividades realizadas em espaços de aprendizagem coletivos (a sala de aula) e individuais (ou melhor, não-escolares) [5]. Na SAI o estudante tem seu primeiro contato formal com o conteúdo *antes* do encontro em sala de aula com colegas e professor. Esse primeiro contato pode se dar através de textos, vídeos, jogos eletrônicos e outros meios capazes de orientar o processo de aprendizagem. Com isso a dinâmica da sala de aula

¹*Flipped Classroom* em inglês. Também é comum encontrar “Aprendizagem Invertida” (*Flipped Learning*).

pode ser reorganizada, dando mais ênfase à solução de problemas, atividades coletivas e práticas, discussões gerais etc.

Embora seja difícil definir exatamente o que é a SAI, em alguns casos é fácil identificar o que ela *não* é. Por exemplo, a SAI não pressupõe o autodidatismo; ela não é uma tentativa de fazer que os alunos aprendam independentemente da escola. Na SAI, os estudantes são assistidos e guiados pelo professor justamente nas atividades em que a intervenção docente é mais importante e necessária.

A SAI se encontra inserida no “ensino híbrido” (*blended learning*) [6], uma classe de metodologias que combinam materiais e interações *online* com as tradicionalmente realizadas nas salas de aula. Ela também faz parte das chamadas metodologias ativas ou de aprendizagem ativa (*active learning*), isto é, metodologias com a “realização de atividades de ensino que permitam aos alunos se engajarem cognitivamente e refletirem ao longo do processo sobre aquilo que estão fazendo” [3]. Dentro da categoria “aprendizagem ativa” figuram metodologias bem conhecidas como a Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*), a Aprendizagem Baseada em Equipes (*Team-Based Learning*) e o Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*), que podem ou não ser utilizadas em concomitância com a SAI [3, 7].

Da maneira como geralmente é implementada, a SAI depende fortemente do acesso às tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). Um estudo do CETIC.BR (órgão ligado ao Comitê Gestor da Internet do Brasil) mostra que, em 2019, cerca de 93% do corpo discente das escolas brasileiras faziam uso da internet para a confecção de trabalhos escolares (essencialmente em pesquisas, apenas 28% se comunicavam com o professor via internet) [8]. Assim, é razoável pensar que os alunos, de modo geral, têm acesso direto a informação via seus aparelhos eletrônicos, como celulares (para 18%, o único meio de acesso [8]), *tablets* e computadores pessoais. Isso provavelmente facilitará a adoção da SAI nas escolas brasileiras que desejarem implementá-la.

A SAI vem sendo adotada no ensino de disciplinas em diferentes áreas, tanto em escolas quanto universidades de vários países. Já existe uma quantidade apreciável de trabalhos acadêmicos que descrevem e avaliam essas

experiências, e revisões dessa literatura podem ser encontradas em [9, 10]. Artigos e teses sobre a SAI produzidos no Brasil estão na referência [11]. No que diz respeito ao ensino de ciências, e mais especificamente da física, o número de trabalhos que analisam de alguma forma o resultado de uma SAI ainda é pequeno. Até onde sabemos existem apenas dois artigos que avaliam o resultado de uma implementação da SAI em física, ambos em cursos pré-universitários [12, 13]. Na química a situação não parece muito diferente; conhecemos apenas um artigo avaliando a SAI nessa área [14].

Nesta dissertação apresentamos uma proposta de ensino de física térmica baseada na SAI, descrevemos sua implementação e analisamos o resultado de sua aplicação. A implementação foi planejada para turmas do segundo ano do ensino médio de uma escola privada da cidade do Rio de Janeiro. O conteúdo ministrado correspondeu aos conceitos iniciais de física térmica, mais precisamente: termometria, calor e seus processos de transmissão, calorimetria, dilatação, teoria cinética dos gases e primeira lei da termodinâmica. A SAI foi aplicada nessa escola em três anos sucessivos. O mesmo curso havia sido ministrado pelo mesmo professor nos três anos anteriores, usando a metodologia tradicional. Os resultados (notas) dos cursos invertidos e tradicionais foram analisados comparativamente, tomando-se os alunos dos cursos tradicionais como grupo de controle. A relação dos alunos com a SAI foi avaliada através de um questionário qualitativo. Um teste conceitual sobre física térmica [15] também foi aplicado aos alunos da SAI e os resultados foram comparados aos encontrados com o mesmo teste em cursos tradicionais de diferentes países (inclusive o Brasil).

A dissertação está organizada da seguinte maneira. No capítulo 2 apresentamos as noções básicas sobre a SAI e um pouco de sua história. Em seguida descrevemos trabalhos que avaliaram seus resultados no ensino de física e química. No capítulo 3 relatamos nossa implementação da SAI no ensino da física térmica. Começamos pelas etapas preparatórias, em seguida descrevemos o material instrucional produzido (vídeos e listas de exercício) e finalmente discutimos como foram realizadas as atividades prévias e presenciais. No capítulo 4 comparamos os resultados SAI aos do ensino tradicional. Os resultados do teste conceitual e do questionário também são apresentados

nesse capítulo. Por fim, no capítulo 5 colocamos nossa visão da SAI a partir dos resultados encontrados e da experiência de três anos de uso da metodologia. Também discutimos como a prática do ensino remoto, generalizada durante a pandemia de Covid-19, pode influenciar o desenvolvimento futuro da SAI.

Os apêndices contêm o material instrucional produzido para utilização na SAI. No apêndice A estão links para os vídeos das aulas. Os cadernos de aula estão no apêndice B e as listas de exercício encontram-se nos apêndices C (resolvidos) e D (não resolvidos). Esse material corresponde ao que foi ministrado em um ano letivo completo.

Capítulo 2

A Sala de Aula Invertida

Neste capítulo abordaremos as características da sala de aula invertida que são essenciais à compreensão dessa metodologia. Iniciaremos com uma descrição de como a SAI é apresentada na literatura e em seguida faremos um breve histórico de seu desenvolvimento. No final analisaremos alguns trabalhos que relatam implementações da SAI no ensino de física e química e avaliam os resultados dessas aplicações.

2.1 O que é SAI?

Existem diferentes maneiras de mesclar atividades a distância e presenciais, sendo a sala de aula invertida umas destas. Essa metodologia propõe que as aulas tradicionais sejam substituídas por atividades guiadas, feitas “em casa”, sobre conteúdos curriculares que ainda não foram abordados pelo professor. Essa antecipação permite mudar a dinâmica da sala de aula, que pode ser utilizada de maneira mais proveitosa para promover discussões, esclarecer dúvidas, aplicar e aprofundar o conteúdo abordado, realizar atividades coletivas e práticas etc. [2,3]. Nas palavras de Bergmann e Sams,

“Basicamente o conceito de uma aula invertida é o seguinte: o que era tradicionalmente feito em sala de aula é feito agora em casa, e o que é tradicionalmente feito em casa é realizado agora em sala de aula.” [2, p. 13].

É importante esclarecer que a SAI não é somente uma outra nomenclatura para “*ler partes do livro-texto antes da aula e posteriormente discuti-las na sala*”, pois nesse caso o estudante não está verdadeiramente recebendo uma instrução no seu espaço de aprendizagem individual. O simples fato de passar uma tarefa, um trabalho ou um texto a ser lido não é a mesma coisa que instruí-lo. Um ponto chave para a SAI é que o aluno deve ser guiado através de um material pensado, organizado e sequenciado com o objetivo facilitar sua progressão no conteúdo apresentado. Assim, no ensino invertido cabe ao professor planejar e orientar as atividades realizadas nos espaços de aprendizagem individuais e coletivos, buscando, entre outras coisas, gerar uma participação ativa dos alunos no processo pedagógico.

Uma característica marcante da SAI é o uso de tecnologias de informação e comunicação. Por exemplo, em muitas implementações os alunos assistem a vídeos sobre o conteúdo antes do encontro presencial. Porém, o recurso à tecnologia não é obrigatório nem imprescindível. De maneira mais geral, deve-se ter em mente que não existe uma única forma de fazer a inversão da sala de aula. Não é necessário, por exemplo, aplicar a inversão a toda a extensão do curso; podemos fazê-lo somente em uma parte. Novamente, segundo Bergmann e Sams,

“A única característica em comum de todas as salas de aula invertidas é a do desejo de redirecionar a atenção na sala de aula, afastando-a do professor e concentrando-a nos aprendizes e na aprendizagem.” [2, p. 96]

2.2 Aspectos Históricos da SAI

Apresentaremos aqui uma pequena história da SAI, com objetivo básico de situar temporalmente o desenvolvimento das implementações mais encontradas hoje em dia. Devido à variedade de formas de implementar a SAI, é difícil identificar claramente uma origem para a metodologia. De qualquer maneira, para muitos a primeira iniciativa pedagógica que poderia ser considerada uma sala de aula invertida foi realizada por Eric Mazur na década de

1990 [16]. Ao desenvolver seu método de instrução por pares, Mazur foi gradativamente introduzindo aperfeiçoamentos na instrução pré-classe de modo a aumentar sua eficiência, e nesse processo definiu um dos aspectos fundamentais da SAI: as atividades prévias devem ser cuidadosamente planejadas, não se resumindo à simples leitura de um livro-texto. Guias e estímulos adicionais são indispensáveis nesse processo. Com isso, foi possível utilizar o tempo em sala de aula de maneira mais proveitosa, em práticas que estimulavam a participação ativa e colaborativa dos estudantes no contexto da instrução por pares [17].

Também na década de 90, J. W. Baker, que lecionava *design* para interfaces gráficas, se valeu da rede computacional do *campus* de sua universidade para distribuir os *slides* dos quais fazia uso em sala. Mas Baker rapidamente percebeu uma incoerência naquele cenário:

“Lembro-me vividamente do dia na aula de design de tela quando eu estava clicando nos slides, com os alunos copiando obedientemente as informações em suas anotações. No meio da palestra, parei e disse: “Isso é realmente estúpido!”. As informações nos slides vão da tela para suas anotações, sem passar por nenhum de nossos cérebros. A apresentação está na rede. Basta acessá-los online antes da aula e não vamos perder tempo na aula apenas copiando slides.” [18]

Essa reestruturação é a essência da SAI, a instrução primeira e direta se desloca do espaço coletivo para o individual na tentativa de um melhor aproveitamento do tempo em sala. Segundo relata Baker, em 1998 um colega comentou: “então, o que você está fazendo é *invertendo* a sala de aula e o dever de casa” [18]. Embora Baker não tenha usado o termo imediatamente, pouco depois ele já estava usando a palavra inversão associada a este tipo de ensino. A expressão “sala de aula invertida” parece ter sido usada pela primeira vez na literatura por três professores de economia, M. Lage, G. Platt e M. Treglia, em um artigo publicado em 2000 [19].

A sala de aula invertida como conhecemos hoje ganhou notoriedade graças ao trabalho de dois professores de química do ensino médio, Jonathan Berg-

mann e Aaron Sams, autores do livro *Flip your classroom: reach every student in every class every day* [2]. No livro, Sams observou que “O momento em que os alunos realmente precisam da minha presença física é quando empacam e necessitam de ajuda individual. Não precisam de mim pessoalmente ao lado deles, tagarelando um monte de coisas e informações; eles podem receber o conteúdo sozinhos.” Bergmann e Sams propuseram em seu livro que as aulas expositivas fossem substituídas por atividades como vídeos que os alunos assistiriam antes da aula (encontro presencial), um contexto que também interessava a alunos obrigados a perder aulas por algum motivo.

Apesar de os primeiros trabalhos com aprendizagem invertida terem se dado no ensino superior, Bergmann e Sams voltaram-se para outra instância, os ensinos fundamental e médio. Desde então a SAI tem se desenvolvido bastante no ensino pré-universitário, inclusive o brasileiro.

2.3 Implementações e Avaliações da SAI

Nesta seção vamos apresentar os principais aspectos de trabalhos nos quais implementações da SAI são descritas e seus resultados avaliados. No ensino de ciências da natureza encontramos um número reduzido de publicações com essas características. Discutiremos aqui três desses trabalhos: *Flipped Classroom in Secondary School Physics Education*, de F. Finkenberg e T. Trefzger [13], *Effects of the Flipped Classroom Model on Student Performance for Advanced Placement High School Chemistry Students*, de D. Schultz et al. [14] e *Flipped Physics*, de M. Kettle [12]. Eles serão tratados separadamente nas subseções seguintes.

2.3.1 O artigo de Finkenberg e Trefzger

Começaremos com o artigo *Flipped Classroom in Secondary School Physics Education*, de Frank Finkenberg e Thomas Trefzger [13]. Nele os autores relatam uma implementação da SAI no ensino de física para alunos do ensino médio na Baviera¹, onde a disciplina de física é obrigatória e apresentada de

¹Um dos estados federais da Alemanha.

forma igual para todos os estudantes. A pesquisa foi desenvolvida com 150 participantes, 70 no grupo de estudos (instruídos no ensino invertido) e 80 no grupo de controle (com ensino tradicional). Os grupos tiveram aulas em anos diferentes, o de controle em 2016 e o de estudos em 2017.

O trabalho foi guiado por duas questões:

1. Como a SAI influencia a performance dos alunos em termos de conhecimento, motivação e interesse em física, em comparação ao ensino tradicional?
2. Parâmetros como aptidão, interesse, gênero, disciplina e conhecimento de informática influenciam os efeitos da SAI?

O curso ministrado teve duração de aproximadamente três meses e o conteúdo foi indução eletromagnética e circuito LC, assuntos considerados pelos autores como difíceis para os alunos. Esse conteúdo foi passado aos estudantes da SAI na forma de vídeos curtos (5 a 8 minutos) mostrando gravações de experimentos e *screencasts*² comentados. Os experimentos gravados foram os mesmos feitos em sala para os alunos do grupo de controle.

Como em toda SAI, os alunos deveriam assistir aos vídeos antes da aula. No início de cada aula, um questionário interativo de dez minutos com quatro questões conceituais era aplicado e servia para avaliar o nível de compreensão do conteúdo previamente apresentado. Esse questionário era respondido em um contexto de instrução por pares. Em seguida os alunos recebiam tarefas obrigatórias e opcionais com graus de dificuldade crescentes, que eram executadas em grupos. Os estudantes eram responsáveis pela solução dos problemas. O papel dos professores era prover um ambiente de aprendizagem ativa, interagir com os alunos, responder perguntas individuais e dar assistência de acordo com as necessidades dos estudantes. Os problemas mais importantes eram frequentemente resolvidos em conjunto na lousa. A maior parte dos problemas era resolvida em casa; no início da aula seguinte o professor e os alunos discutiam as soluções possíveis. A apresentação do conteúdo aos

²Um *screencast* é uma gravação digital de saída de tela de computador, também conhecida como captura de tela de vídeo, geralmente contendo narração em áudio.

grupos de controle e experimental era realizada de forma sincronizada pelos professores, que trabalhavam em estreita colaboração.

Para avaliar o desenvolvimento de cada aluno no curso, pré- e pós-testes sobre o conteúdo foram realizados. As questões dos testes foram discutidas com um grupo experiente de professores e pesquisadores em ensino de física. Junto aos testes também foram aplicados questionários sobre as crenças e atitudes dos alunos relativas aos cursos de física.

O ganho normalizado³ médio entre o pré- e o pós-teste está mostrado na figura 2.1, para os grupos de controle (ensino convencional) e experimental (SAI). O ganho de aprendizagem foi maior na SAI que no ensino convencional. A diferença é estatisticamente significativa, com valor- p ⁴ igual a 0,002. O efeito da SAI foi descrito pelos autores com sendo de “tamanho médio”.

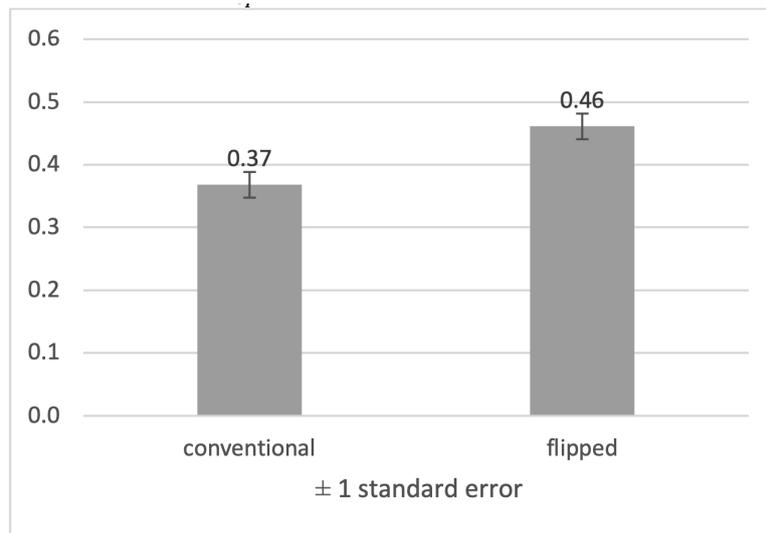


Figura 2.1: Média do ganho normalizado [13].

³O ganho normalizado de cada aluno é definido por

$$g = \frac{(\text{nota no pós-teste} - \text{nota no pré-teste})}{(\text{nota máxima} - \text{nota no pré-teste})}$$

⁴O valor- p , ou simplesmente p , é a estatística que informa qual seria a probabilidade de se encontrar um efeito igual ou superior à diferença obtida, caso a SAI não tivesse qualquer efeito real.

Nos questionários sobre crenças e atitudes dos alunos foram analisados três aspectos: motivação, interesse e auto-conceito⁵ relativos à física. Sobre a motivação para se envolver em temas de física, a figura 2.2 mostra que os alunos do curso convencional tiveram uma grande perda nessa motivação, enquanto os alunos de SAI mantiveram o mesmo índice. A diferença na perda de motivação dos dois grupos é estatisticamente significativa ($p = 0,012$) e o tamanho do efeito da SAI foi considerado “pequeno” pelos autores.

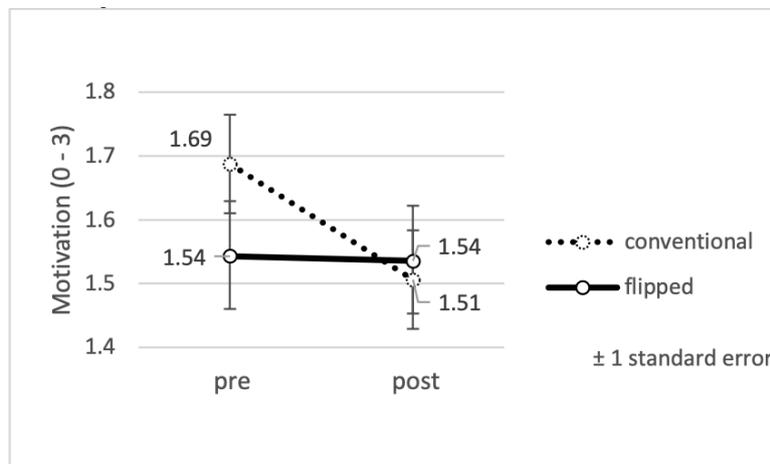


Figura 2.2: Motivação para o envolvimento em física [13].

Na análise do interesse do aluno pela física, como matéria escolar, foi encontrada uma queda no interesse dos alunos que cursaram o ensino convencional, da mesma forma que ocorreu com a motivação. A queda, segundo relatam os autores, foi estatisticamente significativa ($p = 0,004$). Essa queda, porém, não se verificou nos alunos que tiveram o ensino invertido, como é possível ver na figura 2.3.

O último parâmetro analisado no artigo foi o desenvolvimento do auto-conceito. A figura 2.4 mostra que o auto-conceito aumenta no grupo com ensino invertido e permanece praticamente inalterado no convencional. O efeito foi considerado pequeno e significativo ($p = 0,034$) pelos autores.

⁵O auto-conceito é a percepção que o aluno tem de si próprio em contextos envolvendo a física. É um construto semelhante ao de auto-eficácia, embora existam diferenças [20].

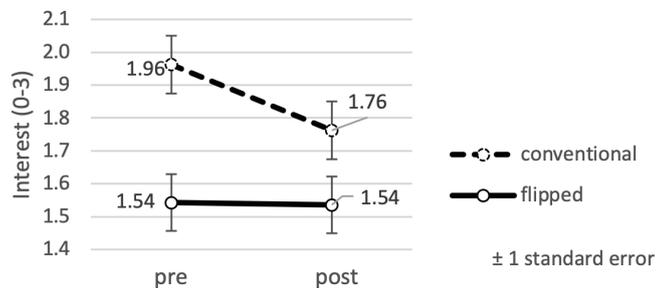


Figura 2.3: Interesse pela física [13].

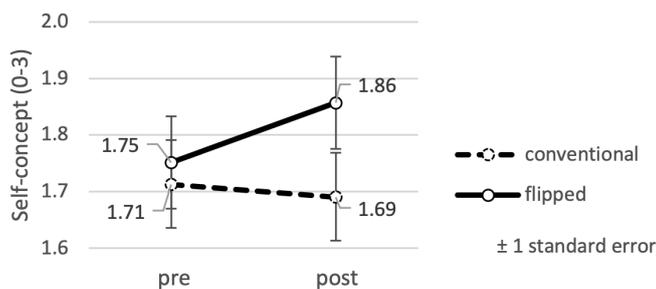


Figura 2.4: Auto-conceito associado à física [13].

O trabalho termina concluindo que o ensino invertido apresentou efeitos positivos e que em um teste de conteúdo, os alunos da inversão saíram-se melhor do que os alunos do ensino tradicional. Os autores chamam a atenção para o fato da SAI oferecer um ambiente no qual o desempenho cognitivo, bem como atitudes não-cognitivas relacionadas, podem se desenvolver melhor do que em salas de aula tradicionais. Eles também ressaltam a mudança na utilização do tempo, que é usado de maneira mais eficiente e facilita um aprendizado mais profundo e com maior envolvimento do aluno.

2.3.2 O artigo de Schultz et al.

Outro artigo que avalia quantitativamente os resultados de uma implementação da SAI é *Effects of the Flipped Classroom Model on Student Performance for Advanced Placement High School Chemistry Students*, de David Schultz, Stacy Duffield, Seth Rasmussen e Justin Wageman [14]. O artigo descreve uma aplicação da sala invertida em um curso avançado de química para alunos do ensino médio nos EUA.

A pesquisa foi desenvolvida com 61 participantes, 32 no grupo de controle (alunos que experimentaram a metodologia tradicional) e 29 no grupo de “tratamento” (alunos da SAI). O grupo de controle teve aulas em 2011-2012 e o de tratamento em 2012-2013.

O trabalho foi guiado por duas questões:

1. Os alunos de SAI tem performance diferente daqueles de uma turma de ensino tradicional?
2. Qual é a percepção dos alunos sobre a SAI?

No ensino tradicional os alunos recebiam instrução direta durante a aula, e a maioria das aplicações práticas eram feitas em casa ou no final do período de aula. Em média, de 30 a 40 minutos dos 50 minutos de aula eram gastos na exposição e discussão do conteúdo. O restante do tempo era utilizado para resolver exercícios. O dever de casa consistia em exercícios do livro e leitura de alguns trechos do livro-texto para a aula seguinte.

Na sala de aula invertida, a abordagem começava com um planejamento. Primeiro, os objetivos de aprendizagem eram divididos em seções lógicas, usadas para construir os *screencasts* individuais. Cada seção começava com uma declaração dos objetivos de aprendizagem, seguida por uma apresentação de conceitos e aplicações. Os alunos também recebiam notas guiadas que descreviam a aula de vídeo.

Após ver cada vídeo os alunos do grupo de tratamento respondiam um questionário no *Google Forms*, com perguntas como: “Há algum tópico desta seção sobre o qual você ainda está confuso ou com dificuldade?”. Os alunos

relataram que demoravam geralmente o dobro do tempo do vídeo para fazer anotações sobre o conteúdo apresentado.

No encontro presencial os alunos de SAI começavam com os problemas da última aula ou alguma atividade baseada no vídeo do dia anterior. Os 5 minutos iniciais eram usados para rever a matéria e discutir as questões levantadas durante as reflexões dos alunos. O tempo restante, entre 40 a 45 minutos, era usado para resolver problemas extras do livro-texto ou outra atividade de aprendizagem. Enquanto os alunos faziam as tarefas, o professor circulava entre eles e lhes dava assistência. Quem terminasse mais cedo poderia ver o vídeo da próxima aula.

O desempenho acadêmico e a percepção dos alunos sobre o curso foram medidos, respectivamente, por meio de avaliações e de um questionário. A primeira questão de pesquisa, relativa ao desempenho acadêmico dos alunos, foi avaliada com testes parciais e um exame final. Os resultados dos testes e exame estão mostrados na tabela da figura 2.5.

Table 2. Independent *t* Test Results for Group Differences in Student Performance^a

	df	Significance (2-tailed) ^b	Mean Difference	Std. Error Difference
Ch 1–3 Test	59	0.002	–3.95	1.20
Ch 4 Test	59	0.002	–4.67	1.44
Ch 5 Test	59	0.018	–3.08	1.26
Ch 7 Test	59	0.001	–4.32	1.19
Ch 8–9 Test	59	0.002	–3.76	1.16
Ch 10 Test	59	0.001	–4.34	1.29
Ch 11 Test	59	0.004	–5.34	1.75
Semester 1 Final	59	0.009	–8.13	3.02

^aN = 61. ^bStatistically significant at the 0.05 level.

Figura 2.5: Resultados dos testes e exame final relatados por Schultz et al. [14]. As colunas apresentam a diferença das médias dos dois grupos (tradicional menos SAI), o desvio padrão dessa diferença e a correspondente significância estatística (valor-p).

Em todas as oito avaliações houve diferenças estatisticamente significativas no desempenho dos alunos dos dois grupos: os alunos da turma invertida pontuaram mais alto do que os da turma tradicional.

Quanto à percepção dos alunos, a maioria preferiu o modo de instrução em sala de aula invertida em comparação com a abordagem tradicional, como mostra a figura 2.6. Os alunos que responderam preferir as aulas tradicionais disseram que as preferiam por já estarem acostumados com elas e, majoritariamente, pela possibilidade de fazer perguntas ao professor durante a aula. Os autores também chamam atenção para uma particularidade, a de que os alunos do último ano do ensino médio, isto é, os alunos que já se encontram perto de terminar a escola, são os mais relutantes em mudar seus métodos de estudos e de aprendizagem.

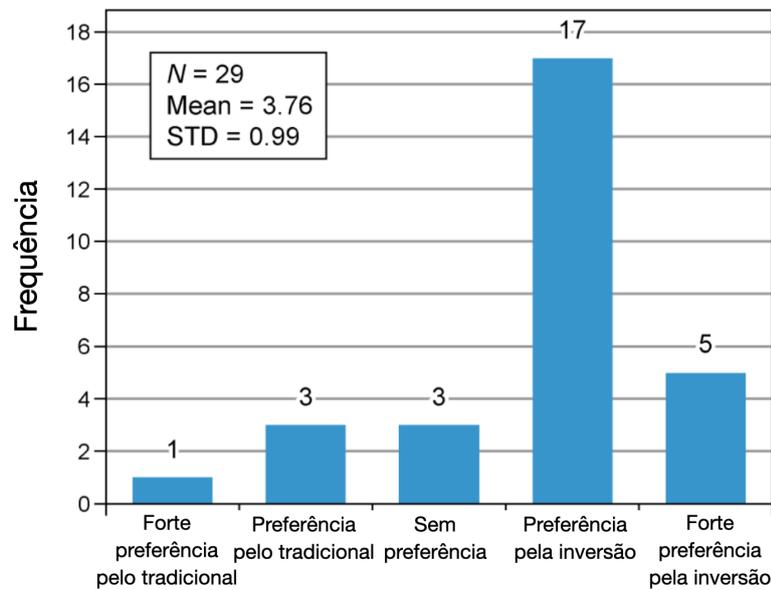


Figura 2.6: Preferências de instrução do aluno (adaptado de [14]).

2.3.3 O artigo de Kettle

O último artigo que abordaremos é *Flipped Physics*, de Maria Kettle [12]. Embora não traga avaliações quantitativas tão detalhadas quanto as descritas nos trabalhos anteriores, o artigo relata uma implementação da SAI e contém comentários interessantes.

O curso foi dado para alunos entre 16 e 18 anos de uma escola em Cambridge, Inglaterra. Para a inversão, um ambiente virtual de aprendizagem foi preparado na plataforma Moodle. Antes de cada aula presencial, os objetivos daquela sessão eram explicados nesse ambiente. Os alunos também eram orientados a ver vídeos previamente selecionados pela professora no *YouTube* e a tomar notas para a discussão na aula seguinte. Posteriormente a professora Kettle passou a criar seus próprios vídeos, pois isso aproximava mais os alunos do conteúdo estudado.

Kettle relata que inicialmente os alunos tiveram comportamentos bem diversos uns dos outros. Aqueles que eram mais aplicados faziam anotações organizadas e estavam preparados para a aula. Outros alunos produziam anotações caóticas, quando faziam, e sequer sabiam que não estavam preparados para resolver os problemas apresentados na aula presencial. Para sanar essas dificuldades foi necessário que as instruções fossem bem específicas, com exemplos de como se deveriam tomar notas. Porém outros problemas permaneceram, como o fato de um aluno que morava na zona rural não ter internet em casa.

A professora comparou a SAI com o método tradicional. Isso foi feito selecionando dois tópicos semelhantes e relacionados, trabalho e potência, e lecionando um deles (trabalho) com a SAI e o outro (potência) da maneira tradicional. Nos dois casos ela realizou testes antes e depois da instrução e comparou os ganhos nas notas. O ganho na SAI foi 6% e o do método tradicional foi 11,6%, ou seja, o método tradicional aparentemente resultou em um ganho maior. O artigo não apresenta o intervalo de confiança desses resultados, que deve ser grande devido ao pequeno número de alunos (da ordem de 10). Sem essa informação não é possível afirmar que o método tradicional realmente mostrou-se superior.

Os resultados na aprendizagem foram acompanhados de um questionário sobre a opinião dos alunos a respeito das duas metodologias, esse questionário visava a avaliação dos alunos quanto à sua relevância para a aprendizagem e se essa era prazerosa. Um resultado interessante desse questionário foi que os alunos, de modo geral, consideraram os vídeos vistos em casa como neutros do ponto de vista da aprendizagem e pouco atraentes.

Segundo a autora é impossível tirar qualquer conclusão definitiva sobre a SAI, dado o pequeno tamanho da turma. Entretanto, ela sugere que o ensino invertido foi mais efetivo para alunos capazes e motivados. Para alunos que consideram as ideias da física difíceis de entender, a SAI pareceu mostrar-se menos vantajosa que a aula tradicional.

Capítulo 3

Implementação de uma SAI em Física Térmica

Neste capítulo descreveremos a implementação de uma sala de aula invertida em turmas do segundo ano do ensino médio de uma escola privada na cidade do Rio de Janeiro, colocada em prática a partir do ano 2018. O conteúdo trabalhado através da SAI foi a física térmica, mais precisamente seus conceitos iniciais: termometria, calor e seus processos de transmissão, calorimetria, dilatação, teoria cinética dos gases e primeira lei da termodinâmica. Comentaremos também sobre as dificuldades encontradas no processo de desenvolvimento do material instrucional, as ferramentas utilizadas e outros aspectos da elaboração do curso.

3.1 Primeiros Passos

De posse de alguns livros e artigos acadêmicos [2,21] e páginas na internet [22, 23] que descreviam a SAI, sua dinâmica e as ferramentas geralmente usadas por professores que adotavam a metodologia, passei a estudar e planejar, mesmo sem experiência, como seria um curso dessa natureza para alunos do ensino médio.

Tendo decidido tentar implementar uma SAI na escola na qual trabalhava, fui conversar com o coordenador da disciplina de física. Como ele não sabia

perfeitamente como funcionava a SAI, expliquei um pouco da metodologia e passei-lhe alguns dos livros e artigos que tinha estudado. Ele retornou três semanas depois me informando que concordava com a experiência. Em seguida, a coordenação escolar também manifestou sua concordância. Para essas decisões pesou o fato de todos os alunos possuírem acesso à internet em casa e dispositivos eletrônicos para acessar o material que seria destinado a eles.

Todo início de ano a escola faz uma reunião com os pais de alunos para explicar como será o ano letivo e para que eles conheçam o corpo docente. Nessa reunião fui questionado por alguns responsáveis, que nunca tinham ouvido falar da SAI, sobre o que era a metodologia e como ela era aplicada. Cerca de 10% deles foram enérgicos ao questionar a proposta. Essa oposição foi contornada esclarecendo alguns benefícios da metodologia que foram apontados pela pesquisa em ensino.

3.2 Desenvolvimento do Material Instrucional

Nesta seção descreveremos o material instrucional que vai para o aluno, isto é, o material que ele pode acessar no espaço individual e será posteriormente discutido com ele no espaço coletivo. Esse material foi produzido com programas e ferramentas para os quais existem similares nas principais plataformas computacionais.

O material produzido está composto de:

VÍDEO - O vídeo contém uma apresentação de *slides* com minha voz ao fundo. À medida que a apresentação é passada, vou explicando o conteúdo que aparece. A apresentação pode conter textos, figuras, animações e até vídeos embutidos. *Links* para todos os vídeos produzidos estão no apêndice A.

PARTE ESCRITA - É o conteúdo a ser apresentado na forma escrita, geralmente em um arquivo PDF. Esse tipo de material é distribuído

somente em algumas aulas do curso.

CADERNO DA AULA - É o arquivo da apresentação em formato PDF, ao qual o aluno pode recorrer para acessar o conteúdo da aula sem precisar ir ao vídeo. Em aulas com muitos objetos animados tive o cuidado de gerar um arquivo no qual a sequência da animação fosse inteligível, sendo por vezes necessário gerar um novo arquivo da apresentação, com *slides* extras que acompanham a animação. Os Cadernos de todas as aulas se encontram no apêndice B.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS - Questões resolvidas (até 10 no nosso caso) sobre o conteúdo da aula, em um arquivo PDF. Todos esses exercícios estão no apêndice C.

LISTA DE EXERCÍCIOS - Exercícios em formato digital, acessados e resolvidos no *Google Forms* (*Google Formulários*), que são corrigidos e discutidos posteriormente em sala. Todas as listas de exercícios utilizadas no curso estão no apêndice D.

CAPÍTULO DO LIVRO - O capítulo do livro-texto adotado pela escola correspondente ao conteúdo da aula, geralmente em formato PDF.

Os alunos acessavam esses materiais através de um ambiente virtual, o *Google Classroom*, do qual falaremos mais adiante.

É importante ressaltar a opção de confeccionar o próprio vídeo ao invés de usar algum já existente na *internet*. Essa escolha garantiu que o conteúdo dos vídeos correspondesse exatamente à matéria lecionada e ao nível de aprofundamento desejado. O formato das apresentações gravadas em vídeo é descrito em mais detalhe a seguir.

3.2.1 Criação da apresentação e do vídeo

Todas as apresentações tinham uma organização similar. Aqui vamos exemplificar essa estrutura mostrando alguns *slides* da primeira aula do curso. As demais aulas seguiram o mesmo padrão. Também falaremos um pouco sobre

o processo de preparação do vídeo, passando pelo programa e técnicas que utilizamos.

As aulas foram identificadas por um tema e número para facilitar a organização dos alunos. Um mesmo tema poderia ser abordado em mais de uma aula e a distinção entre elas era feita através da numeração.

As apresentações foram criadas e gravadas no programa *Keynote*, que permite superpor *slides* e áudio conforme a apresentação vai acontecendo. O *Keynote* é um programa para computadores *Apple* com sistema operacional *macOS*, porém existem programas similares em praticamente todas as plataformas computacionais. A tela de abertura do programa está mostrada na figura 3.1.



Figura 3.1: Layout do Keynote

A montagem de uma aula é um processo bastante pessoal e a nossa maneira de abordar o conteúdo não é a única nem necessariamente a melhor. Um livro que se mostrou bastante útil na confecção dos *slides* foi *Multimedia Learning* [24], de Richard E. Mayer, que define instrução multimídia (tradução nossa) como:

“... a apresentação de material usando palavras e imagens, com a intenção de promover a aprendizagem. Por palavras, quero dizer que o material é apresentado na forma verbal - usando texto impresso ou falado, por exemplo. Por imagens, quero dizer que o material é apresentado em forma pictórica, incluindo o uso de gráficos estáticos, como ilustrações, gráficos, fotos ou mapas, ou gráficos dinâmicos, como animações ou vídeo.” [24, p. 5]

A figura 3.2 mostra os dois primeiros *slides* da aula. O primeiro contém apenas a identificação da aula. No segundo nós apresentamos o conteúdo e objetivos dessa aula. Os objetivos vão entrando um depois do outro em uma animação, conforme vão sendo discutidos.

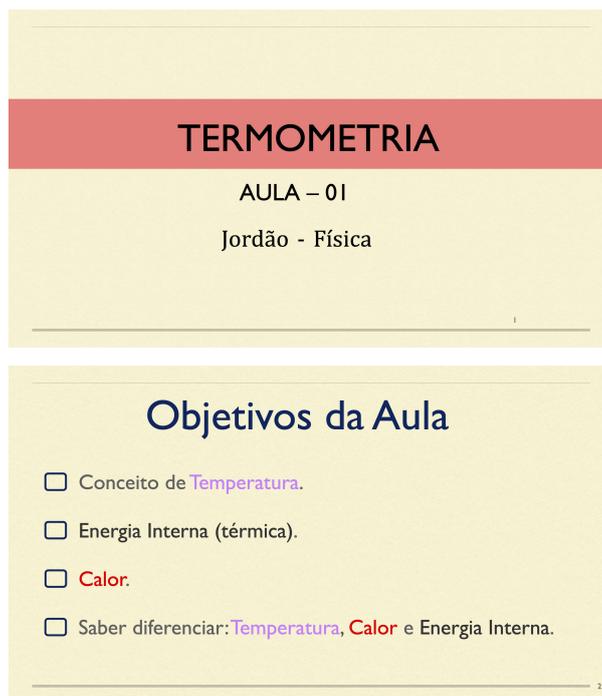


Figura 3.2: Termometria, Aula 1, Slides 1 e 2.

A partir daí começa a apresentação do conteúdo propriamente dito. Os *slides* combinam, sempre que possível, texto e imagens. A figura 3.3, com um comentário sobre a história do conceito de átomo, mostra um exemplo disso.

Sempre que possível tentamos dialogar com o livro-texto adotado pela escola. No nosso caso o livro era o *Física - Termologia e Óptica*, de Luiz Alberto Guimarães e Marcelo Fonte Boa [25]. Nesse diálogo procuramos fazer com que os alunos encontrassem elementos do livro na aula em vídeo. Assim, alguns tópicos foram propositalmente apresentados de maneira bem semelhante à encontrada no livro, como é possível ver na figura 3.4, que mostra uma página do livro, e na figura 3.5, onde está um *slide* com conteúdo correspondente.



Figura 3.3: Termometria, Aula 1, Slide 3.



Figura 3.4: Página 3 do livro-texto adotado [25].

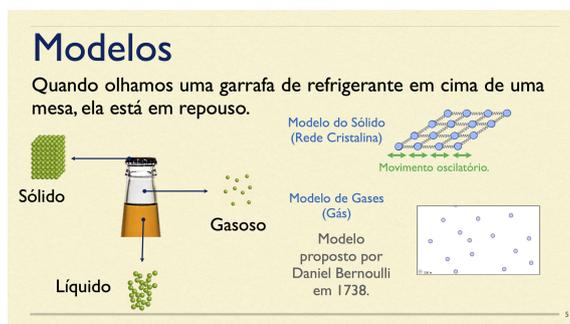


Figura 3.5: Termometria, Aula 1, Slide 5

Animações também foram utilizadas nos *slides*. Por exemplo, a introdução ao movimento browniano (descoberto por Robert Brown) apresentada na figura 3.6 é baseada em uma animação do movimento aleatório de uma partícula imersa em um fluido. A figura com a animação é um “gif animado” inserido no *slide*. O *slide* mostrado na figura 3.5 também utiliza um gif animado para ilustrar o modelo de gás.

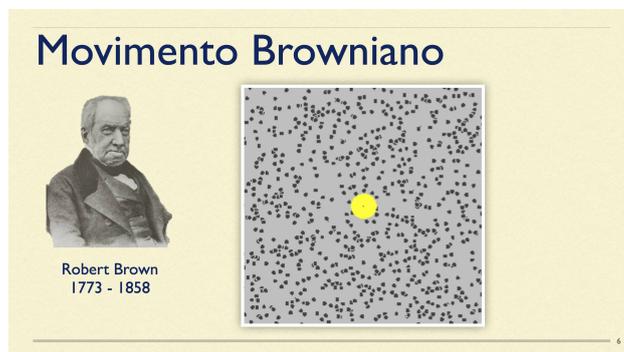


Figura 3.6: Termometria, Aula 1, Slide 6. O movimento browniano é ilustrado com um gif animado.

Outro tipo de interação com o aluno foi adotado na discussão do conceito de livre caminho médio, apresentado através de uma animação no *slide* da figura 3.7. Pedimos nesse momento do vídeo que o aluno pesquise (na *internet*, livros etc.) qual é o livre percurso médio das moléculas do ar.



Figura 3.7: Termometria, Aula 1, Slide 7. A imagem é uma animação do movimento das moléculas de um gás.

Simulações computacionais também foram introduzidas nos vídeos. Por exemplo, a simulação do *PhET* [26] sobre os estados da matéria foi utilizada para introduzir a noção de temperatura, como mostrado na figura 3.8. A simulação é a base para o desenvolvimento do conceito de temperatura realizado nos *slides* seguintes, como os que estão na figura 3.9. Alguns desses *slides* ilustram como elementos quantitativos, por exemplo gráficos e fórmulas matemáticas, são incluídos na apresentação.

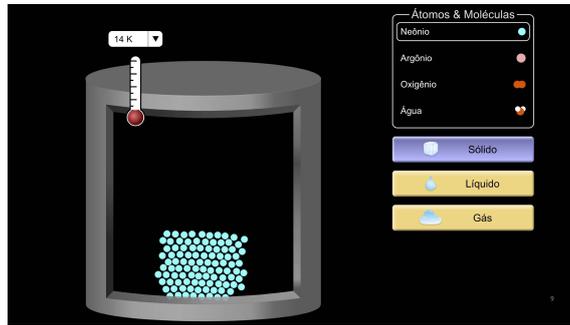


Figura 3.8: Termometria, Aula 1, Slide 9. Simulação do *PhET* sobre temperatura e estados da matéria.

Temperatura θ ou T

Está relacionada com a agitação atômico/molecular.

θ_A

θ_B

Distribuição de Velocidades

Ocorre uma distribuição de Velocidades.

Maxwell-Boltzmann

Velocidade mais provável (V_{mp})

- Para: -100°C
 $V_{mp} = 300 \text{ m/s}$
- Para: 20°C
 $V_{mp} = 400 \text{ m/s}$
- Para: 600°C
 $V_{mp} = 620 \text{ m/s}$

Energia Interna (ou Térmica)

Energia Cinética

$$\epsilon = \frac{m}{2} \cdot v^2$$

Obs.: Quanto maior a temperatura maior será a velocidade das moléculas.

Energia Interna (U)

$$U = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \dots + \epsilon_N \rightarrow \text{Depende de N e T.}$$

$U = U(N, T)$

$U = N \cdot \epsilon_m$

ϵ_m - Energia Cinética média das moléculas (Depende de T.)

$$\epsilon_m = \frac{4+2+3}{3} = 3$$

$$U = 4+2+3=9$$

$$U = 3 \cdot \frac{4+2+3}{3} = 9$$

Figura 3.9: Termometria, Aula 1, Slides 10, 11 e 12.

Ao final do vídeo é feito um pequeno resumo do que foi abordado, isto é, aquilo que o aluno não pode deixar de saber ao sair da aula, seguido de uma verificação de se os objetivos listados no início da apresentação foram alcançados (figura 3.10). O último *slide* marca o fim da aula e serve para nos despedirmos do estudante e da turma (figura 3.11).

• Em Resumo

Temperatura
Está relacionada com a agitação atômico/molecular.

Calor
Energia em trânsito motivada pela **Diferença de temperatura**

Energia Térmica (ou Interna)
Energia térmica armazenada no corpo, que depende de N e T

θ_A θ_B

Objetivos da Aula

- Conceito de **Temperatura**.
- Energia Interna (térmica).
- Calor**.
- Saber diferenciar: **Temperatura**, **Calor** e Energia Interna.

Figura 3.10: Termometria, Aula 1, Slides 15 e 16.

TERMOMETRIA

Jordão - Física

Fim

Figura 3.11: Termometria, Aula 1, Slide 17.

Algumas vezes o arquivo de vídeo gravado é muito grande e um programa de compressão pode ser utilizado. Nós usamos o *HandBrake* [27], um programa gratuito disponível em várias plataformas.

3.2.2 Elaboração das listas de exercícios

Após assistirem aos vídeos os alunos são orientados a estudar uma lista de exercícios resolvidos. Posteriormente eles devem resolver e entregar uma segunda lista de exercícios propriamente ditos, ou seja, não resolvidos.

A lista de exercícios resolvidos é relativamente simples, distribuída via ambiente virtual em um arquivo PDF. As questões geralmente vêm em ordem crescente de dificuldade e estão relacionadas ao tema da aula. Como exemplo, as figuras 3.12 e 3.13 mostram a lista de exercícios resolvidos referente à primeira aula de Termometria.

A lista de exercícios não-resolvidos é resolvida no aplicativo *Google Forms*. O aplicativo permite a criação de formulários nos quais é possível colocar questões discursivas, de múltipla escolha e outros modelos menos usuais. Também é permitida a inclusão de vídeos, imagens e textos auxiliares. Nos questionário que criamos o aluno só pode enviar as respostas uma única vez. Após o envio é possível acessar a correção a essas respostas. Uma característica importante do aplicativo é a possibilidade da apresentação e análise das respostas em planilhas, o que é útil na preparação para o encontro presencial que será realizado a seguir.

Como exemplo, as figuras 3.14 e 3.15 mostram as duas páginas iniciais da lista correspondente à primeira aula de Termometria.


Exercícios Resolvidos – Aula 01
– 2ª série

Professor Jordão

DISCIPLINA: FÍSICAI

Questão 01

Analise as proposições e indique a **falsa**.

- O somatório de toda a energia de agitação das partículas de um corpo é a energia térmica desse corpo.
- Dois corpos atingem o equilíbrio térmico quando suas temperaturas se tornam iguais.
- A energia térmica de um corpo é função da sua temperatura.
- Somente podemos chamar de calor a energia térmica em trânsito; assim, não podemos afirmar que um corpo contém calor.
- A quantidade de calor que um corpo contém depende de sua temperatura e do número de partículas nele existentes.

Resolução:
Letra e)
Calor é energia térmica em trânsito. Um corpo sempre tem energia térmica, mas possui calor somente quando essa energia está em trânsito. Assim, um corpo tem energia térmica, mas não tem calor.

Questão 02

Imagine dois corpos A e B com temperaturas T_A e T_B , sendo $T_A > T_B$. Quando colocamos esses corpos em contato térmico, podemos afirmar que ocorre o seguinte fato:

- Os corpos se repelem.
- O calor flui do corpo A para o corpo B por tempo indeterminado.
- O calor flui do corpo B para o corpo A por tempo indeterminado.
- O calor flui de A para B até que ambos atinjam a mesma temperatura.
- Não acontece nada.

Resolução:
Letra d)
A energia térmica flui espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura até que esses corpos atinjam o equilíbrio térmico, isto é, até que as temperaturas atinjam o mesmo valor.

Questão 03

No café-da-manhã, uma colher metálica é colocada no interior de uma caneca que contém leite bem quente. A respeito desse acontecimento, são feitas três afirmativas.

- Após atingirem o equilíbrio térmico, a colher e o leite estão a uma mesma temperatura.
- Após o equilíbrio térmico, a colher e o leite passam a conter quantidades iguais de energia térmica.
- Após o equilíbrio térmico, cessa o fluxo de calor que existia do leite (mais quente) para a colher (mais fria).

Podemos afirmar que:

- somente a afirmativa I é correta;
- somente a afirmativa II é correta;
- somente a afirmativa III é correta;
- as afirmativas I e III são corretas;
- as afirmativas II e III são corretas.

Resolução:
Letra d)

- Correta.**
No equilíbrio térmico, as temperaturas dos corpos são iguais.
- Incorreta.**
A quantidade de energia térmica de um corpo depende de sua temperatura e do número de partículas que possui. Assim, mesmo as temperaturas do leite e da colher sendo iguais, seu número de partículas pode não ser o mesmo.
- Correta.**
O que fazia o calor fluir de um corpo para outro era a diferença de temperaturas existente entre eles.

Questão 04

Analise as proposições e indique a **verdadeira**.

- Calor e energia térmica são a mesma coisa, podendo sempre ser usados tanto um termo como o outro, indiferentemente.
- Dois corpos estão em equilíbrio térmico quando possuem quantidades iguais de energia térmica.
- O calor sempre flui da região de menor temperatura para a de maior temperatura.

Figura 3.12: Primeira página da lista de exercícios resolvidos referentes à Aula 1 de Termometria.

- d) Calor é energia térmica em trânsito, fluindo espontaneamente da região de maior temperatura para a de menor temperatura.
e) Um corpo somente possui temperatura maior que a de um outro quando sua quantidade de energia térmica também é maior que a do outro.

Resolução:

Letra d)

Calor é a denominação que damos à energia térmica enquanto ela está transitando entre dois locais de temperaturas diferentes. O sentido espontâneo é do local de maior temperatura para o local de menor temperatura.

Questão 05

(Unirio-RJ) Indique a proposição correta.

- a) Todo calor é medido pela temperatura, isto é, calor e temperatura são a mesma grandeza.
b) Calor é uma forma de energia em trânsito e temperatura mede o grau de agitação das moléculas de um sistema.
c) O calor nunca é função da temperatura.
d) O calor só é função da temperatura quando o sistema sofre mudança em seu estado físico.
e) A temperatura é a grandeza cuja unidade fornece a quantidade de calor de um sistema.

Resolução:

Letra b)

Calor é energia térmica em trânsito e temperatura determina o grau de agitação das partículas de um sistema.

Questão 06

(Enem) A sensação de frio que nós sentimos resulta:

- a) do fato de nosso corpo precisar receber calor do meio exterior para não sentirmos frio.
b) da perda de calor do nosso corpo para a atmosfera que está a uma temperatura maior.
c) da perda de calor do nosso corpo para a atmosfera que está a uma temperatura menor.
d) do fato de a friagem que vem da atmosfera afetar o nosso corpo.
e) da transferência de calor da atmosfera para o nosso corpo.

Resolução:

Letra c)

Quanto mais rápido perdemos energia térmica, maior é a nossa sensação de frio. Essa rapidez é função da diferença de temperatura entre o nosso corpo e a atmosfera do meio onde nos encontramos.

Questão 07

Você sabe que o aprendizado da Física também se faz por meio da observação das situações que ocorrem no nosso dia-a-dia. Faça um experimento. Caminhe descalço sobre um carpete ou um tapete e sobre um piso cerâmico, como o do banheiro da sua casa, por exemplo. Você vai notar que o piso cerâmico parece mais frio do que o tapete, apesar de estarem à mesma temperatura. Essa diferença de sensação se deve ao fato de:

- a) a capacidade térmica do piso cerâmico ser menor que a do tapete;
b) a temperatura do piso cerâmico ser menor que a do tapete;
c) a temperatura do tapete ser menor que a do piso cerâmico;
d) a condutividade térmica do piso cerâmico ser maior que a do tapete;
e) a condutividade térmica do piso cerâmico ser menor que a do tapete.

Resolução:

Letra d)

A sensação de frio é devida à perda de energia térmica através da pele da planta do nosso pé. O tapete é um mau condutor de calor e o piso cerâmico é condutor. Assim, a energia térmica flui mais rapidamente da nossa pele quando estamos em contato com o piso cerâmico.



“Que a força esteja com você.”

Figura 3.13: Segunda página da lista de exercícios resolvidos referentes à Aula 1 de Termometria.

Lista 01 - Termometria

Formulário referente a Aula 01 de Termometria - conceitos Iniciais.

***Obrigatório**

1. Endereço de e-mail *

2. O fato de o calor passar de um corpo para outro deve-se:

2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- à quantidade de calor existente em cada um.
- à diferença de temperatura entre eles.
- à energia cinética total de suas moléculas.
- ao número de calorias existentes em cada um.
- nada do que se afirmou acima é verdadeiro.

3. 2 - Conceitualmente a temperatura de um corpo se refere à medida:

2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- da energia térmica contida no corpo.
- da energia em trânsito que flui do corpo mais quente para o corpo mais frio.
- a agitação atômico/molecular.
- da energia cinética de translação das moléculas.
- do calor que o corpo possui.

Figura 3.14: Primeira página (de 4) da lista de exercícios referentes à Aula 1 de Termometria.

4. 3 - As grandezas físicas associadas à matéria dividem-se em duas 2 pontos
categorias: as intensivas e as extensivas. O valor de uma grandeza intensiva,
ao contrário da extensiva, não se altera pelo fato de a matéria ser dividida em
duas ou mais partes. Assim, temperatura é uma grandeza

Marcar apenas uma oval.

- intensiva.
 extensiva.

5. 4 - Considere um recipiente A que contém 3 litros de água quente, a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, e 1 ponto
que seja distribuída em dois recipientes: B, de 1 litro e C, de 2 litros. Quanto às
temperaturas da água em B e C, podemos afirmar que:

Marcar apenas uma oval.

- serão iguais e menores do que $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 serão iguais a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 serão diferentes: $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ em B e $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ em C.
 serão diferentes: $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ em B e $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ em C.

6. 5 - Se dois corpos estão em equilíbrio térmico, então eles possuem 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- a mesma quantidade de calor.
 a mesma quantidade de energia térmica.
 a mesma temperatura
 o mesmo fluxo de calor.
 a mesma quantidade de partículas.

Figura 3.15: Segunda página (de 4) da lista de exercícios referentes à Aula 1 de Termometria.

3.3 Aplicação da SAI

Nesta seção descreveremos o processo de aplicação da SAI em turmas do 2º ano do ensino médio de uma escola privada na cidade do Rio de Janeiro. Quatro turmas de 30 alunos (em média) eram formadas a cada ano, com dois “tempos” de aula por semana, nem sempre consecutivos, de 45 minutos. O curso de Termologia (chamado de Física II na escola) tem duração de um ano letivo e é acompanhado por um curso de Mecânica (chamado de Física I), com a mesma carga horária e ministrado por outro professor. Em física, além desses cursos os alunos também têm aulas de Laboratório de Física, com dois tempos consecutivos a cada 15 dias.

O ambiente virtual utilizado no curso foi o *Google Classroom*, que funciona bem em computadores de diferentes plataformas e também em dispositivos móveis (*tablets* e *smartphones*). Essa escolha deveu-se, em parte, ao fato da escola já disponibilizar esse recurso e os alunos já terem certa familiaridade com o ambiente. A seguir relataremos como transcorreram as atividades prévias e presenciais no curso.

3.3.1 Atividade prévia

Como já discutimos, as atividades que precediam os encontros presenciais consistiam em vídeos, listas de exercícios e, em alguns casos, leituras (além do livro-texto). Os alunos registravam a realização de cada tarefa no próprio ambiente virtual, e a partir disso era elaborado um relatório dos resultados. Um exemplo de relatório, correspondente a uma das quatro turmas, está mostrado na figura 3.16. Ele apresenta os alunos que não assistiram o vídeo e aqueles que não entregaram a lista de exercícios. Também eram registrados os alunos que faziam a lista no último momento, indicando que possivelmente não haviam se preparado de maneira adequada para resolvê-la. Vemos que, no exemplo da figura, 7 alunos não assistiram o vídeo, 4 não fizeram a lista e 2 a entregaram na última hora. O número elevado dos que não assistiram o vídeo deve-se, quase sempre, a alunos que esqueceram de fazer o registro no ambiente virtual. Tipicamente, apenas 10% a 20% dos alunos não entregavam as listas resolvidas. É importante notar que essas listas não contribuía para

a nota final dos alunos.

Relatório referente a Aula e Lista 02 de Termometria. 2ª Semana da metodologia SAI.

Alunos que não assistiram/fizeram a Aula 02/Lista 02 e/ou ainda não entraram no Classroom.

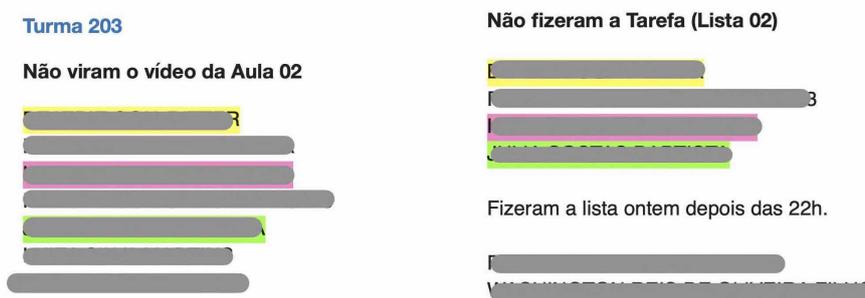


Figura 3.16: Relatório de atividades prévias, vídeo e lista, da segunda aula de Termometria em uma das turmas (203). O nome dos alunos foi ocultado.

O rendimento dos alunos em cada lista era acompanhado, com atenção especial aos que encontravam dificuldades na tarefa. A figura 3.17 mostra os alunos que responderam corretamente a menos de 60% das questões na lista. A pontuação obtida e o valor máximo aparecem ao lado do nome do aluno.

Para identificar melhor o teor das dificuldades encontradas pelos alunos, em algumas questões eles tinham opções do tipo “não sei nem começar”. A distribuição de respostas a uma dessas questões está mostrada na figura 3.18. Esse tipo de informação mostrou-se útil durante as discussões presenciais, pois pudemos dar atenção especial aos alunos que sequer sabiam iniciar uma solução.

Com os dados fornecidos por esses relatórios era possível planejar a dinâmica dos encontros presenciais. Como esses encontros foram realizados está descrito a seguir.

Alunos com rendimento ≤ 60

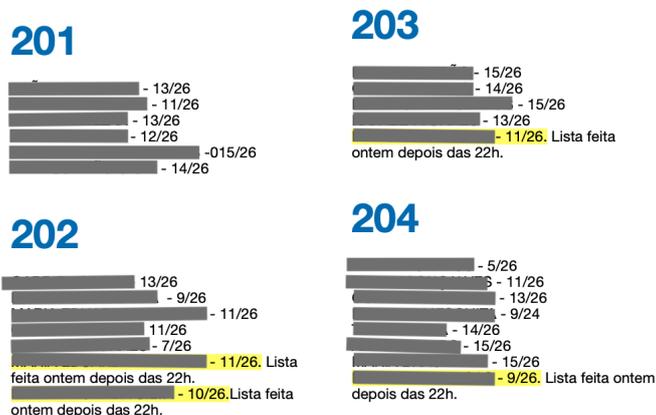


Figura 3.17: Alunos com rendimento $\leq 60\%$, nas quatro turmas. O nome dos alunos foi ocultado. A pontuação obtida pelo aluno e o valor máximo também são dados.

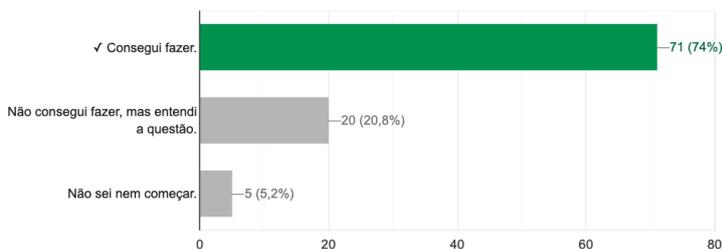


Figura 3.18: Opções de algumas perguntas das Listas.

3.3.2 Encontro presencial

Em todas as aplicações da SAI o primeiro encontro foi diferente dos demais. Ele foi usado para explicar aos alunos a metodologia da sala de aula invertida e como funcionaria o curso. Atenção especial foi dada ao ambiente virtual (*Google Classroom*), aos tipos de materiais que eles receberiam e sobre como deveriam usá-los. Foi explicado como eles poderiam acessar o ambiente virtual de aprendizagem através do celular, inclusive em sala de aula, ou do computador pessoal. Os materiais instrucionais que já estavam disponíveis foram apresentados nesse primeiro encontro.

Foi também discutida a necessidade de uma conscientização por parte do estudante do seu papel no processo de aprendizagem, como é importante ele assumir a responsabilidade com seus estudos e que a SAI lhe daria uma maior autonomia nesse sentido. Ele foram orientados sobre como deveriam utilizar o material didático disponível: ver o vídeo mais de uma vez, anotando os pontos importantes e as dúvidas, estudar o livro-texto e a lista de exercícios resolvidos e só então tentar fazer a lista de exercícios propriamente dita. Foi deixado claro que a atividade prévia não seria “repetida” no espaço presencial, que deveria ser usado para esclarecer dúvidas ou clarificar algum ponto da aula mas não para ministrá-la novamente. Os alunos foram alertados sobre a importância do cumprimento do prazo de uma semana para a realização das tarefas prévias.

Nos encontros seguintes o aluno já deveria ter assistido ao vídeo, acessado os demais materiais instrucionais e feito a lista de exercícios. Como já mencionamos, cada semana tinha dois tempos de 45 minutos, não necessariamente consecutivos, reservados para os encontros presenciais da disciplina. Um plano de aula para esses dois tempos, correspondente à Aula 1, está mostrado na figura 3.19.

Encontro da Aula 01 de Termometria

1º Tempo de Aula 01.

10 min - Fazer chamada e relatório do vídeo e lista.

20 min - Dúvidas sobre o vídeo e conversa sobre o conteúdo.

15 min - Resolução da Lista tirando as dúvidas.

2º Tempo da Aula 01.

15 min - Resolução da Lista tirando as dúvidas.

30 min - Atividades diversificadas.

Vídeo sobre Temperatura, Calor e Energia Interna.

<https://youtu.be/QzLWXXt9MRA>

Forno - Ar e Metal - Distribuição de Maxwell - Boltzmann

https://www.ck12.org/c/physical-science/heat/lesson/Heat-MS-PS/?referrer=concept_details

Challenge Me

https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-physics-flexbook-2.0/section/9.1/?_ga=2.146216948.1798971754.1581903882-1122072493.1581381244

8 Mentiras sobre o espaço

<https://www.youtube.com/watch?v=XiwIv-GmE>

Figura 3.19: Exemplo de planejamento de aula.

O primeiro tempo de aula era destinado basicamente às dúvidas e discussões sobre o conteúdo. Os alunos eram estimulados a expor suas opiniões e percepções da física que estava sendo tratada e a buscar situações no cotidiano onde aqueles assuntos se aplicavam. Posteriormente a lista de exercícios era corrigida pelo professor. Durante essa correção as questões eram projetadas no quadro, assim como as porcentagens de acertos. Um exemplo dessas porcentagens está mostrado na figura 3.20.

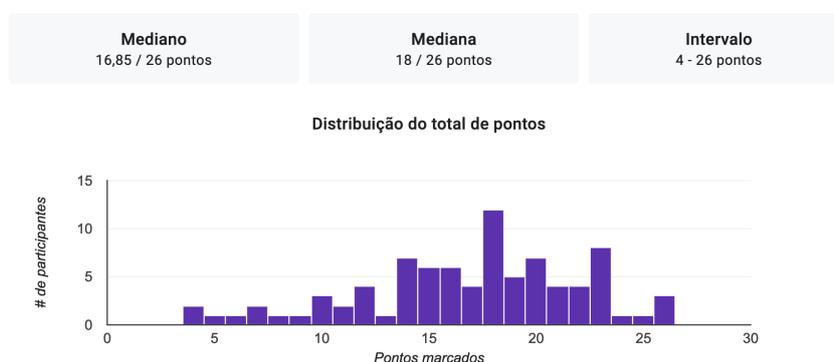


Figura 3.20: Histograma das notas da turma em uma questão.

Com isso os alunos tinham um parâmetro de comparação do seu rendimento em relação ao dos colegas, já que cada um recebia através de um email o gabarito da lista assim que a terminava. Esse gabarito continha muitas vezes comentários e sugestões sobre as soluções das questões, o que possibilitava ao aluno já iniciar seu processo de entendimento dos pontos onde cometera algum equívoco. Uma amostra desse “*feedback*” que os alunos recebiam é mostrado na figura 3.21.

O segundo tempo era dividido em dois momentos. O primeiro momento era usado para terminar a resolução da lista, caso isso não tivesse acontecido no tempo anterior. O segundo momento, um pouco mais livre, era preenchido por diversas atividades nem sempre repetidas semanalmente. Ocupações comuns eram o auxílio a alunos que tinham dúvidas mais profundas e atividades diversificadas como a visualização de vídeos, visita a *sites* de simulação e/ou alguma atividade lúdica. Exemplos dessas atividades podem ser vistos no planejamento apresentado na figura 3.19.

✓ 2 - Um termômetro graduado na escala Kelvin e outro na Celsius estão mergulhados num mesmo Líquido. O segundo assinala 20°C. Quando indica o primeiro? 1 / 1

253 K

273 K

293 K ✓

373 K

Adicionar feedback individual

✗ 3 - Qual a temperatura em que a indicação na escala Fahrenheit supera em 48 unidades a da escala Celsius? 0 / 2

0,91 °C

1,76 °C ✗

20 °C

-170 °C

Resposta correta

20 °C

Feedback

Use a equação de conversão entre as Escalas Relativas Celsius e Fahrenheit. Nela coloque:
(temp em Fahrenheit = temp. em Celsius + 48)
No lugar da temp. em Fahrenheit da equação.

Adicionar feedback individual

Figura 3.21: Amostra do “feedback” recebido pelo aluno ao término da Lista.

Era comum que os alunos com rendimento igual ou abaixo de 60% da lista de exercícios fossem chamados pelo professor para conversar sobre o que tinha ocasionado o baixo rendimento e se agora, após a correção e discussão, suas dúvidas haviam sido solucionadas. Os alunos que tinham entregue a lista no dia anterior depois das 22h também eram chamados para explicar o por que de terem deixado a lista para a última hora.

Capítulo 4

Avaliação da SAI

Neste capítulo avaliamos a implementação da SAI que realizamos nos anos 2018 e 2019. A cada ano a disciplina Física II (física térmica) foi lecionada como SAI em quatro turmas com cerca de 28 alunos cada. O número de alunos nos dois anos de SAI totalizou 219. Três tipos de avaliação foram realizadas: as provas e testes escolares, um teste conceitual utilizado internacionalmente e um questionário sobre a percepção dos alunos a respeito da SAI. Essas avaliações e seus resultados são descritos a seguir.

4.1 Testes e Provas Escolares

A primeira análise baseou-se nas avaliações escolares aplicadas rotineiramente na disciplina Física II: testes e provas. Essa disciplina fora lecionada de forma tradicional nos anos 2015, 2016 e 2017 para um total de 333 alunos, sempre com quatro turmas. O professor e conteúdo foram os mesmos da SAI. Com isso, os alunos de 2015-2017 foram considerados como um “grupo de controle” para efeito de comparação com o “grupo experimental”, os alunos da SAI nos anos 2018-2019.

A nota trimestral em Física II correspondia, no máximo, a 40 pontos dos 100 que poderiam ser obtidos a cada trimestre (os 60 pontos restantes eram obtidos nas disciplinas concomitantes Física I e Laboratório de Física) . A nota máxima no teste era de 15 pontos e a da prova de 25 pontos. O teste

era aplicado cerca de duas semana antes das provas.

As médias das notas nos testes (normalizadas de 0 a 10) estão mostradas na figura 4.1 para os grupos de controle (“tradicional”) e experimental (“sala invertida”). As médias foram realizadas sobre todos os testes trimestrais aplicados nos períodos em que as correspondentes metodologias foram utilizadas. As barras de erro correspondem a intervalos de confiança de 95%.

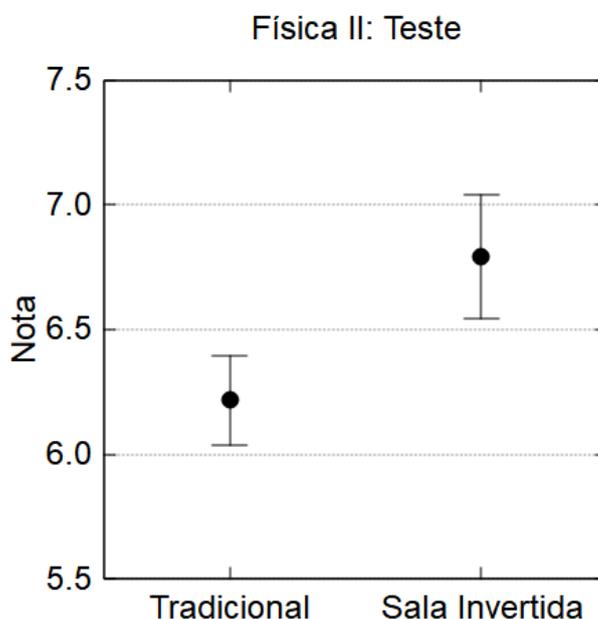


Figura 4.1: Nota média dos testes aplicados em turmas com ensino tradicional e com a sala de aula invertida. As barras de erro correspondem a intervalos de confiança de 95%.

A diferença entre as notas médias dos testes (invertida menos tradicional) é 0,58 e o valor-p é menor que 0,001. Isso indica que a SAI teve um efeito positivo e estatisticamente significativo no resultado dos testes.

O rendimento nos testes ano a ano está na figura 4.2. Lembrando que 2015-2017 corresponde ao ensino tradicional e 2018-2019 à SAI, é possível observar que os desempenhos das turmas tradicionais são muito próximos uns dos outros, enquanto os da SAI apresentam maior variação. Não é claro para nós o motivo dessa variação, mas apesar dela a média da SAI é claramente superior à do método tradicional, como já vimos na figura 4.1.

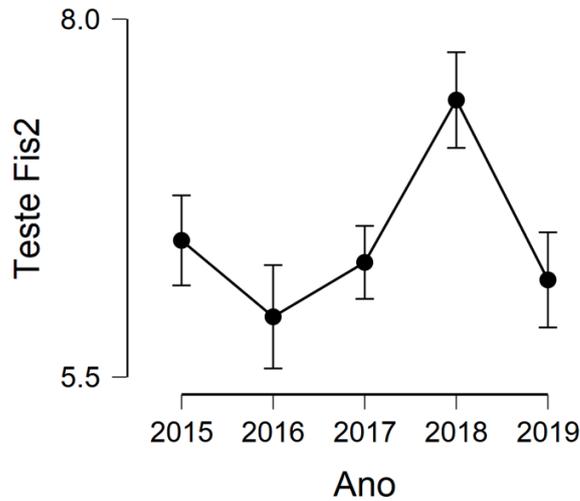


Figura 4.2: Nota média dos testes aplicados no período 2015-2019 (2015-2017 corresponde ao ensino tradicional, 2018-2019 à SAI). As barras de erro correspondem a intervalos de confiança de 95%.

As provas, como os testes, eram aplicadas trimestralmente. Porém, as provas ocorriam em uma “semana de provas”, quando são aplicadas uma, duas ou até três provas de disciplinas diferentes num mesmo dia. As provas de Física (Física I e II) eram aplicadas no mesmo momento, diferentemente dos testes de Física I e II que eram aplicados em dias diferentes. O aluno recebia as duas provas juntas e decidia qual faria primeiro, podendo livremente passar de uma para a outra no intervalo correspondente à duração da prova.

As médias das notas nas provas de Física II (normalizadas de 0 a 10) estão mostradas na figura 4.3 para os grupos de controle e experimental. As médias foram calculadas sobre todas as provas trimestrais aplicadas a cada grupo.

A diferença entre as notas médias das provas (invertida menos tradicional) é $-0,25$ e o valor- p é $0,104$. Esse valor- p indica que não houve diferença estatisticamente significativa entre os resultados das provas nos dois métodos.

O rendimento nas provas ao longo dos anos 2015-2019 é mostrado na figura 4.4. Pode-se observar que o desempenho das turmas em todos os anos é muito parecido, sem diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,195$).

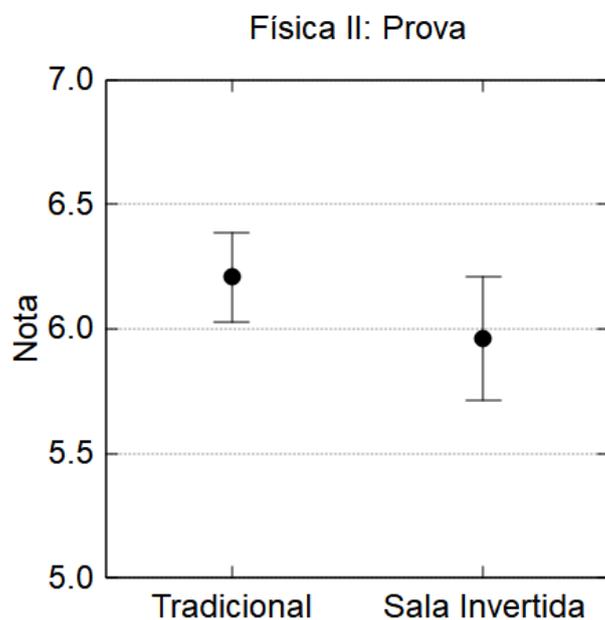


Figura 4.3: Nota média das provas aplicadas em turmas com ensino tradicional e com a sala de aula invertida. As barras de erro correspondem a intervalos de confiança de 95%.

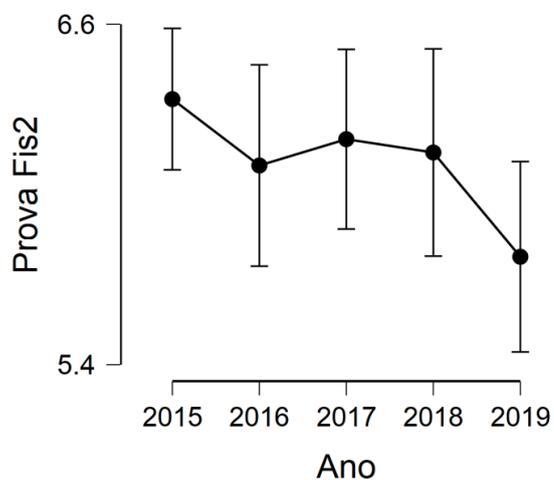


Figura 4.4: Nota média das provas aplicadas no período 2015-2019 (2015-2017 corresponde ao ensino tradicional, 2018-2019 à SAI). As barras de erro correspondem a intervalos de confiança de 95%.

4.2 Teste Conceitual

Testes conceituais são um importante instrumento em avaliações de aprendizagem. São testes de difícil elaboração, que normalmente passam por uma cuidadosa validação. As questões devem estar baseadas em dificuldades comuns entre os alunos, focar em um único conceito, ser claras, concisas e adequadas ao nível de dificuldade pretendido, e o teste como um todo deve ser estatisticamente confiável [28].

Como mais uma forma de avaliação da aprendizagem invertida nós aplicamos o *Thermal Concept Evaluation* (TCE), elaborado por Shelley Yeo e Marjan Zadnik [15], na tradução para o português realizada por Marta Barroso e Wanderley Gonçalves [29]. Adotamos esse teste por ter uma linguagem apropriada a adolescentes e questões que exploram situações cotidianas [30], além da possibilidade de comparação com outros resultados obtidos com estudantes brasileiros e estrangeiros.

O TCE foi aplicado às turmas de 2019, que haviam recebido a instrução invertida. A figura 4.5 mostra o resultado dessa aplicação, juntamente com o de alunos de diferentes países que tiveram instrução tradicional em física térmica [15, 29–31]. Pode-se notar que nossos resultados com a SAI foram melhores que os da instrução tradicional nos três países considerados. A idade e nível escolar (2ª série) dos alunos eram semelhantes, mas não temos informação sobre a carga horária de física térmica ministrada aos estudantes dos outros grupos. É interessante notar que o grupo que mais se aproximou de nosso resultado foi o australiano que, segundo a ref. [15], teve instrução em física térmica não apenas no 2º ano mas também no ano anterior.

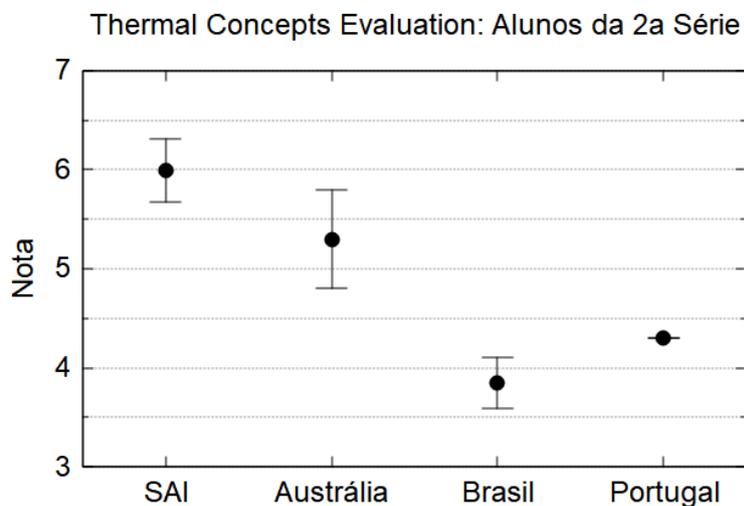


Figura 4.5: Resultados do *Thermal Concepts Evaluation* aplicado a alunos de uma sala invertida (este trabalho) e alunos que tiveram ensino tradicional em diferentes países [15, 29–31]. As notas estão normalizadas de 0 a 10 e as barras de erro correspondem a intervalos de confiança de 95%.

4.3 Questionário de Percepção dos Alunos

Os alunos puderam expressar sua percepção acerca da SAI através de um questionário (não-obrigatório) constituído de 5 perguntas e aplicado no último trimestre dos anos 2018 e 2019. O questionário foi respondido por 92 dos 219 alunos desses anos.

Na primeira questão buscamos saber sobre a adaptação do aluno à metodologia. Como o questionário foi aplicado no último trimestre os alunos puderam informar também o tempo de adaptação. A figura 4.6 mostra a distribuição das respostas. É possível observar que 85% dos alunos informaram terem se adaptado à SAI, mas quase a metade deles levou algum tempo nesse processo

Na segunda questão perguntamos sobre a preferência dos alunos, comparando a SAI ao método tradicional. Na figura 4.7 é possível ver que 32% foram indiferentes quanto à metodologia, 47% preferiram o modelo de aula tradicional, contra 21% que favoreceram a SAI.

Você se adaptou à Sala de Aula Invertida?

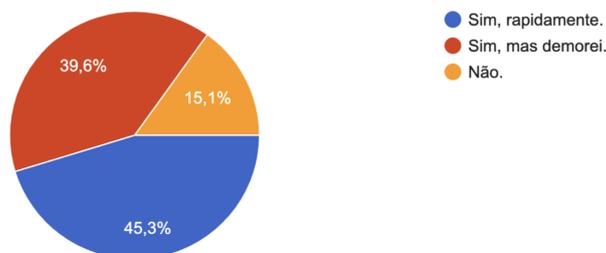


Figura 4.6: Questão 1, sobre a adaptação à SAI.

Comparando a Sala de Aula Invertida ao método tradicional de ensino, qual é sua preferência?

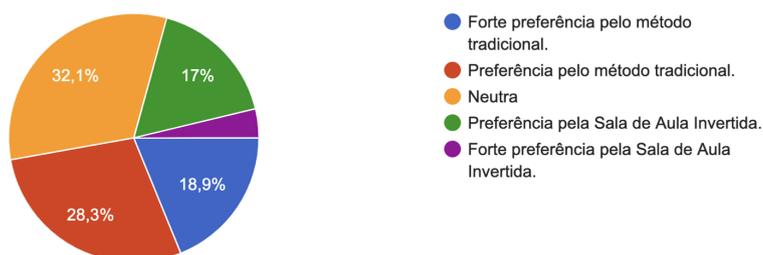


Figura 4.7: Questão 2, sobre a metodologia preferida.

O efeito da SAI sobre a autonomia nos estudos foi qualificado pelos alunos na terceira questão. Os resultados estão na figura 4.8 e vemos que 79% dos estudantes reconheceram um aumento em sua autonomia.

Perguntados, na quarta questão, sobre qual metodologia escolheriam em um novo curso de física, 60% disseram que prefeririam a tradicional, como mostra a figura 4.9. Embora esses números reafirmem a preferência pelo método tradicional, eles também mostram que a maior parte daqueles que se manifestaram como ‘neutros’ na questão 2 optariam pela SAI se necessariamente tivessem que escolher.

Você achou que a Sala de Aula Invertida aumentou a sua autonomia nos estudos?

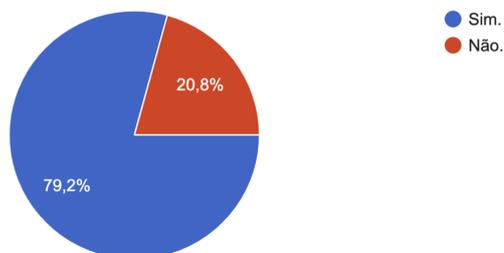


Figura 4.8: Questão 3, o efeito da SAI sobre a autonomia nos estudos.

Se você tivesse que fazer outras aulas de Física, você escolheria qual metodologia?

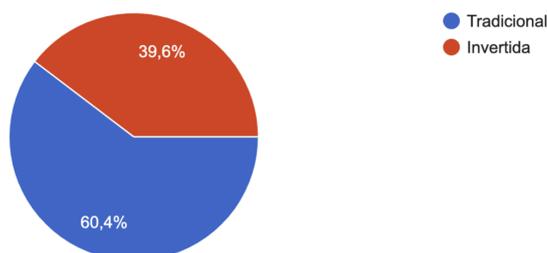


Figura 4.9: Questão 4, sobre a metodologia de um próximo curso de física.

A quinta e última questão foi sobre os meios de estudo que os alunos preferiam. Livros, vídeos e *podcasts* eram opções explícitas mas outras possibilidades podiam ser acrescentadas pelos estudantes. A figura 4.10 mostra que os vídeos têm ampla preferência sobre os livros-texto. Algumas das respostas livres mais comuns também estão nessa figura.

Onde você mais gosta de aprender conteúdo?

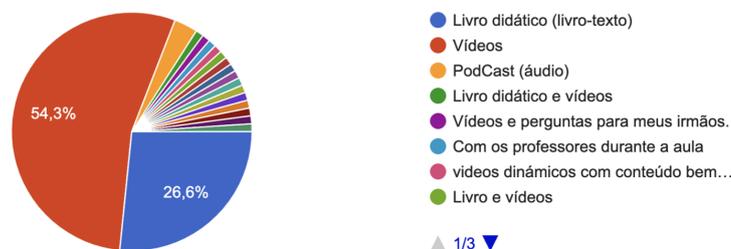


Figura 4.10: Questão 5, sobre os meios de estudo preferidos.

4.4 Discussão dos Resultados

Nesta seção comentaremos as avaliações apresentadas acima, comparando-as ao que é relatado nos trabalhos analisados no capítulo 2. Algumas características da nossa implementação também serão comparadas a aspectos correlatos descritos naqueles trabalhos.

Começaremos pela análise das provas e testes de Física II, cujos resultados estão nas figuras 4.1 e 4.3. Para os testes, a diferença entre as médias dos grupos de ensino invertido e tradicional foi $0,58 \pm 0,3$ (como sempre, a incerteza corresponde ao intervalo de confiança de 95%). Portanto, os testes indicam um efeito positivo estatisticamente significativo ($p < 0,001$) da SAI. Por outro lado, nas provas a diferença entre os grupos foi $-0,25 \pm 0,3$, um resultado estatisticamente compatível com nenhuma diferença entre os métodos ($p = 0,1$). Não conseguimos achar uma explicação clara para a discrepância dos resultados de testes e provas e optamos por não fazer conjecturas a respeito disso.

Os resultados de Finkenberg e Trefzger [13] (ver figura 2.1) mostram que a SAI tem um efeito positivo estatisticamente significativo, caracterizada pelos autores como sendo de tamanho médio, medido pelo “eta-quadrado”¹ $\eta_p^2 = 0,06$. No nosso caso encontramos nos testes que $\eta_p^2 = 0,03$, o que caracteriza

¹ η_p^2 mede a proporção da variação total das notas dos alunos que é associada ao pertencimento aos grupos da SAI e do ensino tradicional. Para mais detalhes ver ref. [32].

um efeito de tamanho pequeno. Para as provas obtivemos $\eta_p^2 = 0,005$, um efeito de tamanho desprezível.

Nossos resultados também podem ser comparados ao de Schultz et al. [14], como está mostrado na figura 4.11. Vemos que, nos testes, a diferença entre os resultados da SAI e do ensino tradicional foi semelhante à encontrada por Schultz na nota final dos seus alunos (ver figura 2.5). Na prova, porém, não houve diferença estatisticamente significativa no desempenho dos alunos dos grupos SAI e tradicional, como já relatamos.

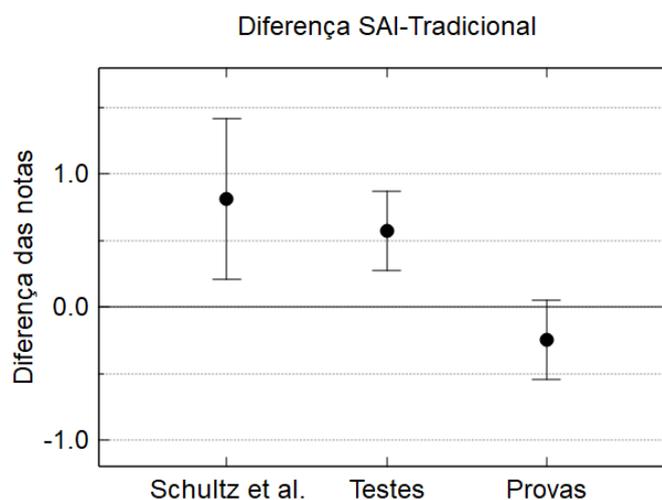


Figura 4.11: Diferença entre as médias das notas nos grupos de ensino invertido e tradicional. Os resultados de Schultz et al. [14] e os de nossos testes e provas são mostrados.

A preferência pela metodologia manifestada pelos nossos alunos (questão 2, ver figura 4.7) pode ser comparada à encontrada por Schultz et al., mostramos na figura 4.12. É visível que a preferência pela SAI foi bem maior entre os estudantes da ref. [14] que entre os nossos. Esses resultados foram quantificados atribuindo-se valores numéricos às opções da escala *Likert* apresentada aos alunos. Atribuindo o valor 1 à opção “forte preferência pelo tradicional” e 5 à opção “forte preferência pela inversão”, com valores 2, 3 e 4 para as opções intermediárias, Schultz et al. encontraram a média 3,7, acima do valor 3 correspondente à neutralidade (“sem preferência”). Nessa escala a média de nossos alunos foi 2,6, abaixo portanto da neutralidade.

Isso é consistente com as respostas dadas por esses alunos à questão 4, sobre que tipo de metodologia escolheriam para um próximo curso de física (60% gostariam de ter um curso tradicional, como mostra a figura 4.9).

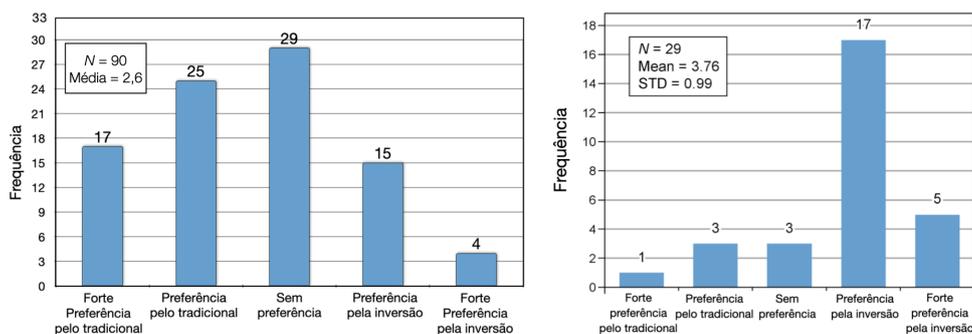


Figura 4.12: Comparação entre as preferências dos alunos em nossa aplicação da SAI (esquerda) e os de Schultz et al. (direita).

Schultz et al. relataram que seus alunos geralmente demoravam o dobro do tempo do vídeo para fazerem as anotações que julgavam apropriadas. Nossos alunos se manifestaram de forma semelhante nesse ponto, indicando um aspecto que parece ser inerente à SAI quando o estudante assiste o vídeo de maneira ‘ativa’. Outra questão importante é a da autonomia que a inversão pode despertar nos alunos. Schultz et al. apontam que a SAI aumenta a autonomia dos estudantes, um resultado que também foi percebido no relato dos nossos alunos, como visto na figura 4.8.

O artigo de Kettle [12] tem resultados que diferem dos nossos. Por exemplo, a autora relata um rendimento maior dos alunos no ensino tradicional que no invertido (embora não informe a significância estatística dessa conclusão). Como vimos, nos testes encontramos um rendimento maior na SAI que no método tradicional e nas provas obtivemos resultados estatisticamente inconclusivos. Ela também observa que a aprendizagem invertida parece ser menos vantajosa para alunos com mais dificuldade em física, com pouca motivação ou com dificuldade de organização. A nossa percepção é um pouco diferente. No decorrer dos anos em que aplicamos a metodologia percebemos que a falta de engajamento foi o principal elemento de um possível insucesso na sala de aula invertida.

Capítulo 5

Conclusões

O ensino de física é comumente feito nas escolas do ensino médio através de aulas expositivas, praticamente sem auxílio de tecnologia, com o aluno copiando passivamente o que o professor escreveu no quadro e, idealmente, lendo o livro-texto e fazendo exercícios em casa. No ensino superior o cenário não é diferente e, em ambos os casos, os resultados são reconhecidamente insatisfatórios. A sala de aula invertida é uma das alternativas a esse quadro e vem sendo adotada cada vez mais.

Nesta dissertação descrevemos uma implementação SAI realizada em turmas do ensino médio de uma escola privada do Rio de Janeiro. Os resultados dessa implementação, que se estendia por todo o ano letivo, foram comparados com os obtidos em turmas que receberam instrução tradicional em anos anteriores. A comparação mostrou um melhor rendimento dos alunos da SAI em testes aplicados durante o curso. Nas provas os dois métodos tiveram resultados estatisticamente equivalentes. No que diz respeito aos testes, os ganhos não foram muito diferentes dos obtidos por Schultz *et al.* e Finkenberg & Trefzger [13, 14]. Nas provas o efeito foi mais próximo ao encontrado por Kettle [12].

Se os efeitos medidos pela combinação das provas e testes regulares não foram particularmente expressivos, no teste conceitual *Thermal Concept Evaluation* o desempenho dos alunos da SAI foi muito satisfatório, tanto em nota absoluta quanto em comparação a alunos brasileiros e de outros países que,

presumivelmente, tiveram instrução tradicional (ver figura 4.5).

É importante notar que efeitos relativamente pequenos da SAI também foram obtidos em outros estudos, realizados em diferentes áreas de ensino. O artigo de revisão de Lo & Hew [9] descreve análises comparativas semelhantes à nossa (com grupos de controle e experimental) e relata que, de 9 trabalhos, 5 mostraram ganhos da SAI e 4 não encontraram qualquer diferença significativa com o método tradicional. Em outro artigo, Jensen et al. [33] chegam a sugerir que as vantagens da SAI são essencialmente causadas pelo fato desta ser uma metodologia ativa. Eles comparam o ensino invertido a uma instrução totalmente presencial na qual foram adotados métodos de aprendizagem ativa e encontram resultados muito semelhantes, como mostrado na figura 5.1.

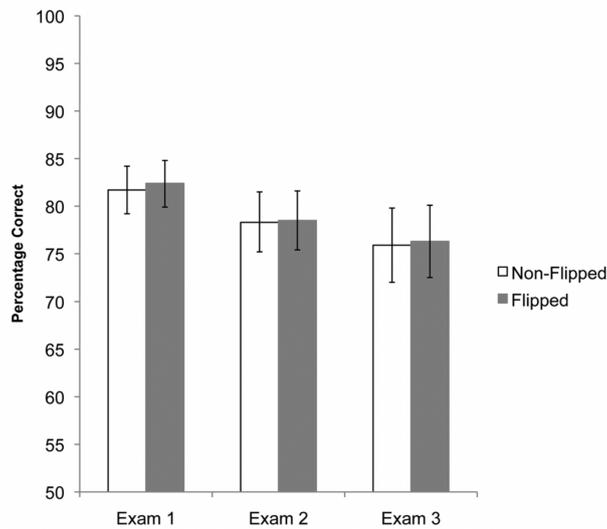


Figura 5.1: Comparação entre os resultados de uma sala invertida e uma instrução ativa totalmente presencial [33].

Ainda sobre as metodologias ativas, é importante notar que em muitos casos essas práticas se aproximam de uma sala de aula invertida, mesmo não adotando explicitamente essa nomenclatura. Como mencionamos no capítulo 1, isso pode ocorrer, por exemplo, na combinação do Ensino sob Medida com a Instrução por Pares. Oliveira *et al.* [7] descrevem uma aplicação dessa combinação em turmas de ensino técnico e analisam seu efeito com auxílio de

um teste conceitual. O ganho normalizado médio em aplicações do teste antes e depois da instrução foi de 0,65 para as turmas com aprendizagem ativa (44 alunos do Curso Técnico em Química) e 0,32 para a turma de instrução tradicional (18 alunos do Curso Técnico de Edificações), uma diferença estatisticamente significativa, com $p < 0,01$. Esses resultados mostram a importância de se avaliar a eficácia da SAI em contextos que envolvam sua aplicação combinada com diferentes metodologias ativas.

A pandemia de Covid-19 colocou a SAI sob uma nova perspectiva, tornando-a um método atraente para a instrução remota adotada emergencialmente em escolas e universidades de todo o mundo. A própria SAI sofreu modificações na transição para o ensino remoto, pois os encontros presenciais passaram a ser realizados por videoconferência. Entretanto essa adaptação foi relativamente pequena quando comparada às mudanças necessárias no modelo de ensino tradicional.

Em nossa passagem para a aplicação remota da SAI sentimos que a transição ocorreu de maneira suave. Como ela se deu em 2020, após dois meses de aulas invertidas com encontros presenciais, os alunos já estavam acostumados a parte do processo, isto é, a assistirem aos vídeos e realizarem as demais tarefas em casa, e não foram tão impactados pelo ensino remoto. No tocante aos encontros para discussão do conteúdo, esses passaram a ser remotos, por videoconferência, mas a dinâmica da sala invertida foi mantida. Em particular o acompanhamento dos que fizeram as tarefas e dos que apresentaram dificuldades continuou sem maiores mudanças.

Nesta dissertação não apresentamos os resultados dos alunos do período de pandemia (alunos de 2020) pois as avaliações foram feitas de maneira remota e tinham características diferentes das realizadas no ensino regular dos outros anos. Em 2021 o ano letivo já teve início no regime remoto e percebemos que a falta de um primeiro contato presencial com os novos alunos criou dificuldades para uma melhor explanação do funcionamento da SAI e, como consequência, uma adaptação mais lenta à metodologia.

A pandemia forçou muitos professores a se familiarizarem com recursos tecnológicos que auxiliam o ensino remoto, permitindo novas abordagens e meios de interação com o aluno. Esses recursos são muitas vezes coincidentes

com os usados na SAI e é plausível supor que alguns dos professores passem a fazer uso da experiência adquirida mesmo após o retorno a um regime presencial, adotando práticas pedagógicas como o ensino invertido. Esse possível crescimento torna ainda mais necessária a realização de trabalhos como o que apresentamos nesta dissertação, que busquem uma melhor compreensão da estrutura e eficácia da sala de aula invertida.

Aqui abrimos um pequeno espaço para uma impressão pessoal, e consequentemente subjetiva, baseada em mais de três anos de aplicação ininterrupta da SAI no ensino médio. Nem sempre esse processo foi fácil; algumas vezes foi preciso perguntar aos alunos se preferiam o retorno ao ensino tradicional. Nessas situações a escolha majoritária foi sempre pela manutenção da SAI, um resultado até certo ponto surpreendente tendo em vista a resposta dada pelos mesmos alunos no questionário (ver figura 4.9). Da perspectiva do professor, deve ser ressaltado que o ensino invertido mostrou-se bem mais trabalhoso que o ensino tradicional. Por outro lado, percebi que com inversão o tempo em sala de aula se tornou mais agradável e a relação com os alunos ficou mais próxima. Percebi também que a qualidade da informação transmitida melhorou, pois o tempo que o aluno gastava copiando a matéria em sala foi substituído por discussões e atividades mais fecundas. Assim, acredito que mesmo que a SAI não tenha levado a uma melhora espetacular do rendimento escolar, o fato dos alunos terem maior engajamento e um aprendizado mais agradável já seria justificativa suficiente para a sua adoção.

Embora a dissertação aqui apresentada trate de como a SAI se comportou em um contexto particular, o ensino de física térmica, ela mostra a importância das discussões mais amplas, como a de sua aplicação no ensino superior, de métodos híbridos que combinem a sala invertida e a tradicional, ou a utilização da SAI no ensino à distância. Esperamos que este trabalho seja útil aos que se interessam pelo ensino invertido ou o aplicam, e estimule pesquisas futuras que levem a uma melhor compreensão do papel da SAI como metodologia para o ensino de física e de outras disciplinas.

Apêndice A

Vídeos das Aulas de Física Térmica

Para ver o vídeo clique no título da aula.

- Aula 01 - Termometria
- Aula 02 B - Termometria
- Aula 03 – Propagação de Calor
- Aula 04 – Propagação de Calor
- Aula 05A – Calorimetria
- Aula 06 - Calorimetria
- Aula 07 – Diagrama de Fases
- Aula 08 A - Dilatação
- Aula 09 - Dilatação
- Aula 10 B – Comportamento Térmico dos Gases
- Aula 11 A - 1ª Lei da Termodinâmica

Apêndice B

Cadernos das Aulas de Física Térmica

TERMOMETRIA

AULA – 01

Jordão – Física

1

Objetivos da Aula

- Conceito de **Temperatura**.
- Energia Interna (térmica).
- Calor**.
- Saber diferenciar: **Temperatura**, **Calor** e Energia Interna.

2

Átomo

A estrutura da matéria é discutida há muito tempo, desde os tempos dos gregos: Demócrito e Leucipo (c.450 a.C). Assim ela passou por diversas controvérsias e a aceitação do átomo, só se consolidou na ciência no final do século XIX.



Demócrito
c.450 a.C



John Dalton
1766 - 1844



Joseph J. Thomson
1856 - 1940



Ernest Rutherford
1871 - 1937

3

Modelos

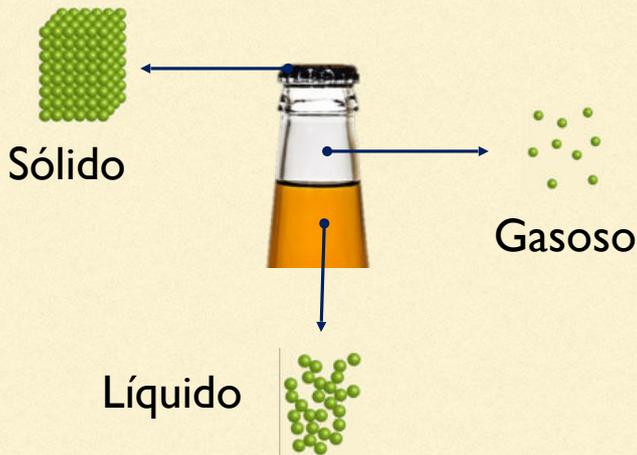
Quando olhamos uma garrafa de refrigerante em cima de uma mesa, ela está em repouso.



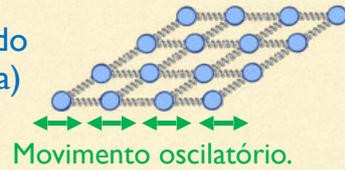
4

Modelos

Quando olhamos uma garrafa de refrigerante em cima de uma mesa, ela está em repouso.

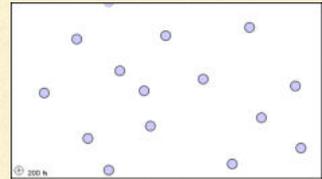


Modelo do Sólido
(Rede Cristalina)



Modelo de Gases
(Gás)

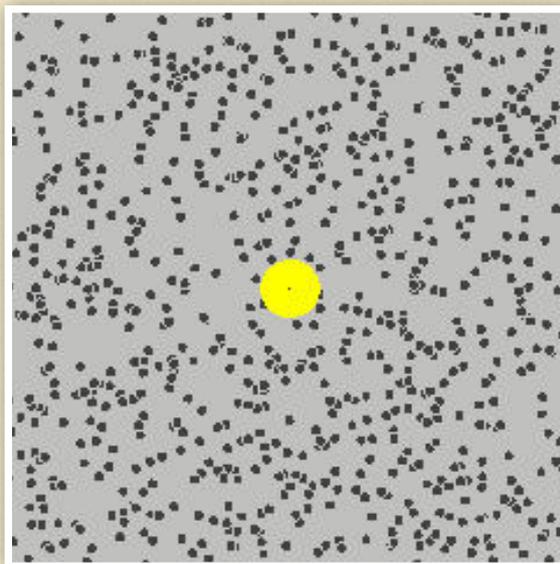
Modelo
proposto por
Daniel Bernoulli
em 1738.



Movimento Browniano

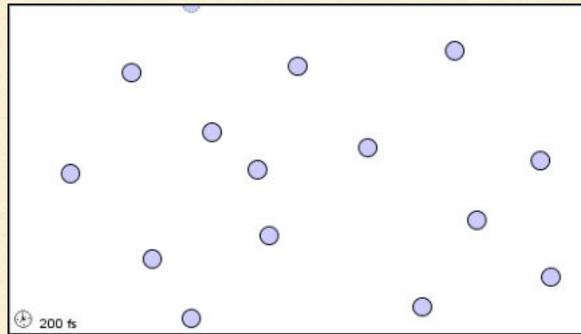


Robert Brown
1773 - 1858



Livre Caminho Médio

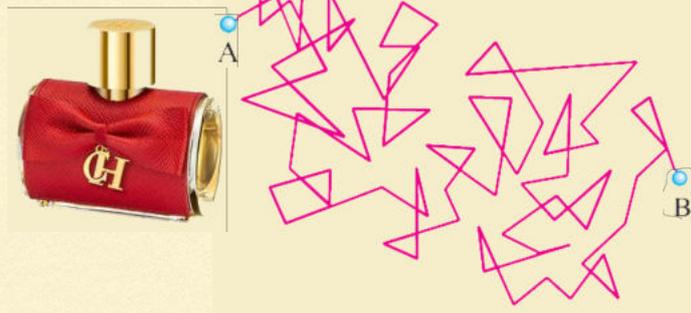
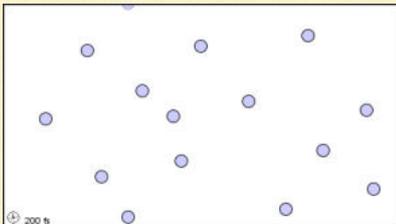
Quanto uma molécula percorre em média entre duas colisões sucessivas?



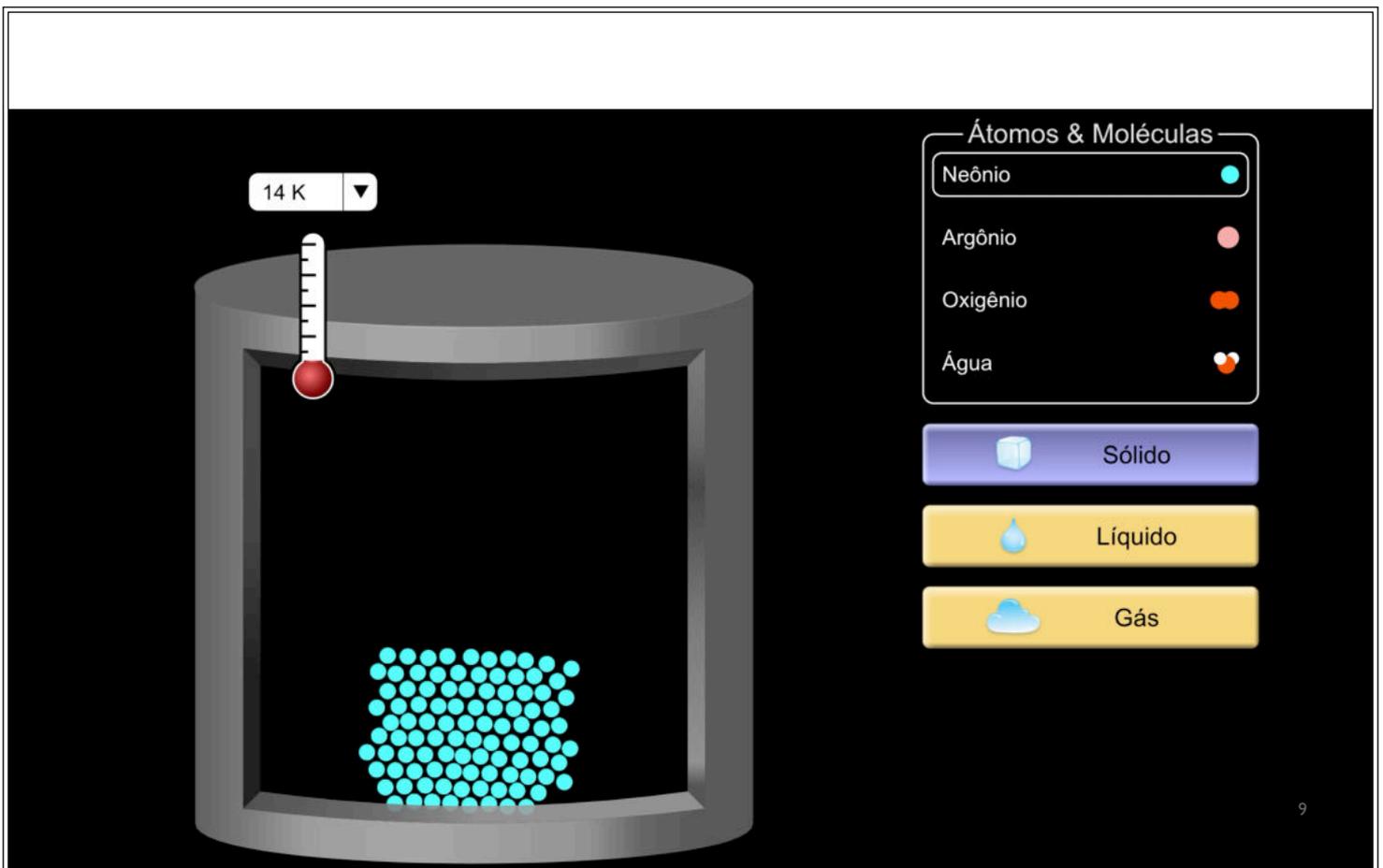
7

Livre Caminho Médio

Quanto uma molécula percorre em média entre duas colisões sucessivas?

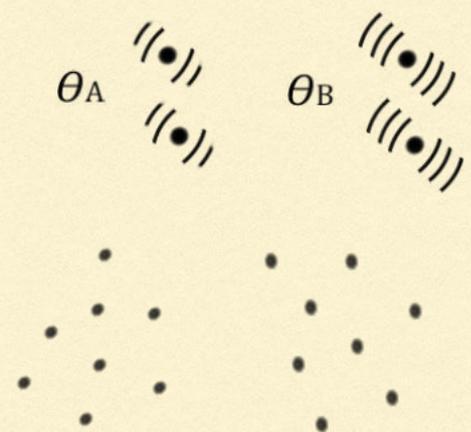


8



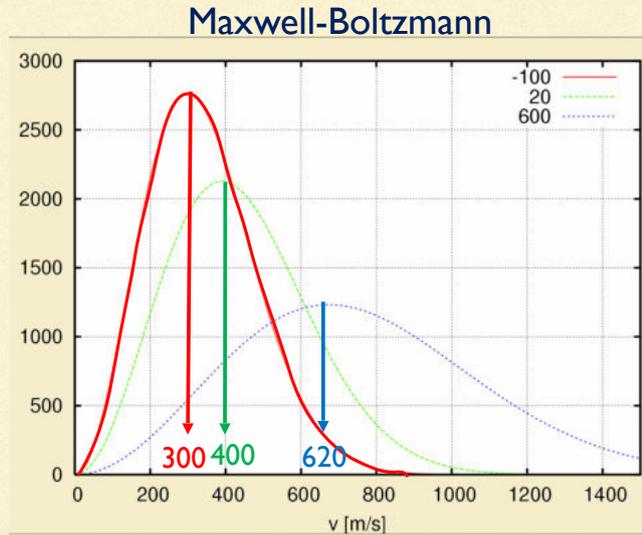
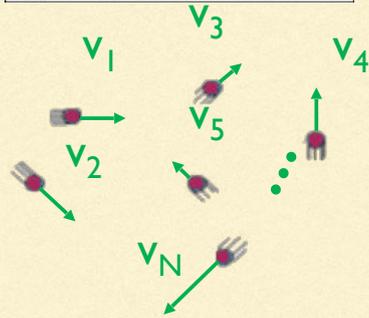
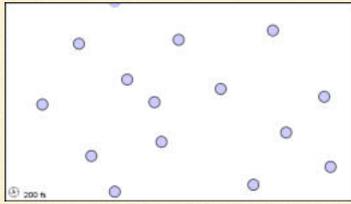
Temperatura θ ou T

Está relacionada
com a agitação
atômico/molecular.



Distribuição de Velocidades

Ocorre uma distribuição de Velocidades.



Velocidade mais provável (V_{mp})

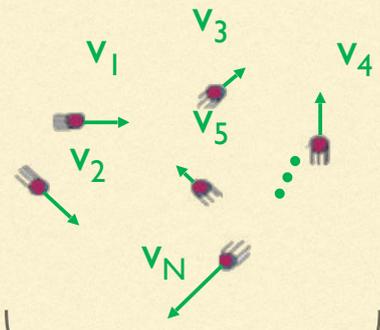
Para: -100°C
 $V_{mp} = 300 \text{ m/s}$

Para: 20°C
 $V_{mp} = 400 \text{ m/s}$

Para: 600°C
 $V_{mp} = 620 \text{ m/s}$

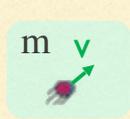
11

Energia Interna (ou Térmica)



N partículas

ϵ_m - Energia Cinética média das moléculas
(Depende de T .)



Energia Cinética

$$\epsilon = \frac{m}{2} \cdot v^2$$

Obs.: Quanto maior a temperatura maior será a velocidade das moléculas.

Energia Interna (U)

$$U = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \dots + \epsilon_N$$

Depende de N e T .

$$U = U(N, T)$$

$$U = N \cdot \epsilon_m$$



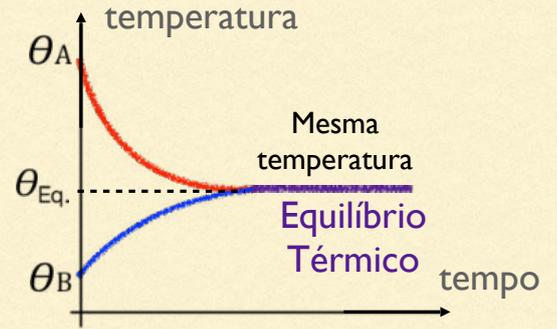
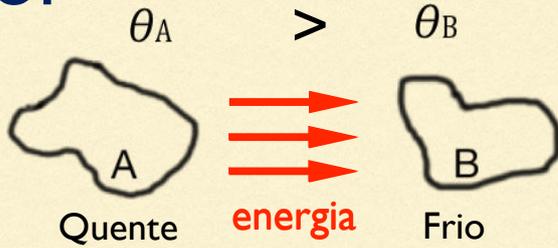
$$\epsilon_m = \frac{4+2+3}{3} = 3$$

$$U = 4+2+3=9$$

$$U = 3 \cdot \frac{4+2+3}{3} = 9$$

12

Calor

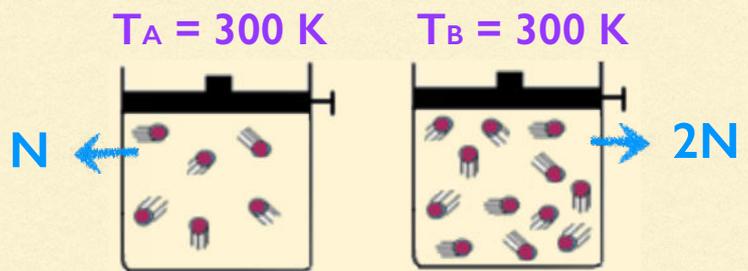
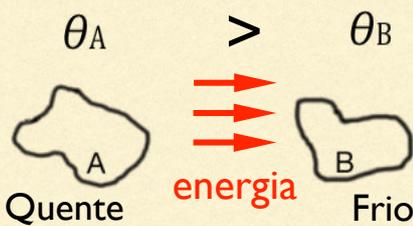


Unidade [Q] = joule (J) no S.I.

Troca de **Calor** é o nome do processo pelo qual a **energia** é transferida de um sistema para outro, exclusivamente devido à diferença de temperatura existente entre eles.

Obs.: Por um abuso de linguagem é comum nos referirmos a essa energia pelo nome de calor.

Cuidado!



N → N° de Partículas
 T → Temperatura Absoluta

OBS.: Um corpo **não** tem calor !

Em contato térmico ocorrerá troca de **calor** ?

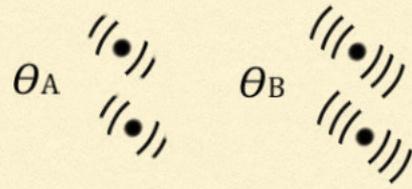
R: Não

$$U_A < U_B$$

• Em Resumo

Temperatura

Está relacionada com a agitação atômico/molecular.



Calor

Troca de **Calor** é o nome do processo pelo qual a **energia** é transferida de um sistema para outro, **exclusivamente** devido à **diferença de temperatura**.

Energia Térmica (ou Interna)

Energia térmica armazenada no corpo, que depende de N e T

15

Objetivos da Aula

- Conceito de **Temperatura**.
- Energia Interna (térmica).
- Calor**.
- Saber diferenciar: **Temperatura**, **Calor** e Energia Interna.

16

TERMOMETRIA

Jordão – Física

Fim

TERMOMETRIA

PARTE - 02A

JORDÃO - FÍSICA II

- A Subjetividade do Tato na medição da temperatura.

O Tato é impreciso e subjetivo

Pensemos na experiência :

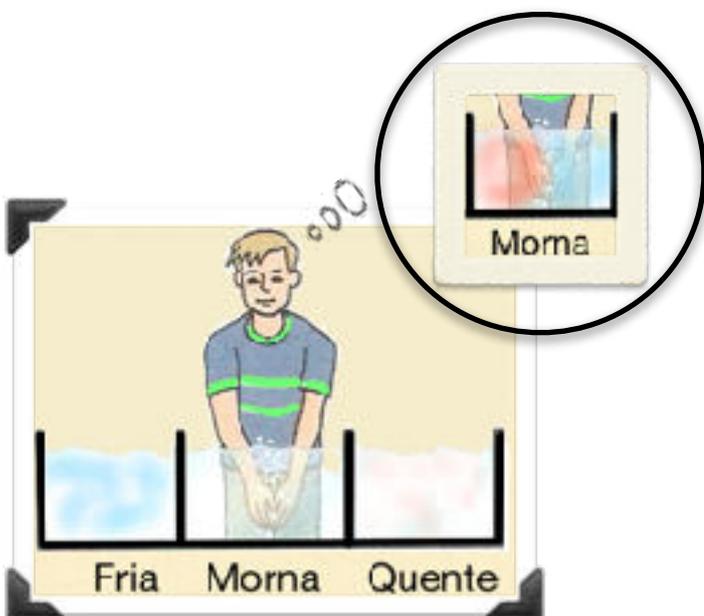
Colocar uma das mão na água quente e a outra na água fria e esperar um certo tempo.



Após esse certo tempo de acomodação das mãos, retirá-las e colocar ambas na água morna.



O que irá acontecer? O que iremos (provavelmente!) sentir?



Para a mão que estava na água fria, a água morna parecerá quente e para a mão que estava na água quente, a água morna parecerá fria, mostrando que a noção de temperatura dada pelo tato é subjetiva e imprecisa já que a mesma pessoa teve duas sensações diferentes para a mesma água.

TERMOMETRIA

AULA – 02B

Jordão – Física

Objetivos da Aula

- Compreender o que são grandezas termométricas.
- Lei Zero da Termodinâmica.
- Saber as Escalas Relativas e suas conversões.
- Saber a Escala Absoluta Kelvin e sua relação com as Escalas Relativas.

Propriedades Termométricas

da substância termométrica.

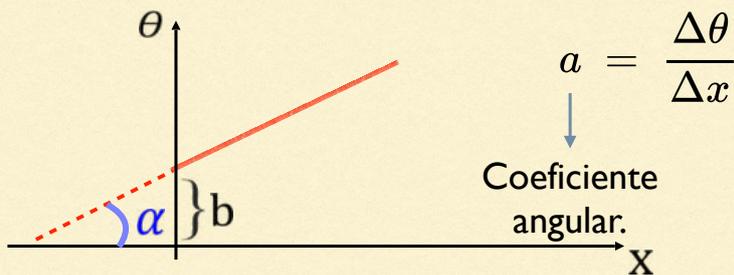
São as grandezas que variam quando a temperatura do corpo varia.

e.g.: Volume, pressão, resistência elétrica.

Equação Termométrica

Relaciona a temperatura (escala) com a propriedade termométrica, através da **Função f** (bijetora), que faz essa dependência.

$$\theta = ax + b$$



3

Sistema Auxiliar - Termômetro

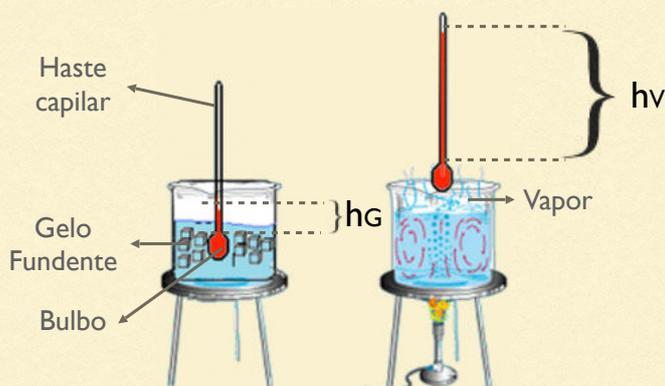
Lei Zero da Termodinâmica

“Se o sistema A está em equilíbrio térmico com o sistema B, e o sistema B está em equilíbrio térmico com C, então os sistemas A e C estão em equilíbrio térmico entre si.”

Gradação do Termômetro

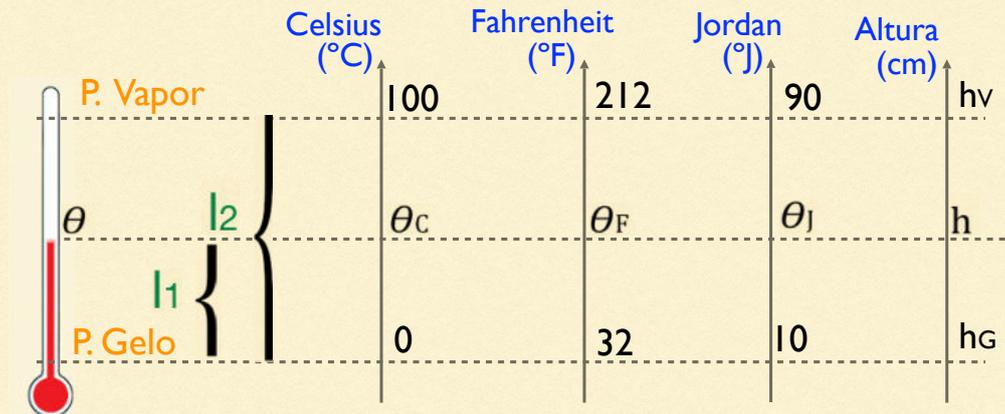
Sistema de estudo + 

Colocamos em **contato** e esperamos até o **equilíbrio térmico**.



4

Escalas Relativas Usuais



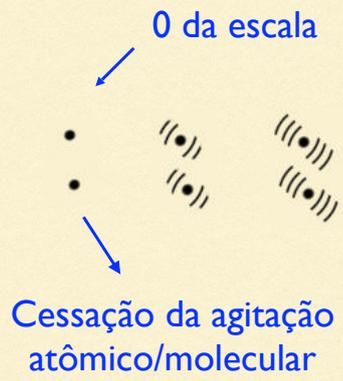
$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{\theta_C - 0}{100 - 0} = \frac{\theta_F - 32}{212 - 32} = \frac{\theta_J - 10}{90 - 10} = \frac{h - h_G}{h_V - h_G}$$

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{\theta_C - 0}{100 \cdot 5} = \frac{\theta_F - 32}{180 \cdot 9} = \frac{\theta_J - 10}{80 \cdot 4}$$

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

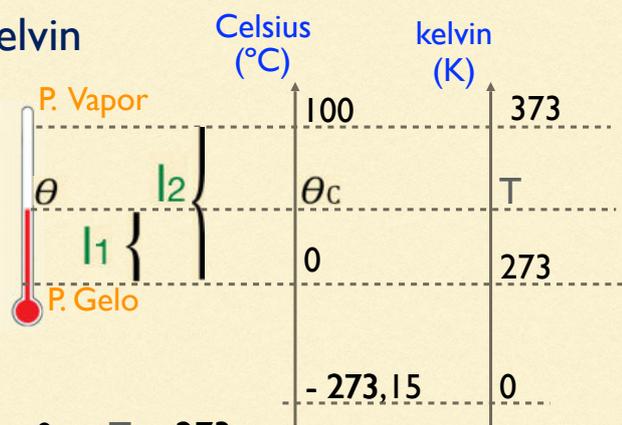
Escalas Absoluta

São escalas que levam em consideração a agitação atômico/molecular.



Zero Absoluto (inatingível)

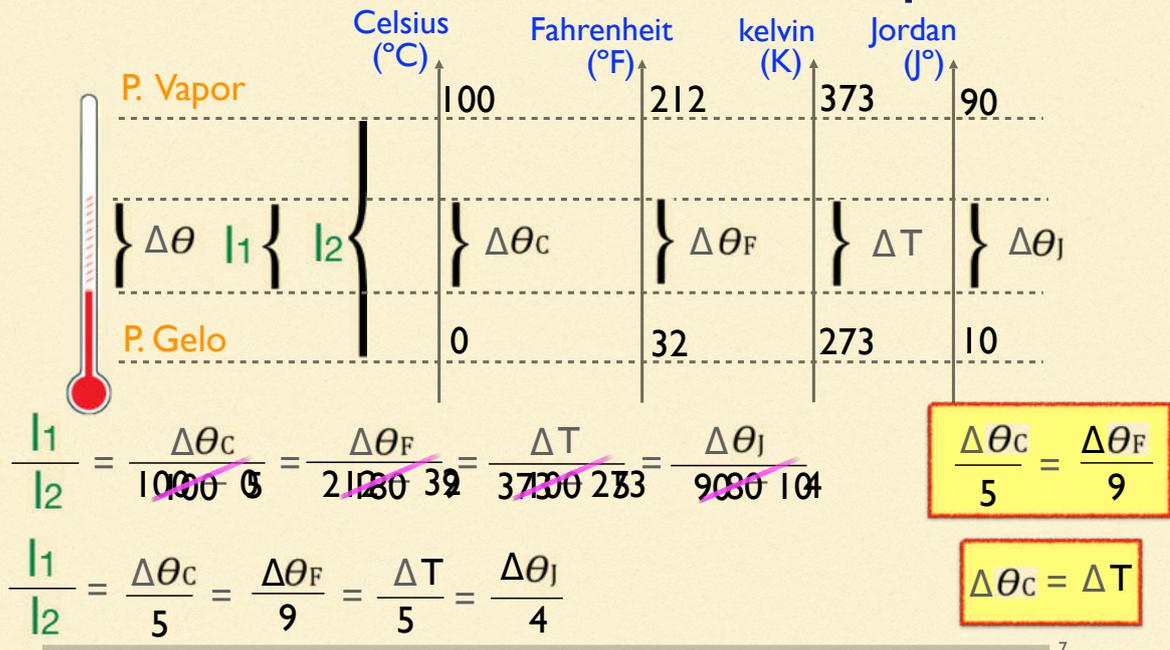
Escala Kelvin



$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{\theta_C - 0}{100 - 0} = \frac{T - 273}{373 - 273}$$

$$\theta_C = T - 273$$

Conversão de Variação de Temperatura



Objetivos da Aula

- Compreender o que são grandezas termométricas.
- Lei Zero da Termodinâmica.
- Saber as Escalas Relativas e suas conversões.
- Saber a Escala Absoluta Kelvin e a sua relação com as Escalas Relativas.

TERMOMETRIA

Jordão – Física

Fim

(TRANSMISSÃO)

PROPAGAÇÃO DE CALOR

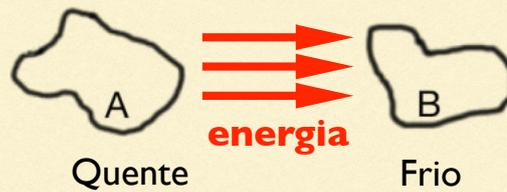
AULA - 03

Jordão – Física

Objetivos da Aula

- Saber quais são 3 os processos de *Transmissão de Calor*.
- Conceituar condução térmica.
- Conceituar convecção térmica e saber sua origem.
- Conceituar irradiação térmica.
- Entender o funcionamento de uma garrafa térmica.
- Entender fisicamente o porque ocorre a inversão térmica.

Formas de Propagação de Calor



MAS COMO A ENERGIA (CALOR)
PASSA DE UM CORPO PARA O OUTRO?

Condução

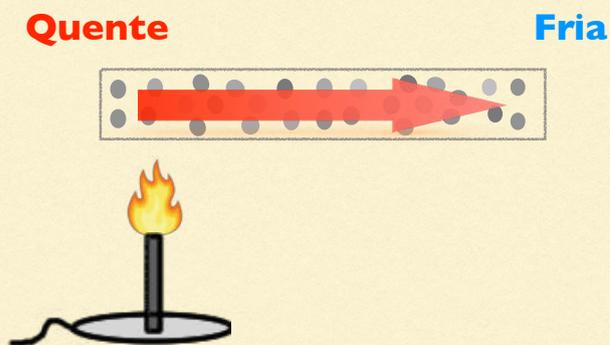
Convecção

**Irradiação
(Radiação)**

3

Condução Térmica

A energia é transferida de **partícula para partícula**, através de agitação atômico-molecular.

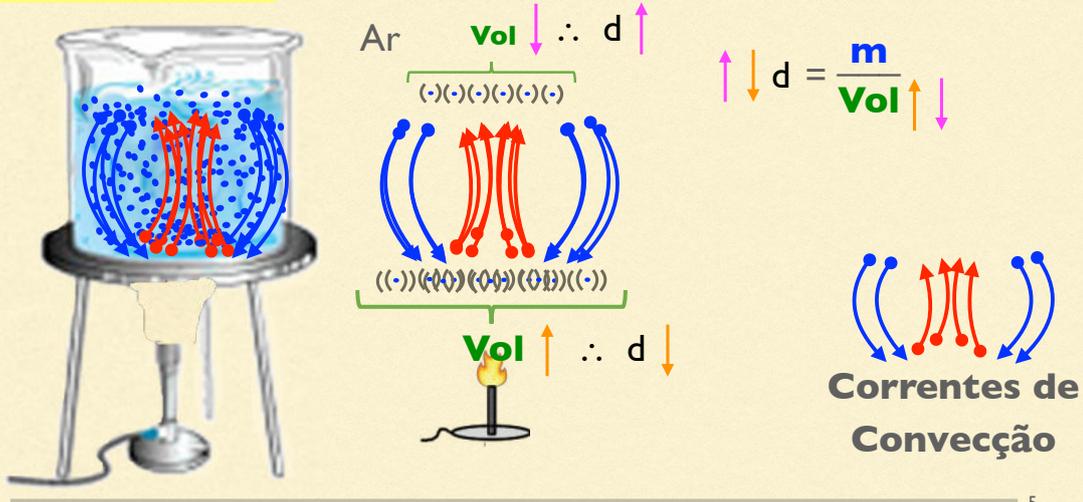


Obs.: Os metais se destacam nesse processo devido a existência de elétrons livres. Esses elétrons podem, rapidamente, transferir a energia para seus vizinhos.

4

Convecção Térmica

Ocorre pela movimentação do próprio fluido (líquido ou gás), através das **correntes de convecção**, que são geradas pela mudança na densidade.



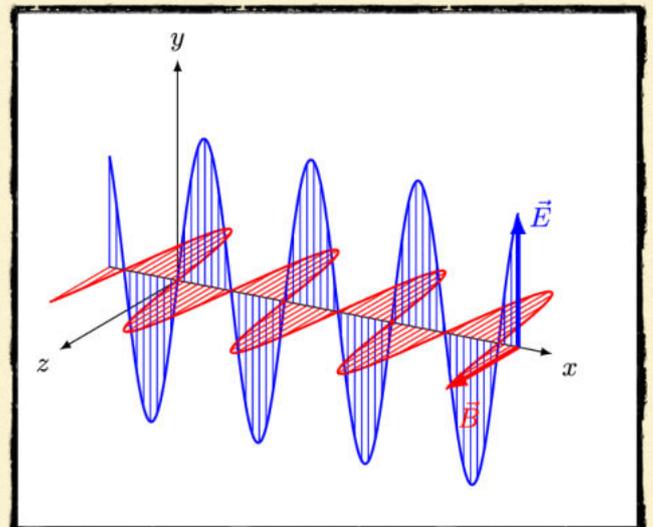
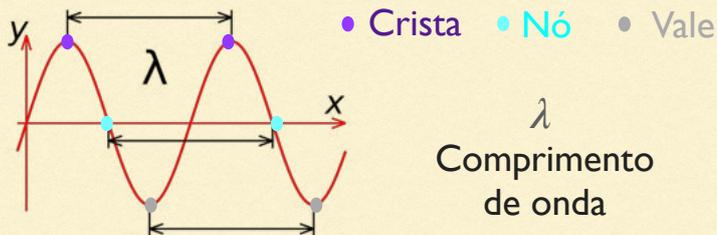
5

Irradiação Térmica

É um processo de propagação de energia na forma de **ondas eletromagnéticas**.

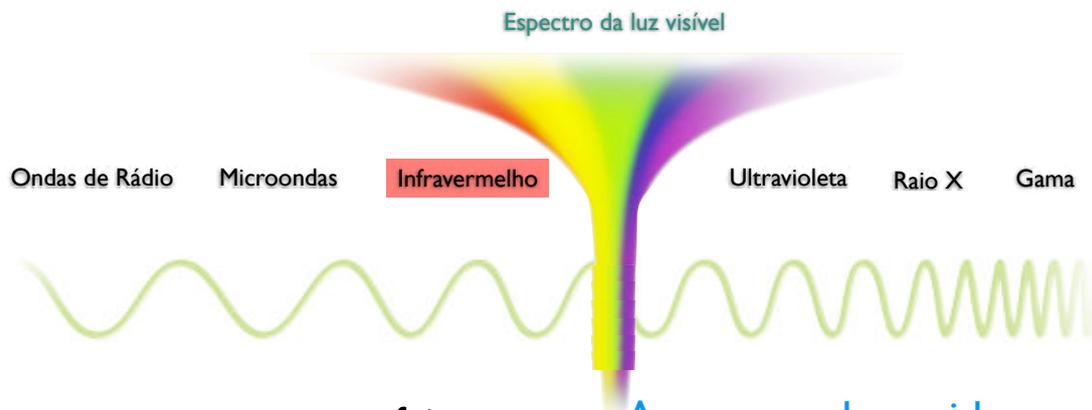
Ondas - Uma perturbação (informação) que se propaga sem o transporte de matéria.

Eletromagnética - Pois a propagação são dos campos elétricos e magnéticos.



6

Espectro da Radiação Eletromagnética



Dessas, as que apresentam efeitos térmicos mais acentuados são os **infravermelhos**, chamadas de **ondas de Calor**.

Ao serem absorvidas, as ondas eletromagnéticas (que transportam energia) se transformam em energia térmica.

7

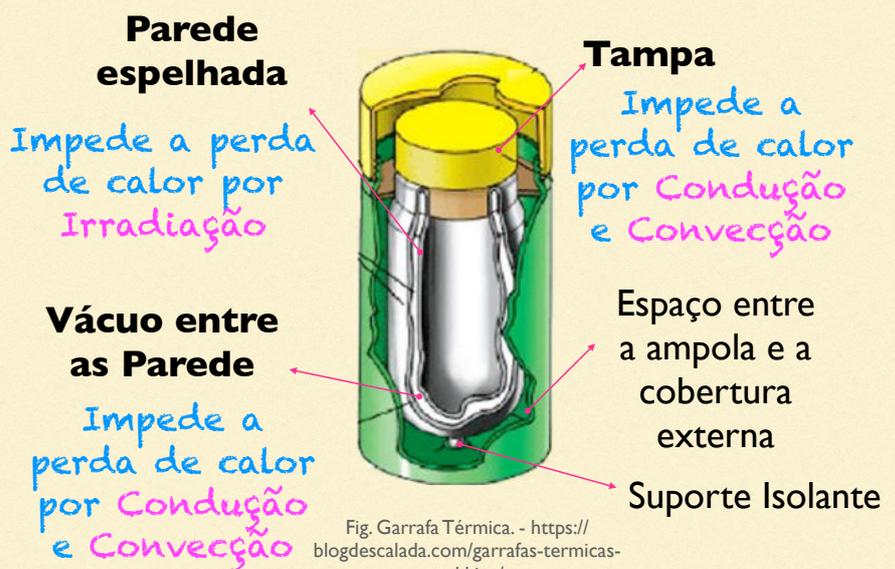
Propagação de Calor no Cotidiano

Garrafa Térmica

Vaso de Dewar



Físico inventor da garrafa térmica. - Séc. XIX



8

Propagação de Calor no Cotidiano

Inversão Térmica



Imagem: <https://saopaulosao.com.br/conteudos/outros/5061-polu%C3%A7%C3%A3o-do-ar-na-cidade-de-s%C3%A3o-paulo-est%C3%A1-20-menor-em-julho-com-quarentena.html>

9

Propagação de Calor no Cotidiano

Inversão Térmica

Dia normal



Dia com Inversão



Imagens: <https://www.vivendociencias.com.br/2015/05/inversao-termica.html>

10

Resumo



Imagem: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/processo-propagacao-calor.htm>

11

Objetivos da Aula

- ✓ Saber quais são 3 os processos de *Transmissão de Calor*.
- ✓ Conceituar condução térmica.
- ✓ Conceituar convecção térmica e saber sua origem.
- ✓ Conceituar irradiação térmica.
- ✓ Entender o funcionamento de uma garrafa térmica.
- ✓ Entender fisicamente o porque ocorre a inversão térmica.

12

PROPAGAÇÃO DE CALOR

FIM

(TRANSMISSÃO)

PROPAGAÇÃO DE CALOR

AULA - 04A

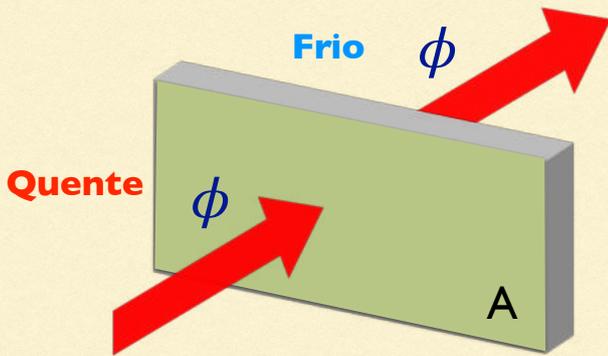
Jordão – Física

Objetivos da Aula

- Saber o que é *Fluxo de Calor* (ou *Fluxo Térmico*).
- Entender as propriedades do *Regime Estacionário*.
- Conhecer e saber aplicar a lei de Fourier.
- Entender a *Condutibilidade Térmica* e sua unidade.
- Entender fisicamente como o agasalho te conforta.
- Compreender o isolamento térmico no iglu.

Fluxo de Calor (ou Térmico) ϕ

Seja Q a quantidade de calor que passa por uma **superfície** de área A num intervalo de tempo Δt



$$\phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

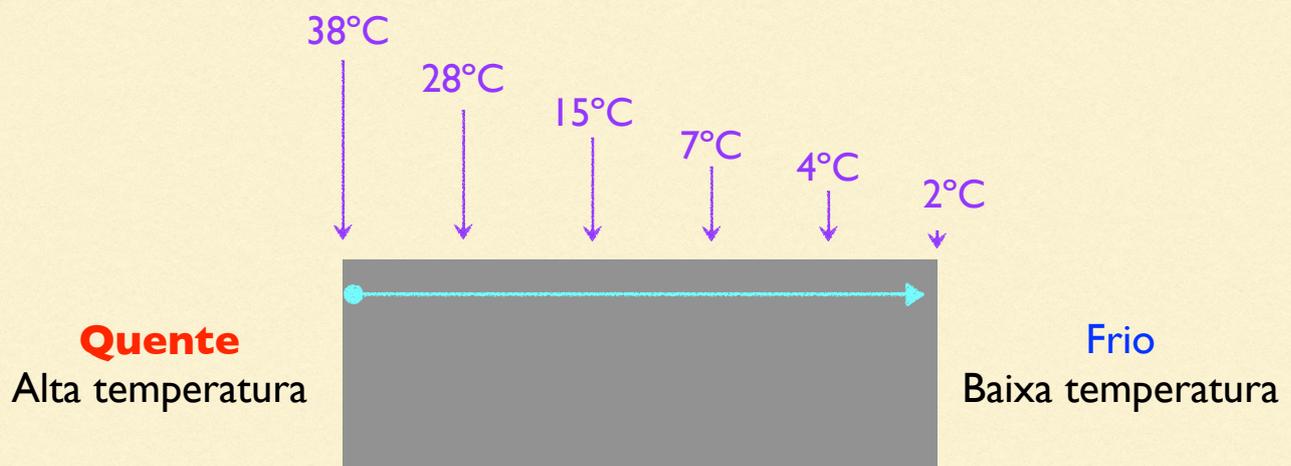
Unidade:

$$U[\phi] = \frac{U[Q]}{U[\Delta t]} = \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{ W watt}$$

3

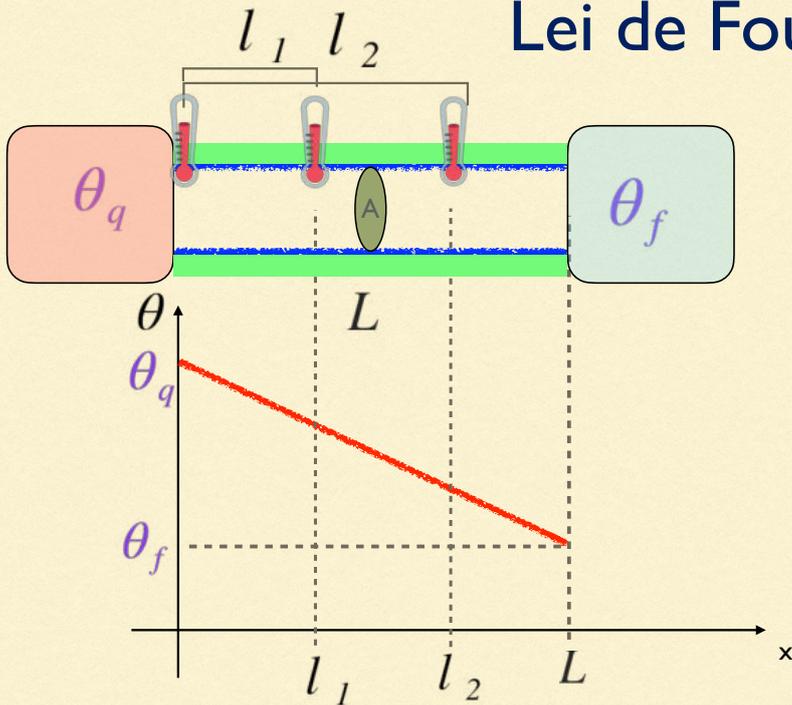
Regime Estacionário (ou Permanente)

É quando o fluxo térmico não apresenta variações com o tempo.



4

Lei de Fourier



$$\phi \propto \frac{A \cdot (\theta_q - \theta_f)}{L}$$

$$\phi = \frac{k \cdot A \cdot (\theta_q - \theta_f)}{L}$$

k - Coef. de condutibilidade
térmica

↓
Característica
do material

Condutibilidade Térmica (Condutividade)

Expressa uma característica do material em ser bom ou mau condutor térmico, bons condutores têm k alto e maus condutores, isto é, isolantes térmicos, têm k baixo.

$$\phi = \frac{k \cdot A \cdot (\theta_q - \theta_f)}{L}$$

Condutibilidade Térmica (Condutividade)

Expressa uma característica do material em ser bom ou mau condutor térmico, bons condutores têm k alto e maus condutores, isto é, isolantes térmicos, têm k baixo.

$$k = \frac{\phi L}{A (\theta_q - \theta_f)}$$

Unidade:

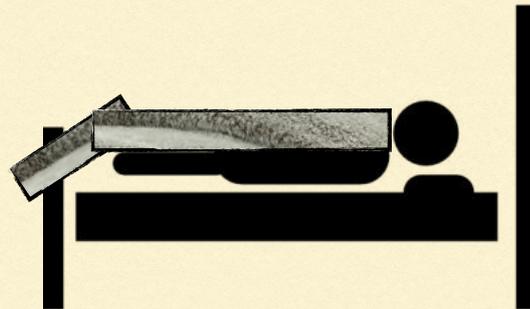
$$U[k] = \frac{U[\phi].U[L]}{U[A].U[\theta_q - \theta_f]}$$

$$U[k] = \frac{W \cdot m}{m^2 \cdot K} = \frac{W}{mK}$$

Agasalhos

Materiais de baixa condutividade térmica são utilizados na confecção de objetos que visam a prover isolamentos térmicos.

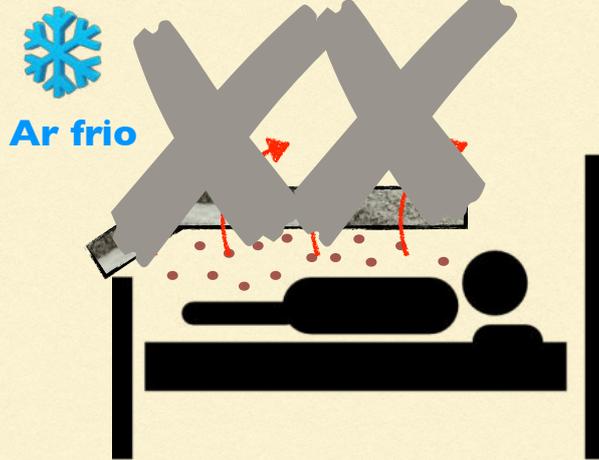
e.g. Cobertores



Agasalhos

Materiais de baixa condutividade térmica são utilizados na confecção de objetos que visam a prover isolamentos térmicos.

e.g. Cobertores



e.g. Iglu



De quê é feito o iglu?

R: De neve fresca

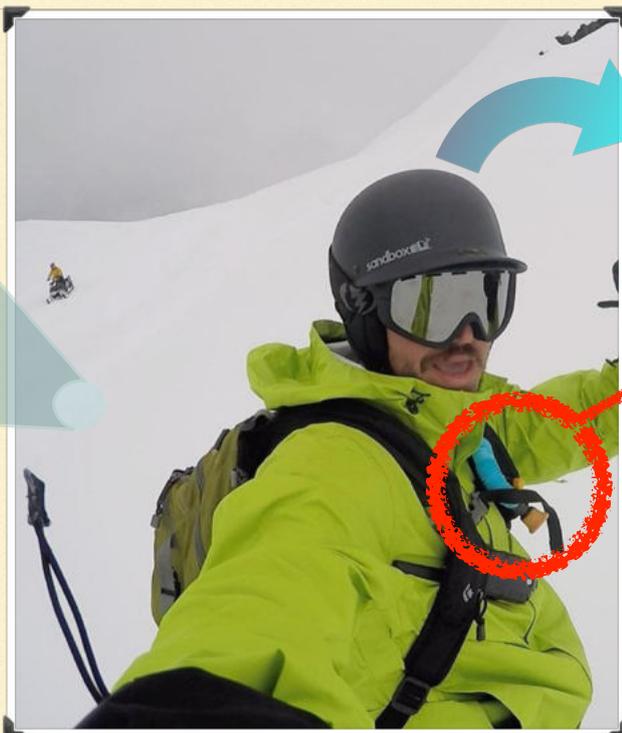
A temperatura pode variar de:
- 30 °C até - 3°C

Externo

Interno

Gelo \neq Neve

A neve fresca
pode conter
93% de Ar



Esse é o Gabriel

Aparelho
utilizado para
retirar ar da
neve.

Objetivos da Aula

- ✓ Saber o que é *Fluxo de Calor* (ou *Fluxo Térmico*).
- ✓ Entender as propriedades do *Regime Estacionário*.
- ✓ Conhecer e saber aplicar a lei de Fourier.
- ✓ Entender a *Condutibilidade Térmica* e sua unidade.
- ✓ Entender fisicamente como o agasalho te conforta.
- ✓ Compreender o isolamento térmico no iglu.

PROPAGAÇÃO DE CALOR

FIM

PROPAGAÇÃO DE CALOR

AULA - 04B

JORDÃO - FÍSICA II

- A Condução Térmica Microscopicamente.
- Efeito Estufa.

Condução Térmica

Os materiais se dividem, em relação a condução de calor, de duas maneiras, grosso modo, condutores e isolantes térmicos. Os condutores permitem a movimentação da energia (calor) que é motivada pela diferença de temperatura existente entre duas partes desse ou onde esse condutor se encontra e o isolante já não permite essa movimentação.

Por que metais ficam mais frios no inverno e mais quentes no verão?

Materiais com alta condutividade térmica roubam energia (se nossa temperatura estiver maior do que a sua) na forma de calor de maneira mais eficiente do que isolantes, por isso, quando em um dia frio tocamos a maçaneta metálica de uma porta de madeira ela nos parece mais fria do que a madeira de que é feita a porta, mesmo ambas estando a mesma temperatura, pois sentimos a sensação de frio quando perdemos calor. Os metais têm de um modo geral maior condutividade térmica, também devido aos elétrons livres que encontramos neles. Quando tocamos a maçaneta em um dia muito quente, termina por ocorrer o inverso.

Valor do Coeficiente de Condutividade Térmica de alguns materiais e substâncias.

Gases : k (W/m.K)

Ar:	0,026
Hélio:	0,15
Hidrogênio:	0,18

Metais: k (W/m.K)

Aço inox:	14
Chumbo:	35
Alumínio:	235
Cobre:	401
Prata:	428

Materiais comuns: k (W/m.K)

Espuma de Poliuretano:	0,024
Lã:	0,043
Fibra de vidro:	0,048
Madeira de pinho:	0,11
Vidro de janela:	1,0
Gelo	2.2
Neve fresca	0,15
Água	0,58

Efeito Estufa

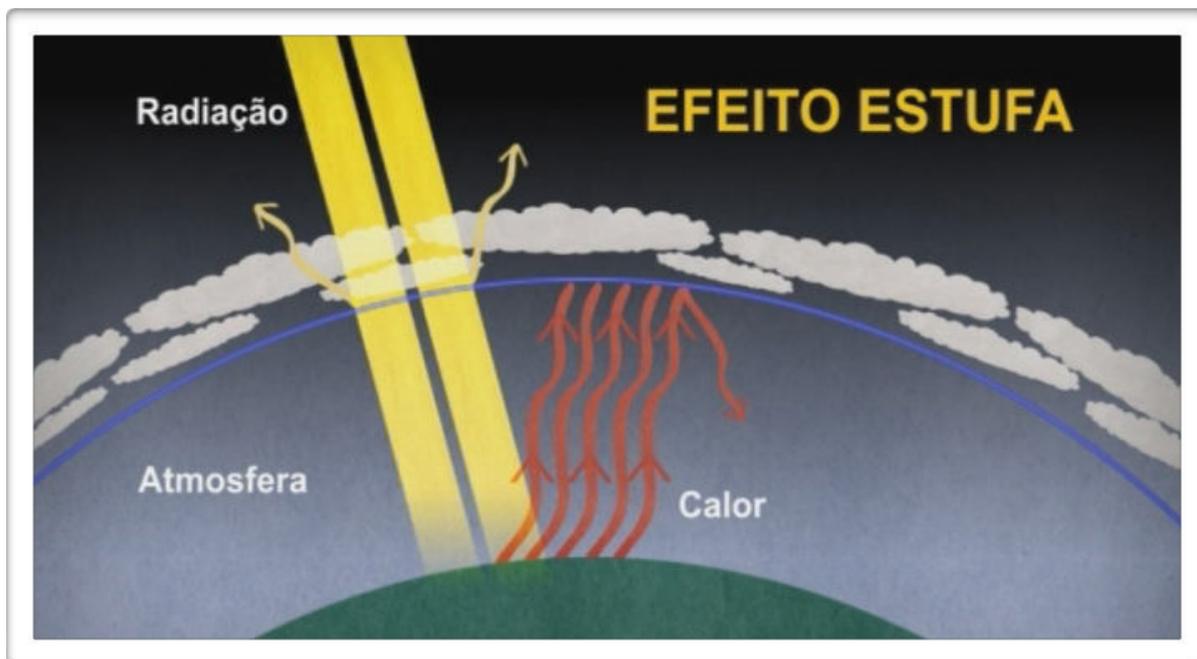


Imagem: <https://eshoje.com.br/poluicao-atmosferica-poluicao-das-aguas-poluicao-dos-solos/>

Na atmosfera terrestre

A presença, na atmosfera, do dióxido de carbono (CO_2), o mais abundante, do óxido nitroso (N_2O), do metano (CH_4), de água (sobretudo na forma de vapor) e de outros gases determina o **efeito estufa** (termo criado pelo químico sueco Svante Arrhenius, no século XIX). Esse efeito é uma condição natural de nosso planeta, que garante à Terra uma temperatura média adequada à vida. O princípio é o mesmo das estufas de plantas. A Terra recebe, durante o dia, parte da energia radiante do Sol e, durante a noite, irradia energia para o

espaço. Entretanto, as substâncias citadas impedem que a superfície terrestre perca, durante a noite, uma grande quantidade de calor para o espaço, absorvendo e reemitindo parte dessa radiação para a Terra.

Os principais gases produtores do efeito estufa são o vapor d'água, o gás carbônico, o metano, o óxido nitroso, o ozônio, os vários clorofluorocarbonetos e diversos outros, presentes em pequenas quantidades, também contribuem para a produção do efeito. Eles têm as propriedades de serem transparentes à radiação na faixa da luz visível, mas são retentores de radiação térmica.

CALORIMETRIA

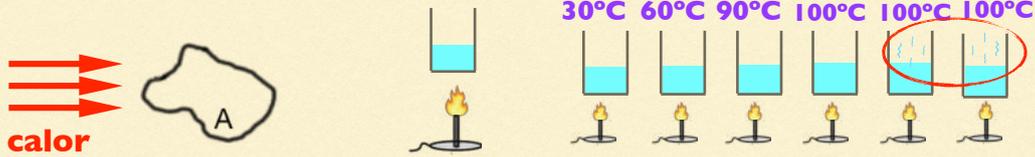
AULA - 05A

Jordão – Física

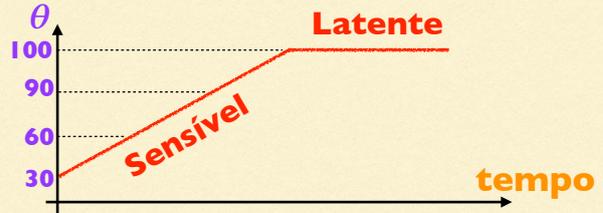
Objetivos da Aula

- Saber diferenciar Calor Sensível de Calor Latente.
- Saber calcular o Calor Latente.
- Saber conceituar o Calor latente de fusão, evaporação, solidificação ...
- Saber calcular o Calor Sensível.
- Distinguir Capacidade Térmica e calor específico.
- Compreender a ideia de Potência.

Tipos de Calor



O calor recebe o nome de acordo com o efeito que ele causa no corpo. O corpo A ao receber calor pode mudar sua temperatura ou mudar seu estado de agregação.



Calor Latente

Produz mudança de estado de agregação (mudança de fase).



Calor Latente de. Nome da Transf.

$$Q = m_T \cdot L$$

Massa transformada



$$|L_{\text{fusão}}| = |L_{\text{Solidif.}}|$$

$$|L_{\text{vap.}}| = |L_{\text{Liq.}}|$$

$$|L_{\text{Subl.}}| = |L_{\text{Ressubl.}}|$$

No S.I

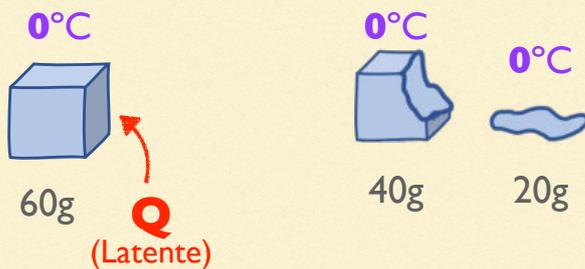
$$U[L] = \frac{J}{kg} \quad \text{Unidade usual: } U[L] = \frac{cal}{g}$$

Calor Latente

e.g. Transformando Gelo em água líquida

Tendo um pedaço de gelo de 60g, qual a quantidade de calor necessária para transformar 20g de gelo em água líquida.

Dado: $L_{\text{fusão}} = 80 \text{ cal/g}$



(Latente)

$$Q = m_T \cdot L_{\text{fusão}}$$

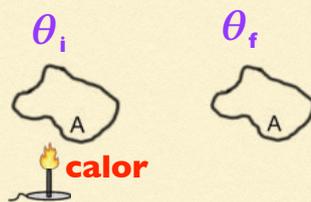
$$Q = 20\text{g} \cdot 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$$

$$Q = 1600 \text{ cal} .$$

5

Calor Sensível

Produz variação de temperatura



$$Q \propto \Delta\theta$$

$$Q = C \cdot \Delta\theta$$

Capacidade Térmica
ou
Capacidade Calorífica

Caract. do corpo

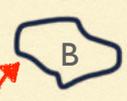
No S.I

$$U[\text{C}] = \frac{\text{J}}{\text{K}} \text{ ou } \frac{\text{cal}}{\text{°C}}$$

Calor Sensível

e.g. *Corpos com Capacidades Térmicas diferentes.*

Sejam dois corpos A e B com Capacidades Térmicas $C_A = 5 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ e $C_B = 10 \text{ cal/}^\circ\text{C}$. Se fornecermos 20 calorias para cada um desses corpos quais serão suas variações de temperatura?

$C_A = 5 \text{ cal/}^\circ\text{C}$	$C_B = 10 \text{ cal/}^\circ\text{C}$
	
20 cal	20 cal
5 cal - 1°C	10 cal - 1°C
5 cal - 1°C	10 cal - 1°C
5 cal - 1°C	10 cal - 1°C
5 cal - 1°C	10 cal - 1°C
<hr/>	<hr/>
$\Delta\theta_A = 4^\circ\text{C}$	$\Delta\theta_B = 2^\circ\text{C}$

7

Calor Sensível

Produz variação de temperatura



$$Q \propto \Delta\theta$$

Capacidade Térmica

$$Q = C \cdot \Delta\theta$$

Todo **corpo** possui massa e é formado de determinada substância

$$C \propto m \quad C = c \cdot m$$

c - calor específico

Caract. da Substância

$$U[c] = \frac{\text{J/K}}{\text{kg}} = \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

Unidade usual: $U[c] = \frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}}$

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



Potência

Quantidade de Energia (gasta ou fornecida) em um certo intervalo de tempo.

$$\text{Pot} = \frac{\text{Energia}}{\text{tempo}} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{Ec ; Ep ; Em ; Q ; } \tau \\ \longrightarrow \text{s ; min ; h ; dia ; ano} \end{array}$$

$$U[\text{Pot}] = \frac{\text{J}}{\text{s}} \quad \text{W} \\ \text{watt}$$

$$U[E] = U[\text{Pot}] \cdot U[\text{tempo}]$$

$$U[E] = \text{W} \cdot \text{min}$$

$$U[E] = \text{HP} \cdot \text{dia}$$

$$U[E] = \text{W} \cdot \text{h}$$

Outras unidades:
HP ; Cavalo - Vapor

Objetivos da Aula

- Saber diferenciar Calor Sensível de Calor Latente.
- Saber calcular o Calor Latente.
- Saber conceituar o Calor latente de fusão, evaporação, solidificação ...
- Saber calcular o Calor Sensível.
- Distinguir Capacidade Térmica e calor específico.
- Compreender a ideia de Potência.

CALORIMETRIA

Jordão – Física

FIM

CALORIMETRIA

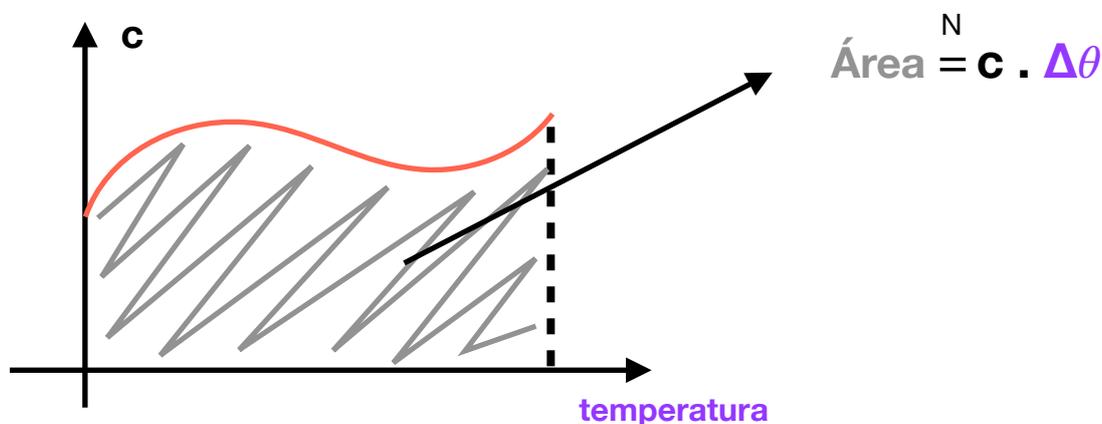
AULA - 05B

JORDÃO - FÍSICA II

- O calor específico.
- Problema resolvido.
- Caloria

Calor Específico

Estudamos o calor latente ($Q = m.L$), que provoca variação de estado de agregação e o calor sensível ($Q = m.c.\Delta\theta$), que produz variação de temperatura do sistema. No estudo da calorimetria a maioria das vezes consideramos o **calor específico (c)** constante, mesmo que esse varie um pouco com a temperatura, pois, essa variação nos sólidos e líquidos é muito pequenina. Se fossemos levar em conta a variação do calor específico devemos olhar o seu gráfico em função com a temperatura.

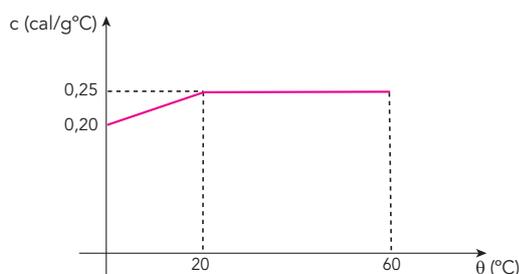


Nos gases porém c depende da variação de p (**pressão**) e V (**volume**), mas isso veremos mais para frente no estudos dos gases.

Vamos aqui ver uma questão da UERJ do vestibular de 2020, em que o Calor específico variava.

QUESTÃO
43

Para aquecer a quantidade de massa m de uma substância, foram consumidas 1450 calorias. A variação de seu calor específico c , em função da temperatura θ , está indicada no gráfico.

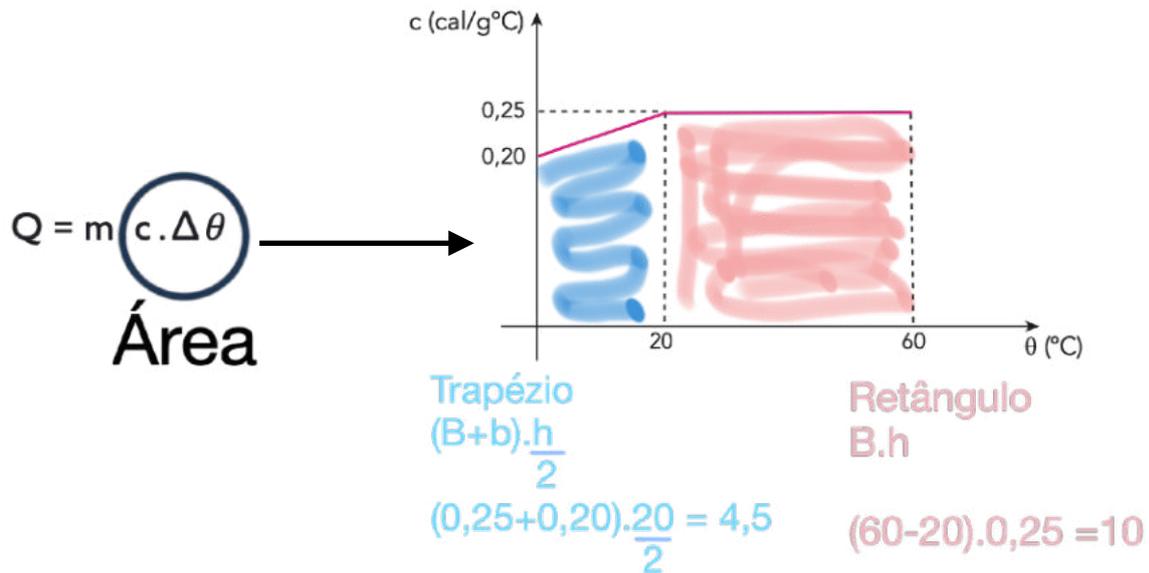


O valor de m , em gramas, equivale a:

- (A) 50
- (B) 100
- (C) 150
- (D) 300

Resolução.

Atente ao enunciado que a banca fala a quantidade de calor para aquecer a quantidade de massa m , então essa quantidade de calor (1450 cal) levou a amostra de 0°C até 60°C . Assim a área do gráfico será $c \cdot \Delta\theta$



Assim ficamos com:

$$1450 = m (4,5 + 10)$$

$$m = 100\text{g}$$

Gab. B (que corresponde ao gabarito oficial)

Problema Resolvido

Qual a quantidade de calor precisamos fornecer para 20 g de gelo a -10°C para transformar essas 20 g em 20 g de água líquida a 30°C ?

Dados:

calor específico do gelo = $0,5 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$;

Calor latente de fusão = 80 cal/g ;

calor específico da água líquida = $1,0 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$.

Resolução.

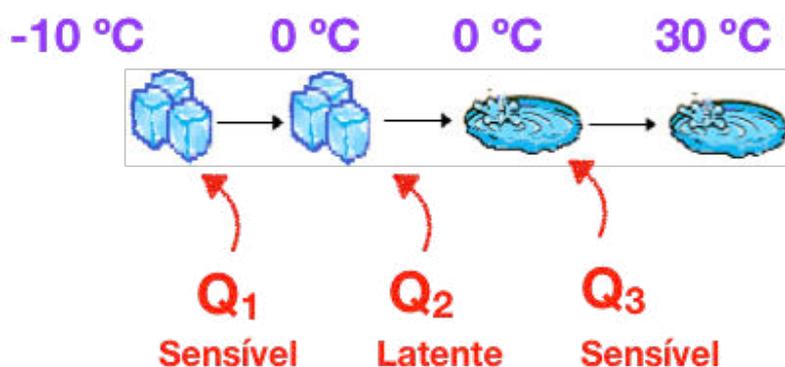
1ª Parte: temos que levar esse gelo de gelo a -10°C até gelo a 0°C .

Para isso utilizamos o calor sensível $Q_1 = m \cdot c_{\text{gelo}} \cdot \Delta\theta$

2ª Parte: agora temos que levar esse gelo a 0°C até água líquida a 0°C . Para isso o calor usado é o calor latente $Q_2 = m_T \cdot L_{\text{fusão}}$, repare que a massa transformada será de 20g.

3ª Parte: agora sim, levamos essa água a 0°C até a temperatura de 30°C . Para isso vamos utilizar o calor sensível

$Q_3 = m \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta\theta$



$$Q_1 = 20 \cdot 0,5 \cdot [0 - (-10)] = 100 \text{ cal}$$

$$Q_2 = 20 \cdot 80 = 1600 \text{ cal}$$

$$Q_3 = 20 \cdot 1 \cdot [30 - 0] = 600 \text{ cal}$$

$$Q_{\text{total}} = 2400 \text{ cal}$$

Caloria

A vida do ser humano depende de uma fonte de energia: as calorias contidas nos alimentos. Quando são ingeridas pelo organismo, elas são metabolizadas no seu interior, gerando a energia química que necessitamos para nossa sobrevivência. As calorias são encontradas em forma de energia em cada alimento; isso será utilizado pelo corpo para todas as funções, como digestão, respiração, prática de exercícios etc.

Todos os alimentos possuem calorias, mas em diferentes quantidades. Os alimentos gordurosos (por exemplo, carnes gordas e laticínios) são os que mais contêm calorias. Já os carboidratos, são os que possuem as calorias mais fáceis de serem absorvidas e metabolizadas, sendo fontes de energia muito boas.

Quando usamos **caloria** para nos referirmos ao valor energético dos alimentos, na verdade queremos dizer a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 quilograma (equivalente a 1 litro) de água de $14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. O correto neste caso seria utilizar kcal (quilocaloria), porém o uso constante em nutrição fez com que se modificasse a medida. Assim, quando se diz que uma pessoa precisa de 2.500 calorias por dia, na verdade são 2.500.000 calorias (2.500 quilocalorias) por dia.

Hoje é comum os nutricionistas expressarem quilocalorias escrevendo abreviatura de caloria "Cal" com a letra C em maiúsculo.

e.g.: 1 Cal = 1000 cal = 1 kcal.

Essa notação não é científica e não é reconhecida pelo sistema de unidades, mas já é comum no cotidiano.

CALORIMETRIA

AULA - 06

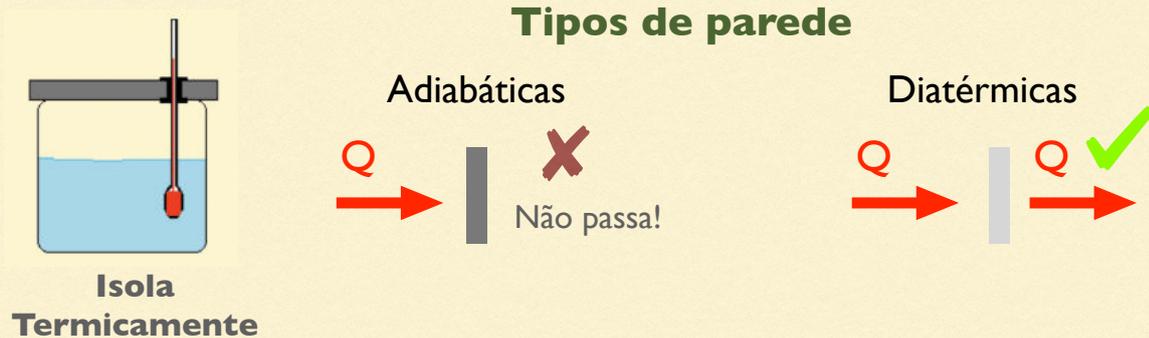
Jordão – Física

Objetivos da Aula

- Entender o que é e para que serve um calorímetro.
- Saber a diferença entre uma parede adiabática e uma diatérmica.
- Compreender o que é o equivalente em água ou outra substância.
- Saber aplicar o Princípio Geral das Trocas de Calor.

Calorímetro

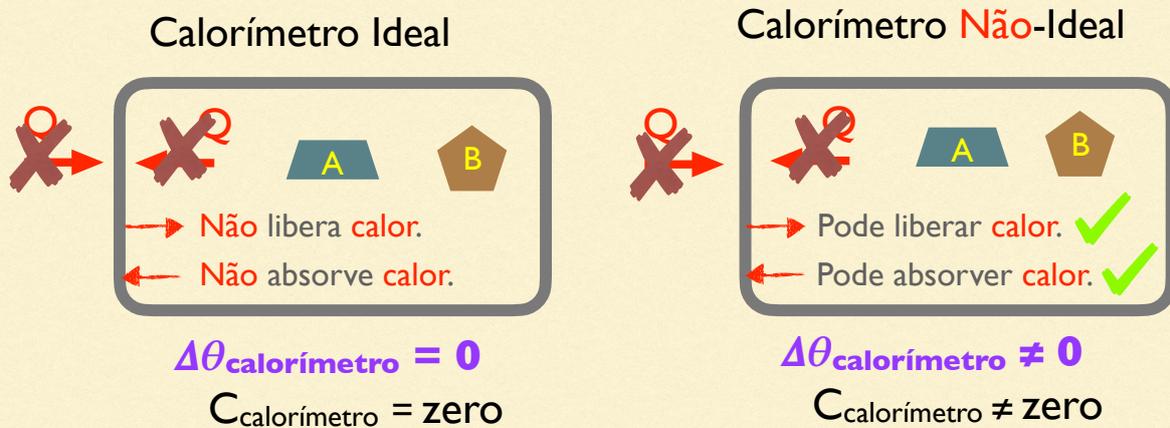
Dispositivo utilizado para determinar c , C e quantidades de calor trocadas. O mais simples é o de mistura ou de água.



3

Calorímetro

O calorímetro deve interferir o mínimo possível na medida.



4

Equivalente em Água

As vezes a $C_{\text{calorímetro}}$ é dada indiretamente através do seu *equivalente em água (E)*, i.e. , a massa de água que apresenta a mesma C que o calorímetro.

e.g. Quando se diz que o equivalente em água (E) do calorímetro é de 20g, temos:

$$E = m_{\text{água}} \text{ de } 20\text{g}$$

$$C_{\text{calorímetro}} = C_{\text{água}}$$

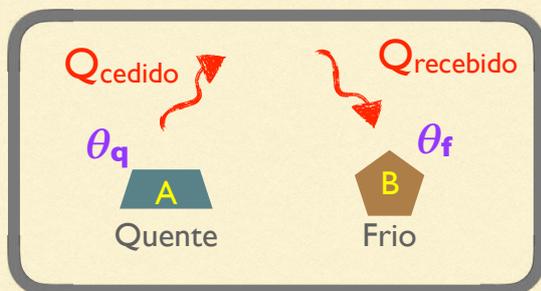
$$C_{\text{calorímetro}} = m_{\text{água}} \cdot c_{\text{água}}$$

$$C_{\text{calorímetro}} = 20\text{g} \cdot 1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C} = 20 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$$

5

Princípio Geral das Trocas de Calor

Quando dois ou mais corpos (ou sistemas) trocam calor entre si, até ser atingido o equilíbrio térmico, é nulo o *somatório algébrico* das quantidades de calor trocadas.



Calorímetro Ideal

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{recebido}} = 0$$

Cuidado!

$$|Q_{\text{cedido}}| = |Q_{\text{recebido}}| \quad \checkmark$$

Princípio Geral das Trocas de Calor



$$Q_{cedido} + Q_{recebido} = 0$$

Princípio Geral das Trocas de Calor

e.g. Um pedaço de gelo de 150g à temperatura de -20°C é colocado dentro de uma garrafa térmica contendo 400g de água à temperatura de 22°C . Considerando a garrafa térmica como um sistema perfeitamente isolado e com capacidade térmica desprezível, pode-se dizer que ao atingir o equilíbrio térmico o sistema no interior da garrafa apresenta-se como:

Dados: $L_{fusão} = 80 \text{ cal/g}$ e $C_{gelo} = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

- um líquido a $10,5^\circ\text{C}$.
- um líquido a $15,4^\circ\text{C}$.
- uma mistura de sólido e líquido a 0°C
- um líquido à 0°C

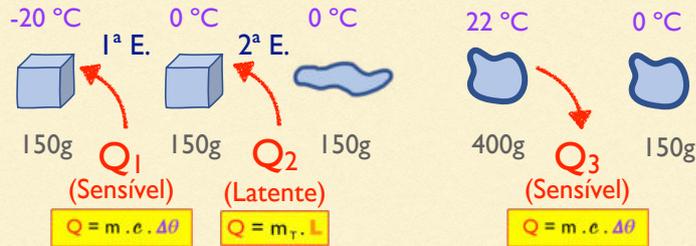


Resolução

Será que esses 400g de água a 22°C têm energia suficiente para derreter esses 150 g de gelo?

1º - Análise

Para derreter o gelo. Os 400g conseguem derreter?



$$Q_1 = 150 \cdot 0,5 \cdot [0 - (-20)]$$

$$Q_1 = 1.500 \text{ cal} \quad 1^{\text{a}} \text{ Etapa}$$

$$Q_2 = 150 \cdot 80$$

$$Q_2 = 12.000 \text{ cal} \quad 2^{\text{a}} \text{ Etapa}$$

$$Q_3 = 400 \cdot 1 \cdot [0 - (22)]$$

$$Q_3 = - 8.800 \text{ cal}$$

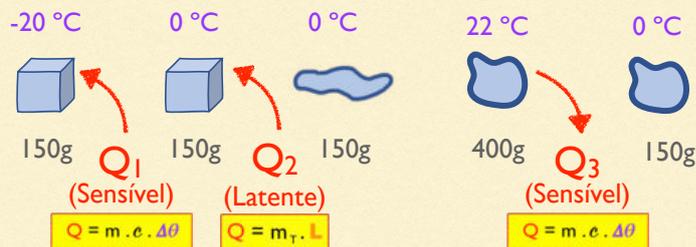
9

Resolução

Será que esses 400g de água a 22°C têm energia suficiente para derreter esses 150 g de gelo?

1º - Análise

Para derreter o gelo. Os 400g conseguem derreter?



$$Q_1 = 150 \cdot 0,5 \cdot [0 - (-20)]$$

$$Q_1 = 1.500 \text{ cal} \quad 1^{\text{a}} \text{ Etapa}$$

$$Q_2 = 150 \cdot 80$$

$$Q_2 = 12.000 \text{ cal} \quad 2^{\text{a}} \text{ Etapa}$$

$$Q_3 = 400 \cdot 1 \cdot [0 - (22)]$$

$$Q_3 = - 8.800 \text{ cal}$$

1ª Etapa
 -20°C 1.500 cal 0°C
 150g ✓ 150g
 Quanto sobra?
 $8.800 - 1.500 = 7.300 \text{ cal}$
 Consigo realizar a 2ª Etapa?
 2ª Etapa 12.000 cal
 Sobrou 7.300 cal

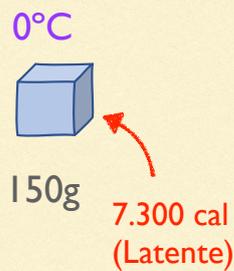
R.: Não.

Mas com esses 7.300 cal consigo derreter parte do gelo.

10

Resolução

Mas com esses 7.300 cal consigo derreter parte do gelo.



$$7.330 = m_T \cdot 80$$
$$m_T = 91,25 \text{ g}$$



Gab. Letra c

c) uma mistura de sólido e líquido a 0°C

11

Objetivos da Aula

- Entender o que é e para que serve um calorímetro.
- Saber a diferença entre uma parede adiabática e uma diatérmica.
- Compreender o que é o equivalente em água ou outra substância.
- Saber aplicar o Princípio Geral das Trocas de Calor.

CALORIMETRIA

Jordão – Física

FIM

DIAGRAMA DE FASES

AULA - 07 A

Jordão – Física

1

Objetivos da Aula

- Compreender o conceito de pressão.
- Entender que existe uma relação entre: estado físico, pressão e temperatura.
- Saber interpretar o gráfico de diagrama de fases.

2

Influência da pressão no estado de agregação

As substâncias apresentam diferentes estados de agregação para diferentes valores de pressão e temperatura.

Assim, ser:



Sólido



Líquido

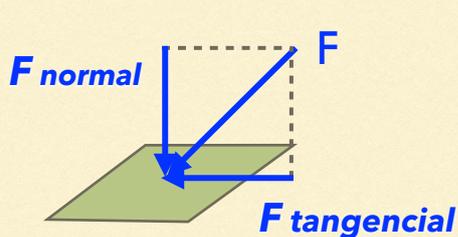


Gasoso

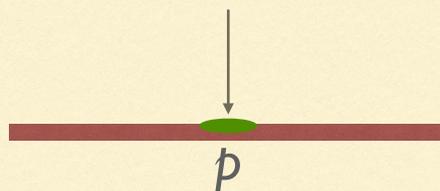
Depende tanto da **Temperatura** quanto da **Pressão**.

Pressão

Grandeza escalar



Partícula do fluido

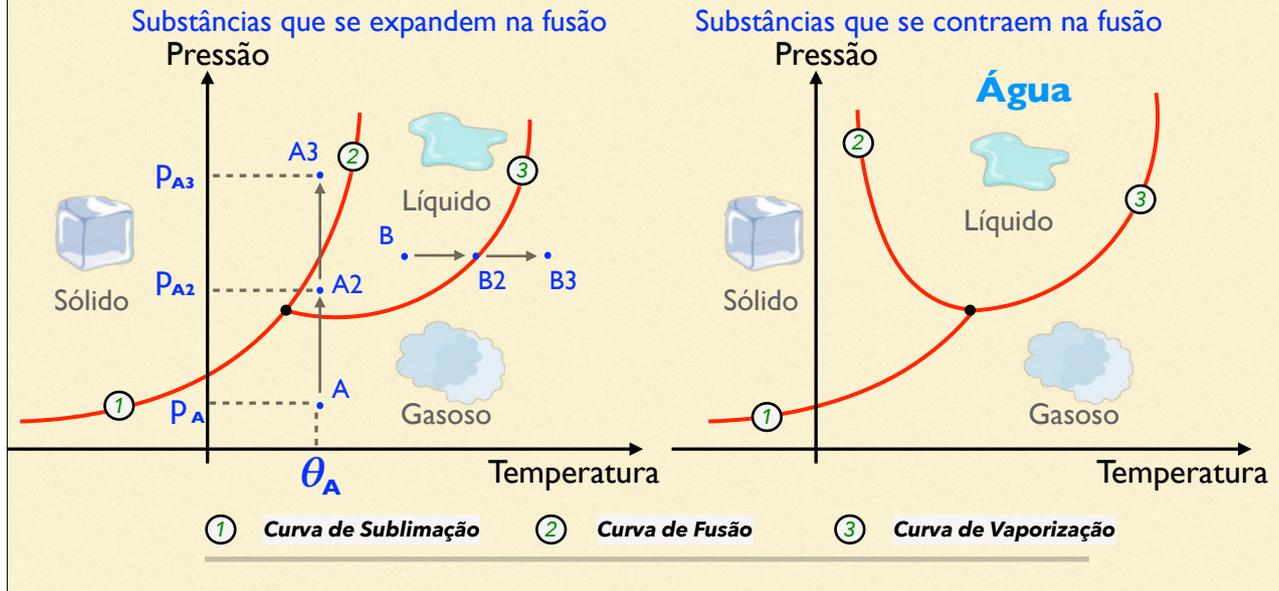


$$p = \frac{F_{normal}}{Área}$$

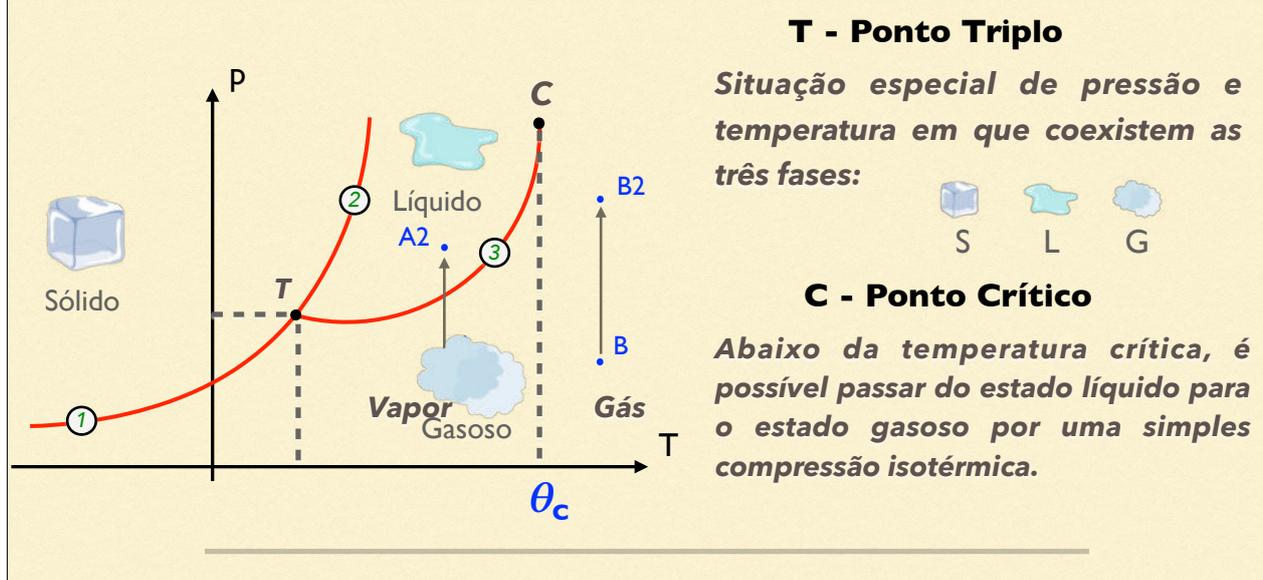
Unidade [p]: Pa (Lê-se: pascal) = N/m²

Outras unidades usuais: atm, cmHg, mmHg, Torr

Diagrama de Fases (Substâncias puras)



Pontos Importantes do Gráfico de Fases



Transição : Líquido ↔ Gasoso

Do Líquido para o Gasoso chama-se genericamente: **Vaporização**

Evaporação

Se processa de modo suave e lento e ocorre a qualquer temperatura.

e.g.



Roupas estendidas no varal.



Poça de água secando.

Ebulição (fervura ou Vap. Típica)

Se processa de modo violento, a temperatura e pressão bem definidas.

e.g.



Água fervendo.

Essas bolhas são a substância H_2O no estado gasoso.

Transição : Líquido ↔ Gasoso

Evaporação - Se processa de modo suave e lento e ocorre a qualquer temperatura.

e.g.



Roupas estendidas no varal.



Poça de água secando.

Fatores que influenciam a velocidade de evaporação

Natureza do líquido.

Área da superfície livre.

Pressão externa.

Temperatura

Concentração de vapor no ambiente

Transição : Líquido ⇌ Gasoso

Ebulição

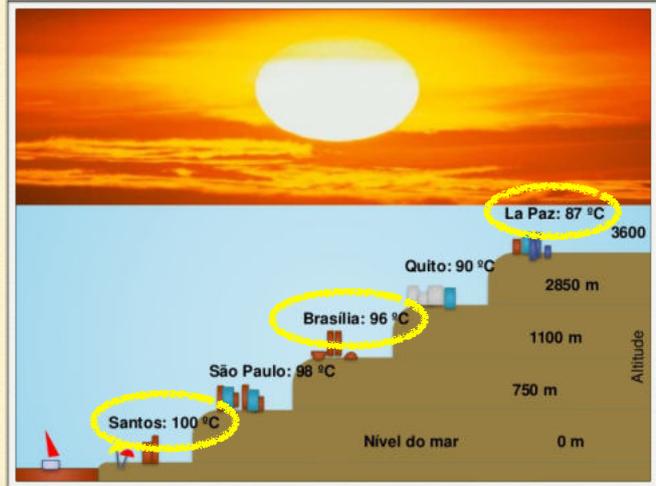
Se processa de modo violento, a temperatura e pressão bem definidas.

e.g.



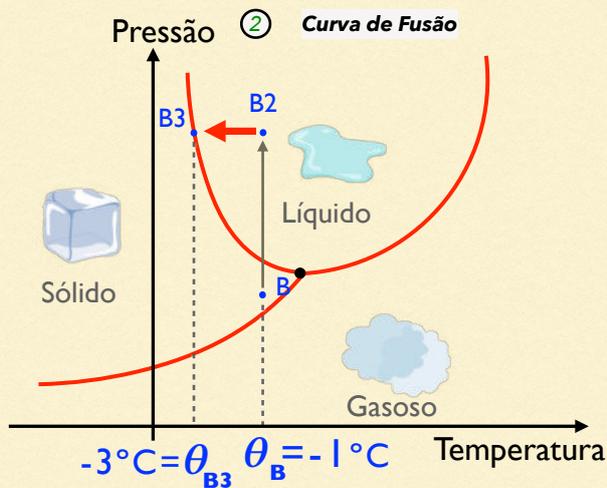
Água fervendo.

Essas bolhas são a substância H_2O no estado gasoso.

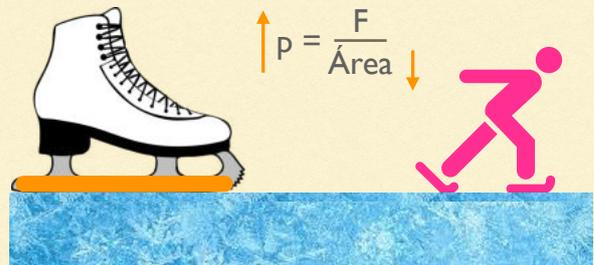


Transição : Sólido ⇌ Líquido

Diagrama de Fases da Água



Patinação no Gelo



Objetivos da Aula

- ✓ Compreender o conceito de pressão.
- ✓ Entender que existe uma relação entre estado físico, pressão e Temperatura.
- ✓ Saber interpretar o gráfico de diagrama de fases.

11

DIAGRAMA DE FASES

Jordão – Física

Fim

DIAGRAMA DE FASES

AULA - 07 B

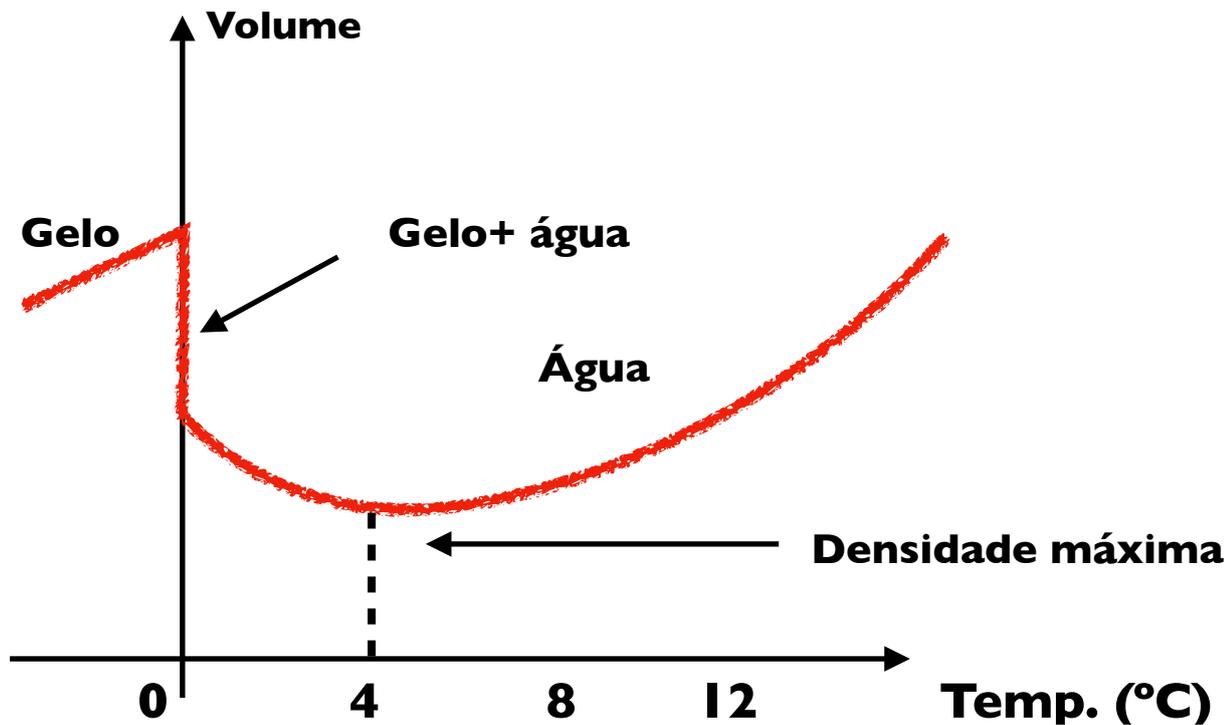
JORDÃO - FÍSICA II

Dilatação Anômala da Água

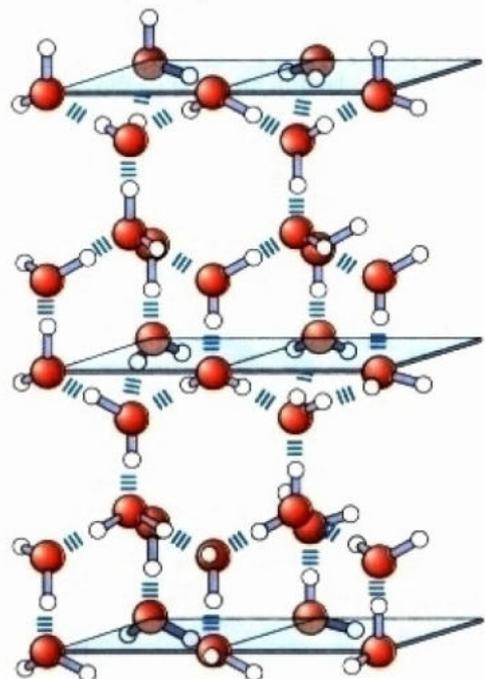
Pressão Máxima de Vapor

Dilatação Anômala da Água

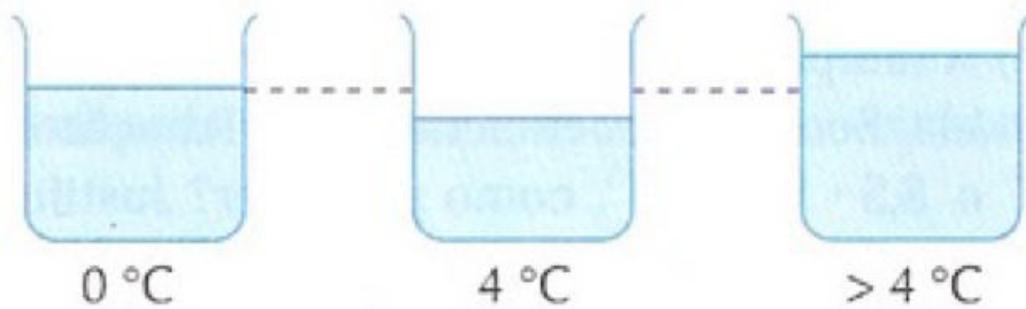
A maioria das substâncias sofre expansão quando aquecidas, e retração quando resfriadas, porém água é uma substância que se contrai ao sofrer fusão, apresentando um comportamento distintos da maioria das substâncias, ela apresenta um comportamento invertido entre 0 °C e 4 °C.



Como as moléculas de água apresentam uma polaridade, isto é, uma não homogeneidade de distribuição da carga elétrica (elétrons e prótons) no espaço, isso juntamente com a geometria da molécula, faz aparecer as chamadas ligações de Hidrogênio, que possuem valor significativo quando a água está no estado sólido (gelo). Essa nova geometria que as moléculas formam (estruturas hexagonais) terminam por gerar espaços vazios entre elas aumentando assim o seu volume e conseqüentemente diminuindo a densidade, motivo pelo qual o gelo boia na água.

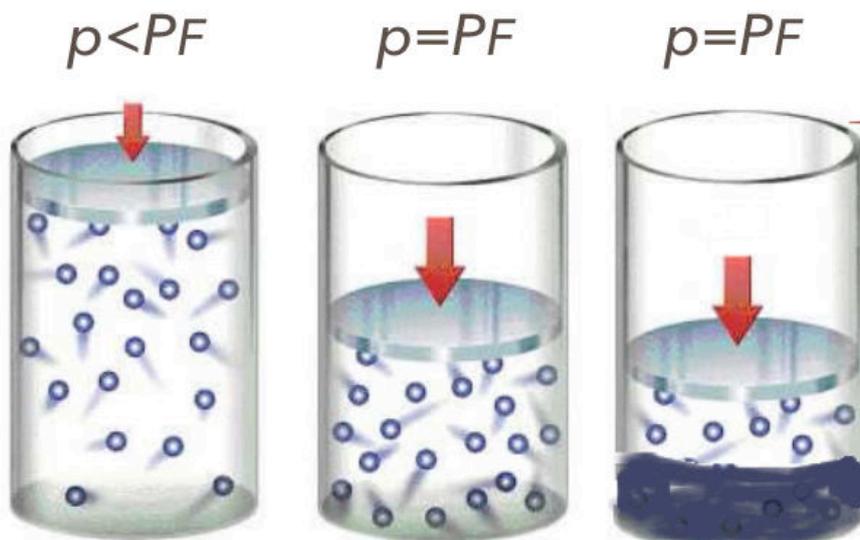


Quando a água passa para o estado líquido essas ligações se enfraquecem e o espaço entre as moléculas começa a ser defeito, sendo então ocupado por outras moléculas, resultando assim na diminuição de volume, que persiste até a temperatura atingir 4 °C, então a agitação molecular passa a ser dominante novamente resultando em um aumento de volume, voltando assim a água a se comportar como a maioria das substâncias.



Pressão Máxima de Vapor

Imaginemos que, no interior de um cilindro provido de êmbolo, seja colocado um fluido gasoso mantendo constante a temperatura, seu volume seja diminuído. Quando a temperatura está inferior a temperatura crítica e comprime-se isotermicamente a substância, a pressão aumenta até um valor máxima P_F , quando passa a ocorrer a transição entre o vapor e o líquido.



Toda vez que, num recipiente fechado, sob pressão e temperatura constantes, um líquido estiver na presença do seu vapor, este estará exercendo a pressão Máxima P_F para aquela temperatura. O vapor nessas condições é denominado *vapor saturante*. Se o recipiente for aberto, escapando parte do vapor, uma parte do líquido se vaporiza para que a pressão se mantenha constante no valor de P_F .

Caso o recipiente seja conservado aberto, o líquido se vaporiza por completo. Quando o líquido deixa de existir, temos no interior do recipiente apenas vapor, exercendo uma pressão inferior à pressão máxima. Nessa situação, o vapor é denominado *vapor seco*.



DILATOMETRIA (OU DILATAÇÃO)

AULA - 08 A

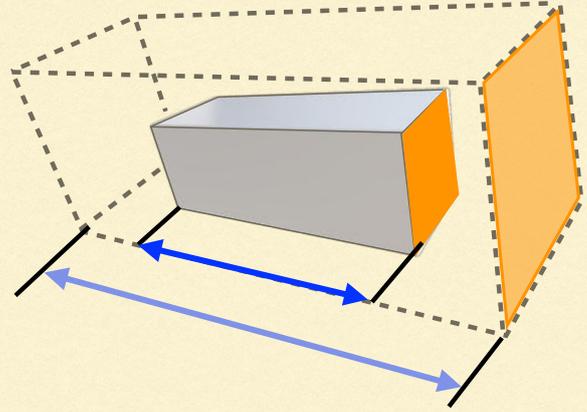
Jordão – Física

Objetivos da Aula

- Compreender o fenômeno da Dilatação.
- Saber aplicar as leis da Dilatação linear, superficial e volumétrica.
- Compreender o significado físico do Coef. de dilatação.
- Conhecer a relação entre os Coef. de dilatação.

Dilatação ou Dilatometria

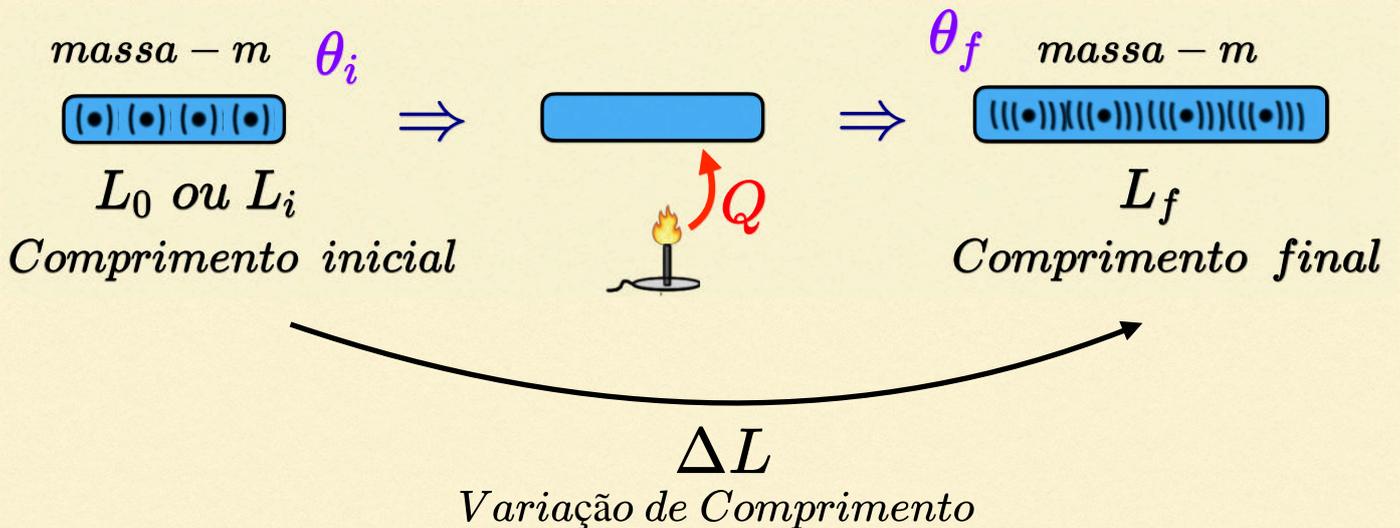
Quando a temperatura de um corpo varia, as distâncias atômico-moleculares variam, resultando em uma mudança em suas dimensões. O estudo da dilatação é experimental e para facilitar esse estudo costuma-se dividir a dilatação dos sólidos em três tipos, conforme o número de dimensões que são analisadas



3

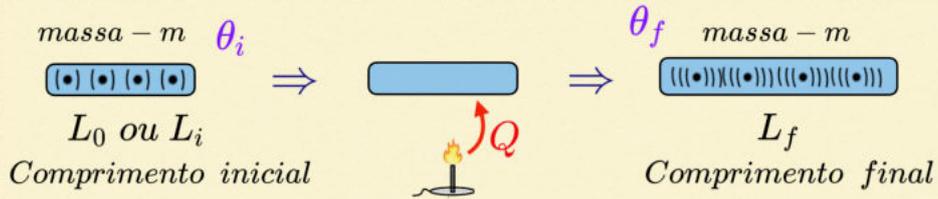
Dilatação Linear - I D

Dilatação que fica mais evidente em fios, barras, trilhos de trem etc.



4

Dilatação Linear - I D



Como o ΔL_i depende do L_i

L_i	$\Delta\theta$	ΔL
-------	----------------	------------

Como o ΔL_i depende do $\Delta\theta$

L_i	$\Delta\theta$	ΔL
-------	----------------	------------

Análise:

$$\Delta L \propto L_i \cdot \Delta\theta$$

$$\Delta L = \alpha \cdot L_i \cdot \Delta\theta$$

Característica do Material

α - Coef. de dilatação linear

$$\Delta L = L_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

5

Dilatação Linear - I D

$$\Delta L = L_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

α - Coef. de dilatação linear

Característica do Material

$$U[\alpha] = \frac{\Delta L}{L_i \Delta\theta} \therefore U[\alpha] = \frac{m}{m \cdot K} = \frac{1}{K} = K^{-1}$$

kelvin
recíproco

Unidade usual: $U[\alpha] = \frac{1}{^\circ C} = ^\circ C^{-1}$ (grau Celsius recíproco)

6

Alguns Cuidados!

Unidade usual: $U[\alpha] = \frac{1}{^\circ\text{C}} = ^\circ\text{C}^{-1}$
 $\frac{1}{^\circ\text{C}}$ É uma VARIACÃO de Temperatura.

e.g. 10°F 46°F
 L_i L_f

$$\Delta L = L_i \cdot n^\circ \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 36 \Delta\theta_F$$

Devemos converter a VARIACÃO da Temp. em Fahrenheit

$$\Delta\theta_F = 36^\circ\text{F}$$

$$\frac{\Delta\theta_C}{5} = \frac{\Delta\theta_F}{9} \quad \text{ou} \quad \frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

$$\frac{\Delta\theta_C}{5} = \frac{36}{9} \quad \therefore \Delta\theta_C = 20^\circ\text{C}$$

$$\Delta L = L_i \cdot n^\circ \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 20^\circ$$

7

Interpretação física do Coef. de dilatação linear

34°C $\Delta\theta = 2^\circ\text{C}$ 36°C

 $L_i = 5\text{ m}$?

$$\alpha = 0,1 \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

8

Interpretação física do Coef. de dilatação linear

34 °C

$\Delta\theta = 2\text{ °C}$

36 °C



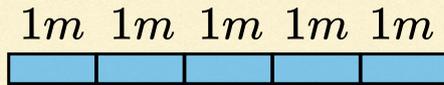
$L_i = 5\text{ m}$



1,2m 1,2m 1,2m 1,2m 1,2m

$L_f = 6\text{ m}$

$$\alpha = 0,1 \frac{1}{\text{°C}}$$

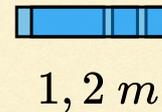


$\Delta L = 1\text{ m}$

$$\alpha = \frac{0,1\text{ m}}{\text{m} \cdot \text{°C}} \Delta l$$

$$\frac{1\text{ m}}{\Delta\theta = 2\text{ °C}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta l \\ \Delta l \end{array} \right\} \begin{array}{l} 0,1\text{ m} \\ 0,1\text{ m} \end{array}$$



1,2 m

9

Alguns valores de Coef. de dilatação

Coeficientes de dilatação linear

(Valores médios)

Material	Coeficiente α (°C ⁻¹)
Chumbo	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Zinco	$2,6 \cdot 10^{-5}$
Alumínio	$2,2 \cdot 10^{-5}$
Ferro	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Platina	$9,0 \cdot 10^{-6}$
Vidro comum	$8,0 \cdot 10^{-6}$
Porcelana	$3,0 \cdot 10^{-6}$
Vidro pirex	$3,0 \cdot 10^{-6}$

O valor é “pequeno”.

Material	Coeficiente α (°C ⁻¹)
Vidro comum	$8,0 \cdot 10^{-6}$

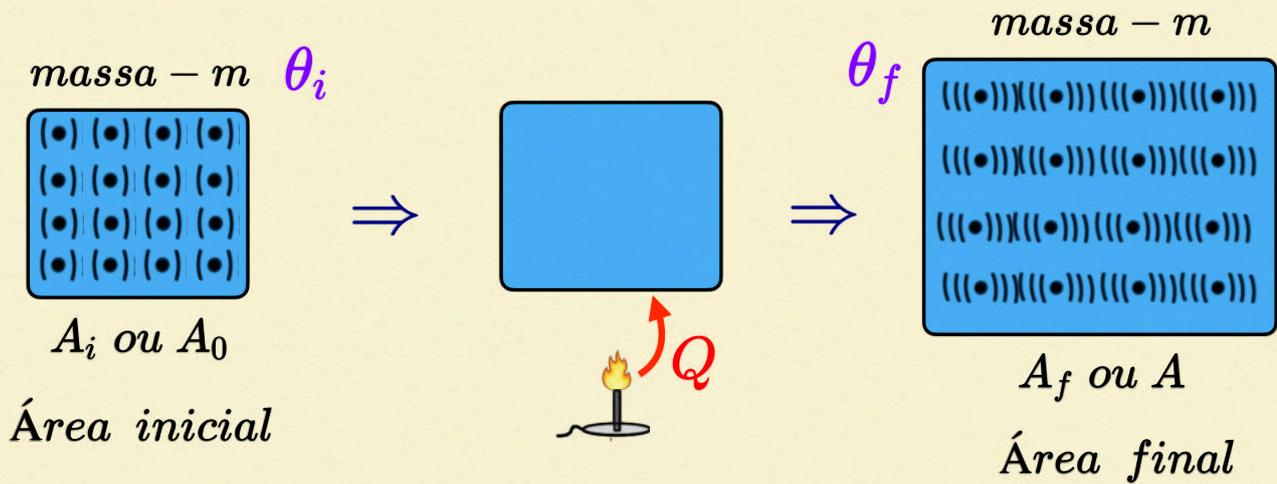
$$\alpha_{\text{vidro}} = \frac{0,000008\text{ m}}{\text{m} \cdot \text{°C}} \Delta l$$

Obs. : O termo α^2 é muito pequeno, sendo desprezível em muitos casos.

10

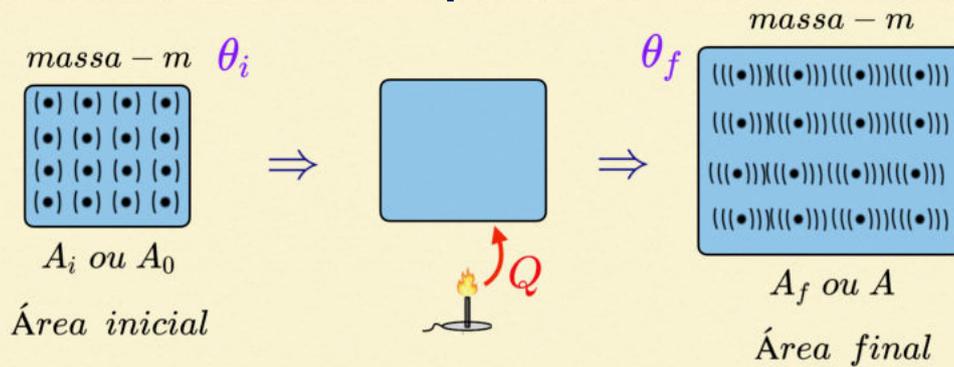
Dilatação Superficial - 2 D

Dilatação que fica mais evidente em azulejos, chapas etc.



11

Dilatação Superficial - 2 D



Análise:

$$\Delta A \propto A_i \cdot \Delta\theta$$

$$\Delta A = \beta \cdot A_i \cdot \Delta\theta$$

$$\Delta A = A_i \cdot \beta \cdot \Delta\theta$$

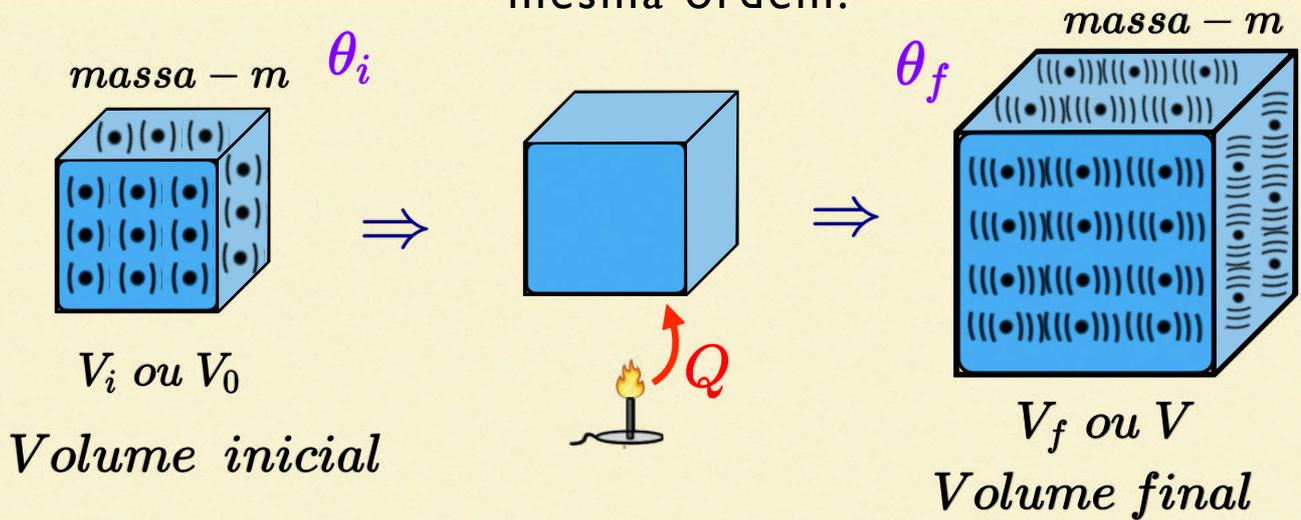
β – Coef. de dilatação superficial

Característica do Material

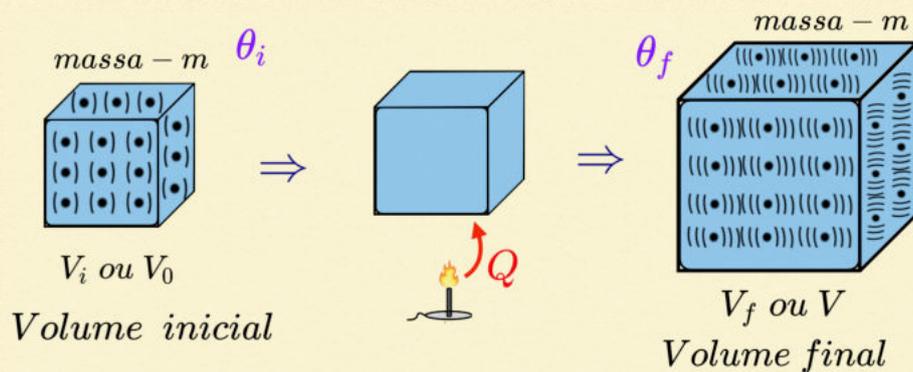
12

Dilatação Volumétrica do Sólido - 3 D

Fica mais evidente em sólidos com as 3 dimensão da mesma ordem.



Dilatação Volumétrica do Sólido - 3 D



Análise:

$$\Delta V \propto V_i \cdot \Delta \theta$$

$$\Delta V = \gamma \cdot V_i \cdot \Delta \theta$$

$$\Delta V = V_i \cdot \gamma \cdot \Delta \theta$$

γ – Coef. de dilatação volumétrica
Característica do Material

Relação entre os Coeficientes de dilatação.

Os coeficientes de dilatação de um mesmo material se relacionam de acordo com a relação

$$\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$$

e.g. $\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$
 $\beta = 2\alpha$

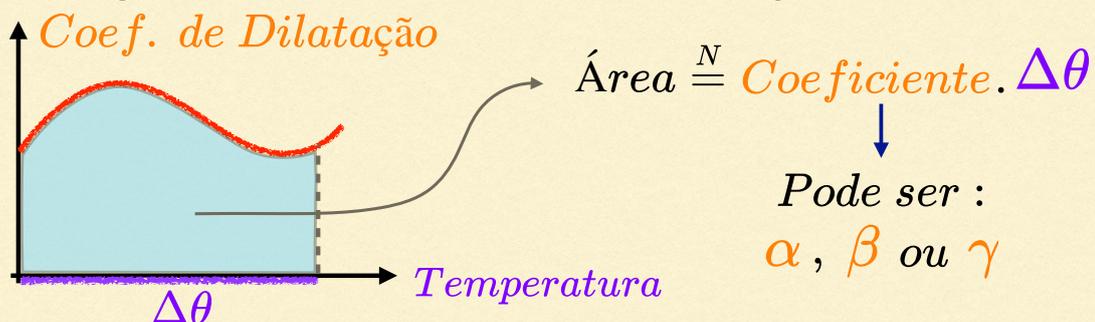
Obs. : Existem materiais com coef. dil. negativo.
Tais materiais se contraem quando a temperatura aumenta.

$\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$
 $\gamma = 3\alpha$

15

Variação do Coef. de dilatação.

No estudo da dilatação na maioria das vezes consideramos o **Coeficiente de dilatação** constante, mesmo que esse varie um pouco com a temperatura. Se formos levar em conta a variação do **Coef. de dilatação** devemos olhar o seu gráfico em função com a temperatura.



16

Objetivos da Aula

- Compreender o fenômeno da Dilatação.
- Saber aplicar as leis da Dilatação linear, superficial e volumétrica.
- Compreender o significado físico do Coef. de dilatação.
- Conhecer a relação entre os Coef. de dilatação.

17

DILATOMETRIA (OU DILATAÇÃO)

AULA - 08 A

Jordão – Física

18

DILATOMETRIA

(OU
DILATAÇÃO)

AULA - 08 B (ESCRITO)

JORDÃO - FÍSICA II

Juntas de Dilatação

Dilatação dos Corpos Ocos.

Lâmina Bimetálica.

Juntas de Dilatação.

As juntas de dilatação são espaços ou estruturas que servem para “proteção” do sistema, pois as estrutura (corpos) ao sofrerem uma variação de temperatura podem alterar suas dimensões a ponto de causarem algum estrado na estrutura a qual estão inseridos.

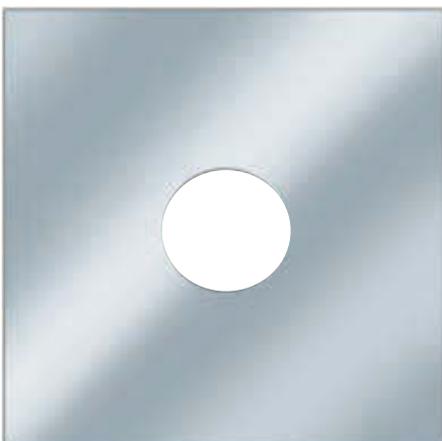


Imagem: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/juntas-de-dilatacao-ajudam-a-evitar-fadiga-estrutural-de-pontes-e-viadutos/14462>

Dilatação dos Corpos Ocos.

Os corpos ocos se dilatam como se fossem maciços e feitos do próprio material que constitui o corpo.

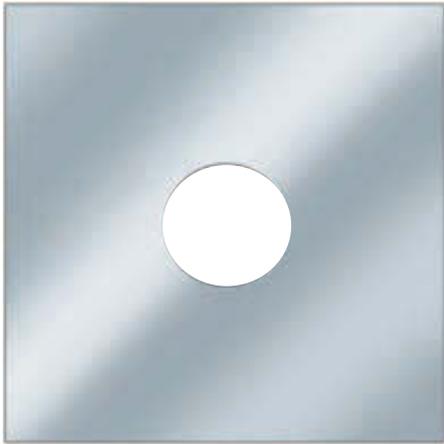
Furo em uma Chapa.



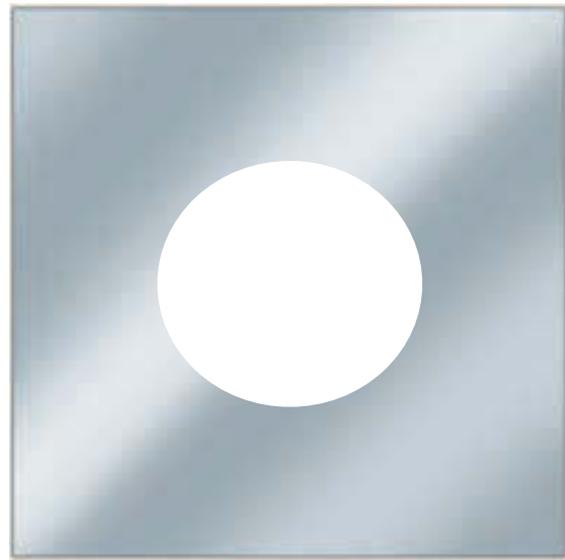
Quando aquecidos, o furo e o anel dilatam-se como se o seu interior (parte oca) fosse também formada do próprio material da chapa!

Por isso, eles tornam-se maiores.

Antes de aquecer.



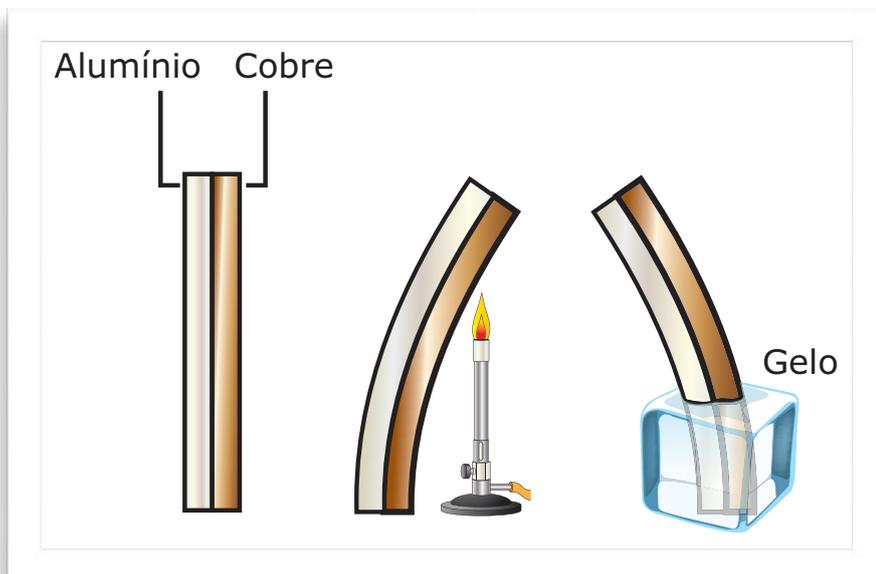
Depois de aquecer.



Para o resfriamento ocorre o inverso.

Lâmina Bimetálica.

As lâminas bimetálicas são construídas como próprio nome sugere de dois metais que possuem coeficiente de dilatação diferentes, por isso tendem a dilatar-se de maneira diferente. Como as lâminas são solidárias uma a outra para poderem dilatar de maneira diferente devem entortar para algum lado de acordo com a situação!



Você conseguiria uma explicação geométrica para esse fato?

DILATOMETRIA (OU DILATAÇÃO)

AULA - 09

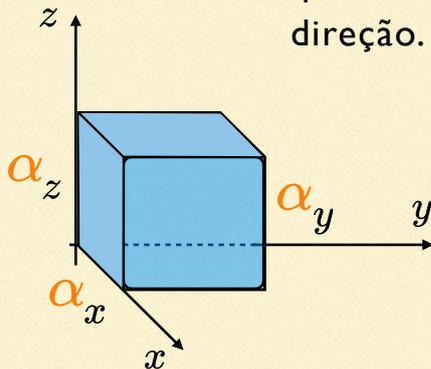
Jordão – Física

Objetivos da Aula

- Compreender o que são os sólidos anisótipos.
- Entender a variação da densidade com a temperatura.
- Relacionar alguns feitos mecânico com a dilatação.
- Saber como calcular a dilatação de um líquido.

Dilatação dos Sólidos Anisótropos (Anisotrópicos)

Anisotropia - é a característica que uma substância possui em que uma certa propriedade física varia com a direção.

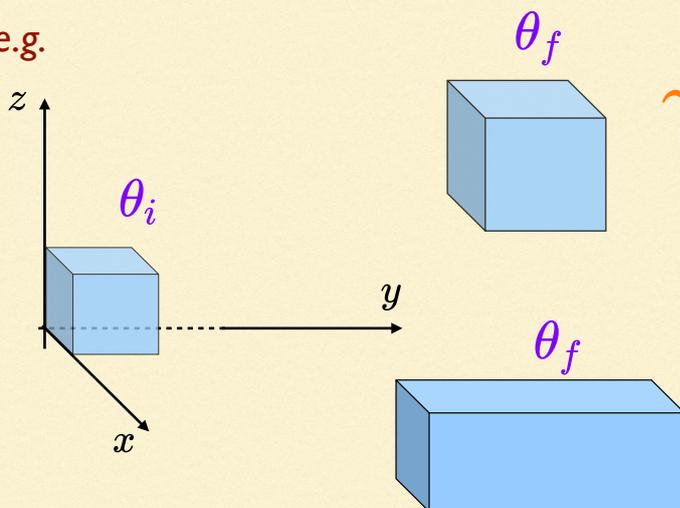


No caso da dilatação essa propriedade é o *coeficiente de dilatação*.

$$\gamma = \alpha_x + \alpha_y + \alpha_z$$

Dilatação dos Sólidos Anisótropos

e.g.



Isotrópicos

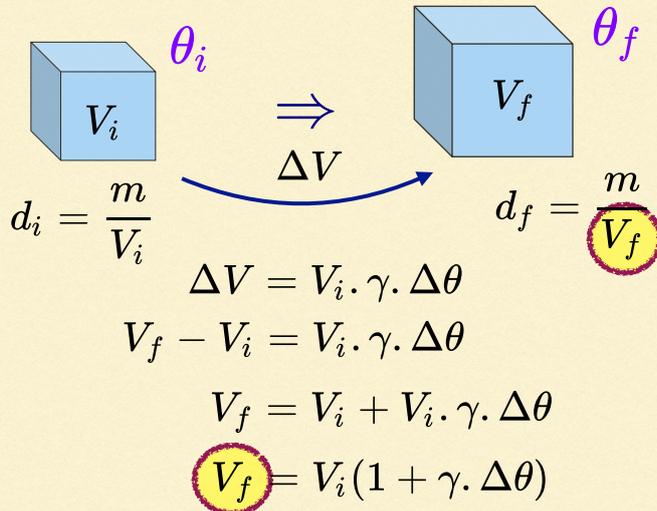
$$\gamma = \alpha_x + \alpha_x + \alpha_x$$

$$\gamma = 3\alpha_x$$

Anisotrópicos

$$\gamma = \alpha_x + \alpha_y + \alpha_z$$

Variação da Densidade com a Temperatura



Substituindo:

$$d_f = \frac{m}{V_i(1 + \gamma \cdot \Delta\theta)}$$

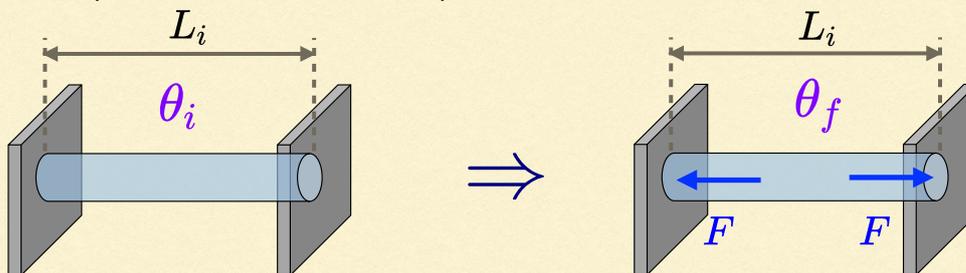
$$d_f = \frac{m}{V_i} \cdot \frac{1}{(1 + \gamma \cdot \Delta\theta)}$$

$$d_f = \frac{d_i}{(1 + \gamma \Delta\theta)}$$

5

Efeitos Mecânicos da Dilatação Térmica

O efeito da dilatação térmica é, dentro dos limites da lei de Hooke (deformação elástica), determinável.



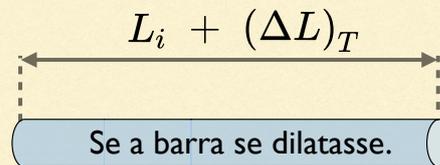
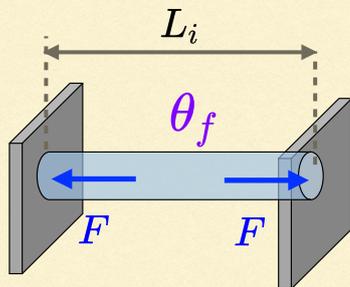
Paredes rígidas e indelocáveis.

Se a barra pudesse se dilatar, ela sofreria uma variação de comprimento.

$$(\Delta L)_T = L_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

6

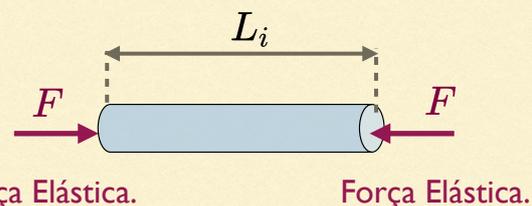
Efeitos Mecânicos da Dilatação Térmica



Mas a força elástica não deixa essa dilatação ocorrer e “causa” uma contração $(\Delta L)_E$

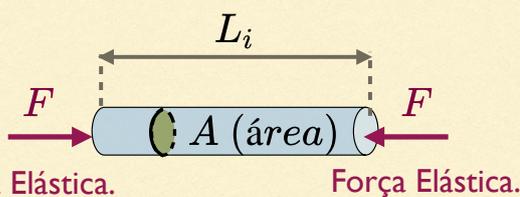
Se a barra pudesse se dilatar, ela sofreria uma variação de comprimento.

$$(\Delta L)_T = L_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$



7

Efeitos Mecânicos da Dilatação Térmica



Lei de Hooke para Sólidos.

$$F \propto |(\Delta L)_E|$$

Força Elástica.

Força Elástica.

Juntando a dilatação com a Lei de Hooke.

$$F = \frac{E \cdot A}{L_i} \cdot |(\Delta L)_E|$$

$$|(\Delta L)_T| = |(\Delta L)_E|$$

E – Módulo de Young
(elasticidade do material)

$$F = \frac{E \cdot A}{L_i} \cdot |(\Delta L)_E| \quad (\Delta L)_T = L_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

8

Efeitos Mecânicos da Dilatação Térmica

Juntando a dilatação com a Lei de Hooke.

$$F = \frac{E \cdot A}{L_i} \cdot |(\Delta L)_E| \quad (\Delta L)_T = L_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

$$F = \frac{E \cdot A}{L_i} \cdot L_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta \quad \therefore \quad F = E \cdot A \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

O fenômeno mecânico que se produz em consequência de alguma ação térmica é tal que, pelo seu efeito, opõe-se ao fenômeno térmico.

9

Dilatação Térmica dos Líquidos

Quando aquecidos (ou resfriados), os líquidos em geral se dilatam e a lei da dilatação é idêntica à que foi estabelecida para os sólidos.

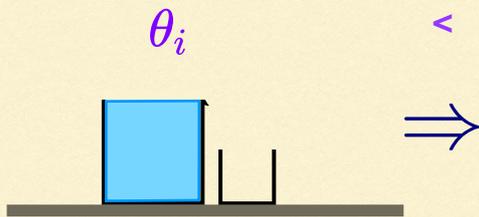
$$\Delta V = V_i \cdot \gamma \cdot \Delta\theta$$

De modo geral, os líquidos se dilatam mais que os sólidos.

Líquido	Coefficiente γ (°C ⁻¹)	Sólido	Coefficiente γ (°C ⁻¹)
Mercúrio	$1,8 \cdot 10^{-4}$	Chumbo	$8,1 \cdot 10^{-5}$
Petróleo	$9,0 \cdot 10^{-4}$	Zinco	$7,8 \cdot 10^{-5}$
Alcool Etílico	$1,1 \cdot 10^{-3}$	Alumínio	$6,6 \cdot 10^{-5}$
Gasolina	$1,2 \cdot 10^{-3}$	Ferro	$3,6 \cdot 10^{-5}$

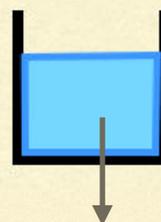
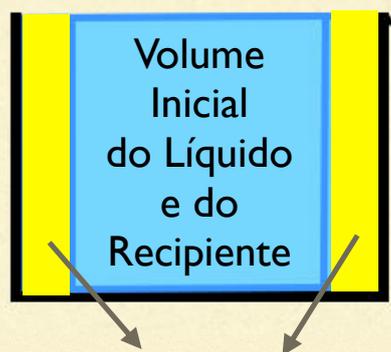
10

Dilatação Térmica dos Líquidos



11

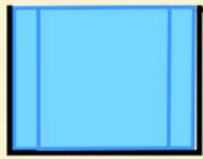
Dilatação Térmica dos Líquidos



$$\Delta V_{\text{líquido (real)}} = \Delta V_{\text{Recipiente}} + \Delta V_{\text{aparente}}$$

12

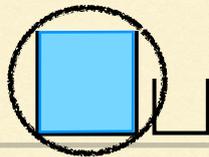
Dilatação Térmica dos Líquidos



$$\Delta V_{\text{líq}} = \Delta V_{\text{Rec}} + \Delta V_{\text{ap}}$$

$$V_i \cdot \gamma_{\text{líq}} \cdot \Delta\theta = V_i \cdot \gamma_{\text{Rec}} \cdot \Delta\theta + ?$$

Existe algum líquido aqui que tenha volume V_i e se dilate ΔV_{ap} ?



R : Não



13

Dilatação Térmica dos Líquidos

$$\Delta V_{\text{líq}} = \Delta V_{\text{Rec}} + \Delta V_{\text{ap}}$$

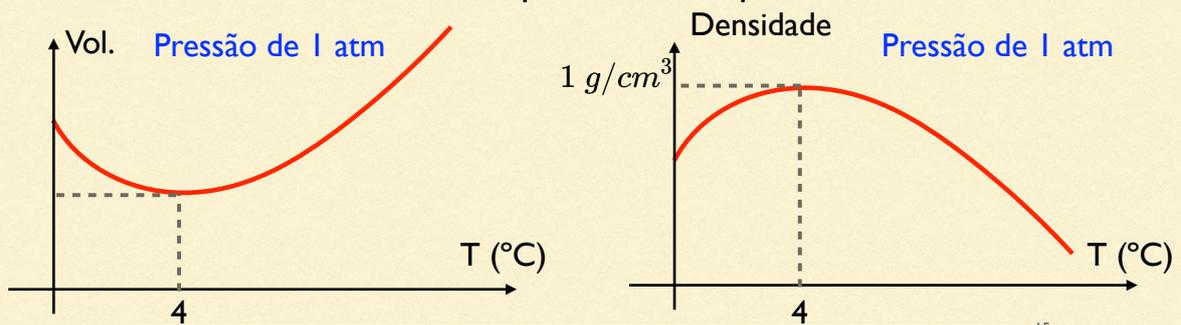
$$\cancel{V_i} \cdot \cancel{\gamma_{\text{líq}}} \cdot \cancel{\Delta\theta} = \cancel{V_i} \cdot \cancel{\gamma_{\text{Rec}}} \cdot \cancel{\Delta\theta} + \cancel{V_i} \cdot \cancel{\gamma_{\text{ap}}} \cdot \cancel{\Delta\theta}$$

$$\gamma_{\text{líq}} = \gamma_{\text{Rec}} + \gamma_{\text{ap}}$$

14

Comportamento Térmico da Água

De 0° a 4°C ocorre o rompimento (gradativo) de parte das ligações de hidrogênio (pontes de H), causando uma aproximação entre as moléculas. Esse efeito predomina sobre o afastamento intermolecular (devido a agitação), que se torna mais significativo acima de 4°C, ocasionando a expansão do líquido.



Objetivos da Aula

- Compreender o que são os sólidos anisótropos.
- Entender a variação da densidade com a temperatura.
- Relacionar alguns feitos mecânico com a dilatação.
- Saber como calcular a dilatação de um líquido.

DILATOMETRIA (OU DILATAÇÃO)

AULA - 09

Jordão – Física

AULA DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS GASES

AULA 10 A

JORDÃO - FÍSICA II

- O mol e Massa Molar
- Gases
- Equação de Clapeyron
- Lei Geral dos Gases Perfeitos

Comportamento Térmico dos Gases.

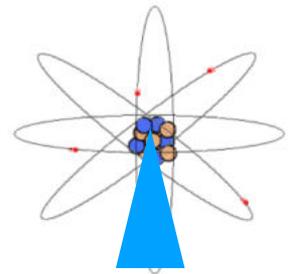
O comportamento térmico dos gases é uma matéria com diversas aplicações no cotidiano. Viu-se por experiências que, o mais importante no estudo dos gases é o **NUMERO DE MOLÉCULAS** e **NÃO** a massa do gás. Assim vamos relembrar alguns conceitos de química que serão usados no estudo dos gases.

O mol e a Massa Molar

Para comparar as massas dos diversos átomos e moléculas, foi adotado um padrão a partir do isótopo do Carbono 12 (C^{12}).

C^{12} - 6p⁺ e 6n (no núcleo) 1 unidade de massa atômica (1u) = $\frac{\text{Massa do } C^{12}}{12}$

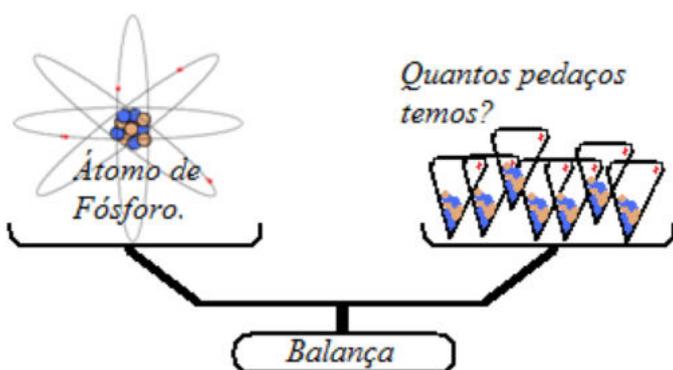
1 u \approx 1,66 x 10⁻²⁷ kg



- **Massa atômica**

Compara-se a massa de **um** átomo desse elemento com a unidade de massa atômica.

Exemplo: Massa atômico do Fósforo (P)



30 + 0,97 pedaços

Assim: **Massa atômica do fósforo**
P = 30,97 u

- **Massa molecular**

Massa da molécula com a unidade de massa atômica u.

Exemplo: Massa molecular da Amônia (NH₃)

1 átomo de N } Massa atômica do N - 14 u

Assim: 1 x 14u + 3 x 1u = 17u

Massa molecular da NH₃ = 17u

3 átomos de H Massa atômica do H - **1 u**

- **0 mol**

Para contagem do número de objetos microscópicos como átomos e moléculas, frequentemente usa-se o *mol*.

1 mol de objetos = 6,023 . 10²³ objetos

O número **6,023 . 10²³** é conhecido como **Número de Avogadro N_A**

O número é análogo a outras unidades básicas.

Exemplo:

1 dúzia = 12

1 dezena = 10

1 mol = 6,02 . 10²³

- **Massa Molar (M)**

Massa Molar de um elemento ou molécula é a massa de **1 mol** desse elemento ou molécula, expressa em **g / mol**.

Exemplo:

M do alumínio = ? Sabemos que Massa atômica do Al = **27 u**

Assim basta substituir **u** por **g/mol** . **M do Al = 27 g/mol**

M da Amônia = ? Sabemos que Massa molecular da NH₃ = **17 u**

Assim basta substituir **u** por **g/mol** . **M do NH₃ = 17 g/mol**

Com isso podemos agora relacionar a *massa de uma amostra (m)*, o *número de mol (n)* e a *Massa Molar (M)*

$$m = n \cdot M$$

Gases

Os gases são compostos por diversas moléculas, muitas vezes consideradas partículas. O estudo de cada uma delas é inviável e também dispendioso, por isso trabalhamos com dados estatísticos, através da média das grandezas.

- **Gás Ideal (ou Perfeito)**

É considerado um gás ideal (ou perfeito) aquele que possui moléculas que não interagem entre si e chocam-se elasticamente. (pequenas bolas de bilhar)

Obs.: Os gases reais rarefeitos (baixa densidade) a altas temperatura e baixas pressões se comportam como ideais.

- **Variáveis de Estado**

Um estado termodinâmico fica bem definido se conhecemos as variáveis de estado: *Volume (V)*, *Pressão (p)* e *Temperatura absoluta (T)*, que se relacionam através da equação de estado do fluido, isto é, se conhecermos duas dessas variáveis a outra ficará automaticamente determinada.

Equação de Clapeyron

O físico francês Paul Clapeyron estabeleceu a relação que relaciona as variáveis de estado p, V e T .

$$p V = n R T$$

$$R = \left\{ \begin{array}{l} \text{equação que} \\ 0,082 \text{ atm.L / mol.K} \\ 8,31 \text{ J / mol.K (No SI)} \\ 2,0 \text{ cal / mol.K} \end{array} \right.$$

R - Constante Universal dos Gases Perfeitos

Obs.: O valor da constante não é o mais importante e sim as suas unidades.

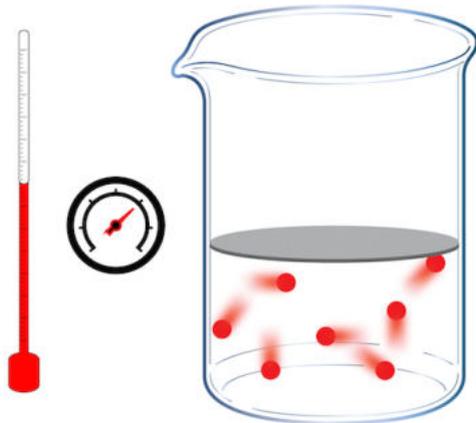
Obs.: Nas Condições Normais de Temp. e pressão (CNTP): $p = 1\text{atm}$ e $T = 273\text{K}$

Lei Geral dos Gases Perfeitos

Considerando uma transformação sofrida por um gás ideal desde um estado inicial **i** até um estado final **f**

Estado inicial

Variáveis: p_i, n_i, V_i, T_i

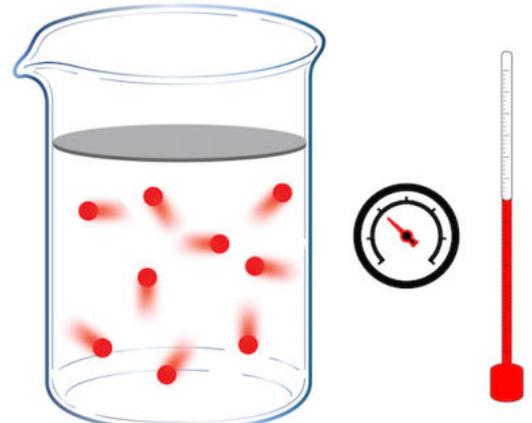


Eq. de Clapeyron para o estado inicial

$$p_i V_i = n_i R T_i$$

Estado final

Variáveis: p_f, n_f, V_f, T_f



Eq. de Clapeyron para o estado final

$$p_f V_f = n_f R T_f$$

Agora isolamos o **R** em ambas as equações

$$\frac{p_i V_i}{n_i T_i} = R \quad \longleftrightarrow \quad R = \frac{p_f V_f}{n_f T_f}$$

iguais

$$\frac{p_i V_i}{n_i T_i} = \frac{p_f V_f}{n_f T_f}$$

COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS GASES

AULA - 10B

Jordão – Física

Objetivos da Aula

- Compreender as transformações particulares.
- Saber interpretar os gráficos das transformações.

Transformações Gasosas Particulares

Vamos agora analisar 4 transformações gasosas particulares, em três delas, além da massa, uma das variáveis de estado se mantém constante. Dependendo da variável de estado que fica constante, a transformação recebe um nome especial. Veremos também a transformação adiabática.

Transformação
Isotérmica

Transformação
Isobárica

Transformação
Isocórica

Transformação
Adiabática

*Isovolumétrica
Isométrica*

Transformação Isotérmica

Transformação que a temperatura permanece constante podendo variar a pressão e o volume simultaneamente.

Obs.: Não temos variação de massa.

$$\frac{p_i V_i}{\cancel{nT}} = \frac{p_f V_f}{\cancel{nT}}$$

$$C_A = 120 \quad C_B = 360$$

x	y
2	60
3	40
6	20
20	6
40	3

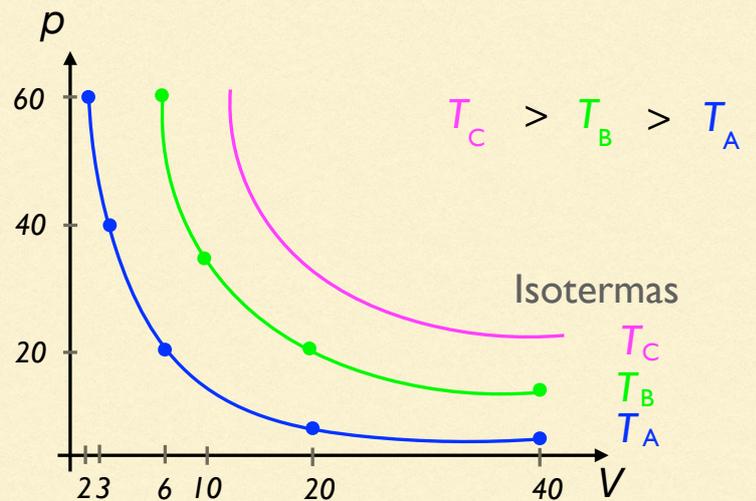
x	y
6	60
10	36
20	18
40	9

$$p \cdot V = \text{Constante}$$

$$p \cdot V = nRT$$

$$y \cdot x = C$$

$$C_C = 480$$



Transformação Isobárica

Transformação que a pressão permanece constante podendo variar a temperatura e o volume simultaneamente.

Obs.: Não temos variação de massa.

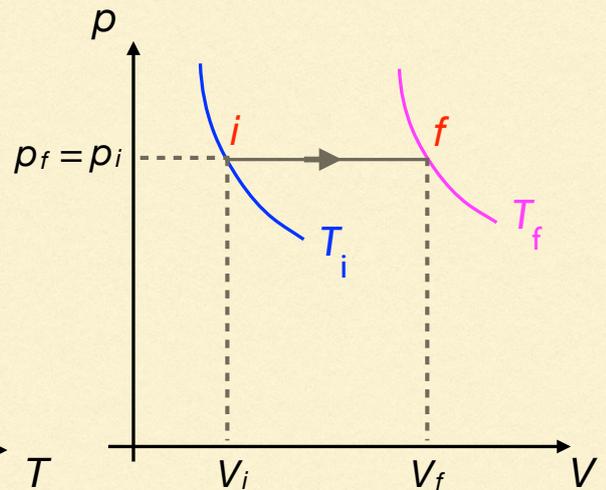
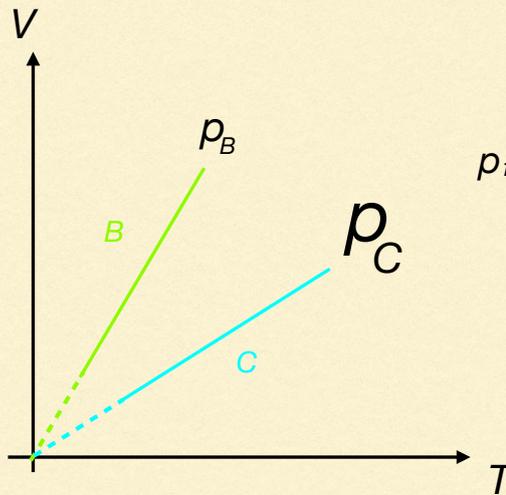
$$\frac{\cancel{p} V_i}{\cancel{n} T_i} = \frac{\cancel{p} V_f}{\cancel{n} T_i}$$

$$\frac{V}{T} = \text{Constante}$$

$$\frac{V}{T} = \frac{nR}{p} = a$$

$$\frac{V}{T} = a \quad \therefore \quad V = a T$$

$y = a x + b$



Transformação Isocórica

Transformação que o volume permanece constante podendo variar a temperatura e a pressão simultaneamente.

Obs.: Não temos variação de massa.

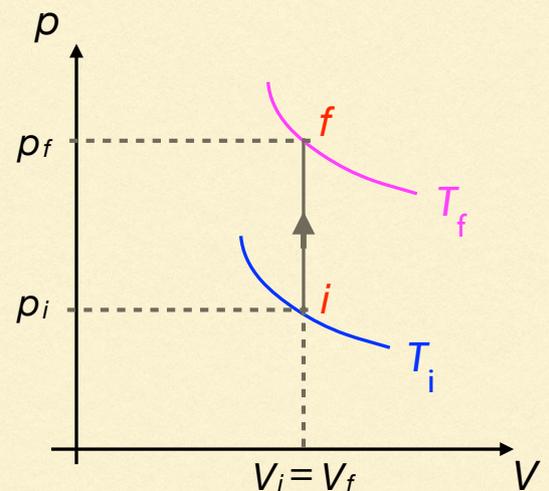
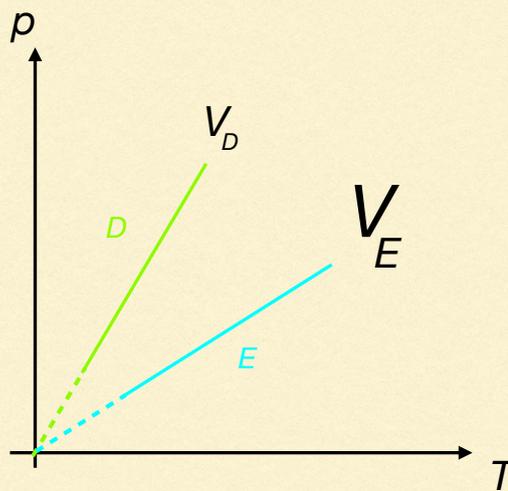
$$\frac{p_i V}{n T_i} = \frac{p_f V}{n T_i}$$

$$\frac{p}{T} = \text{Constante}$$

$$\frac{p}{T} = \frac{nR}{V} = a$$

$$\frac{p}{T} = a \quad \therefore p = a T$$

$$y = a x + b$$



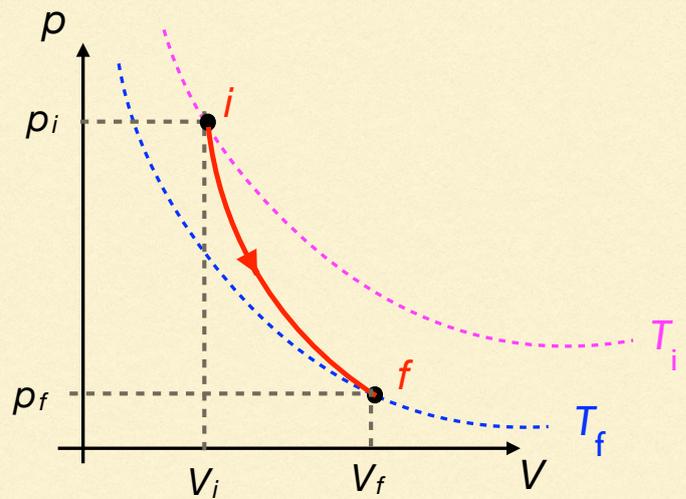
Transformação Adiabática

Na transformação adiabática **Não** ocorre Transferência de **Calor**, ou gás é isolado do meio ou a transformação ocorre muito rapidamente, não dando tempo para que ocorra a transferência de calor.

Obs.: Não temos variação de massa.

$$p_i \cdot V_i^\gamma = p_f \cdot V_f^\gamma$$

γ - Expoente de Poisson
(Coeficiente)



Objetivos da Aula

- Compreender as transformações particulares.
- Saber interpretar os gráficos das transformações.

COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS GASES

Jordão – Física

Fim

AULA DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS GASES

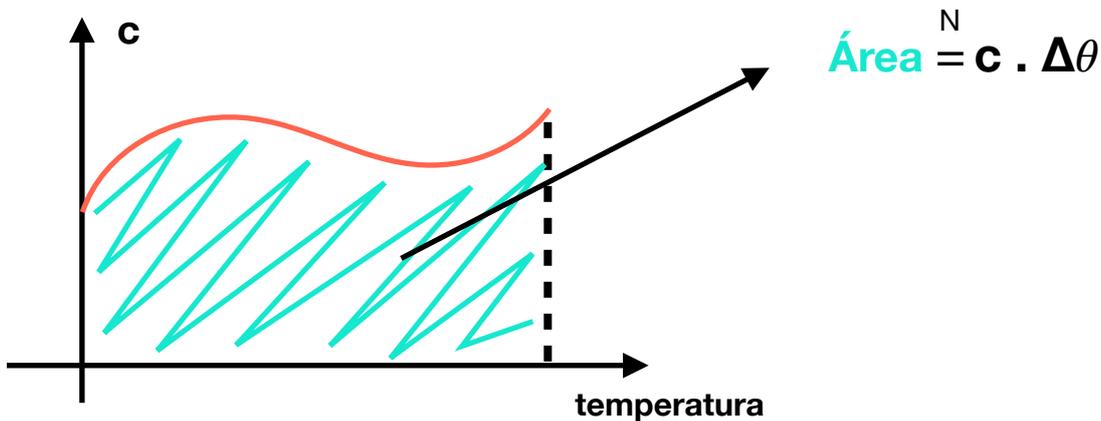
PARTE - 10C

JORDÃO - FÍSICA II

- Calores Específicos dos Gases
- Calor Específicos Principais
- Calores Molares e Relação de Mayer
- Transformação Adiabática

Calores Específicos dos Gases.

Em calorimetria estudamos o calor latente ($Q = m.L$), que provoca variação de estado de agregação e o calor sensível ($Q = m.c.\Delta\theta$), que produz variação de temperatura do sistema, No estudo dos gases estaremos interessado em como o calor provoca a variação da temperatura, então relacionaremos o calor sensível ao estudo dos gases. No estudo da calorimetria onde se aplicou a equação do fundamental da calorimetria, isto é, a equação do calor sensível, onde consideramos o **calor específico (c)** constante, mesmo que esse variasse um pouco com a temperatura, pois, essa variação nos sólidos e líquidos é muito pequenina. Se formos levar em conta a variação do calor específico devemos olhar o seu gráfico em função com a temperatura.



Nos gases porém c depende da variação de p e V . Assim para cada tipo de transformação há um c diferente.

Calores Específicos Principais

Como mencionado acima, o calor específico depende da transformação em questão, quando ocorre mudança de temperatura. Assim poderemos ter:

c_v -calor específico a Volume constante (transformação **Isocórica**)

c_p -calor específico a pressão constante (transformação **Isobárica**)

$$C_p > C_v$$

Relação entre c_p e c_v :

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

Expoente de Poisson

Tente pensar ou busque saber o por quê $c_p > c_v$?

Calores Molares e Relação de Mayer

Vimos que podemos relacionar a massa de uma amostra com seu número de mol através da relação: $m = n \cdot M$ (M - Massa Molar). Assim é possível substituir a massa na equação fundamental da calorimetria: $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$.

$$Q = n \cdot M \cdot c \cdot \Delta\theta \quad \Rightarrow$$

$$Q = n \cdot \underbrace{C^M}_{\text{Calor Molar}} \cdot \Delta\theta$$

$$\text{Calor Molar} = M \cdot c$$

Como o calor específico depende da transformação, o Calor Molar também dependerá.

$C_v = M \cdot c_v$ - Calor Molar a volume constante.

$C_p = M \cdot c_p$ - Calor Molar a pressão constante.

$$C_p > C_v$$

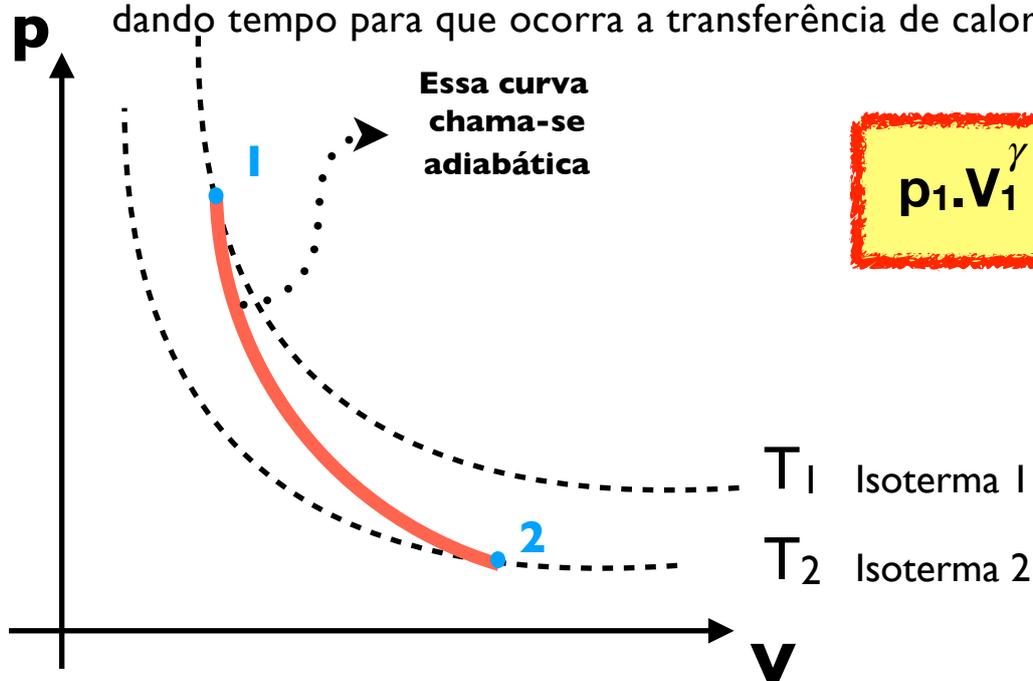
Relação de Mayer

$$C_p - C_v = R$$

R - C^{te} Universal dos gases perfeitos.

Transformação Adiabática

Na transformação adiabática **Não** ocorre Transferência de **Calor**, o gás é isolado do meio ou a transformação ocorre muito rapidamente, não dando tempo para que ocorra a transferência de calor.



Vemos pelo gráfico, que a adiabática (curva) cai mais rapidamente do que uma isoterma, pois o expoente de Poisson é maior do que 1.

I^a LEI DA TERMODINÂMICA

AULA - IIA

Jordão – Física

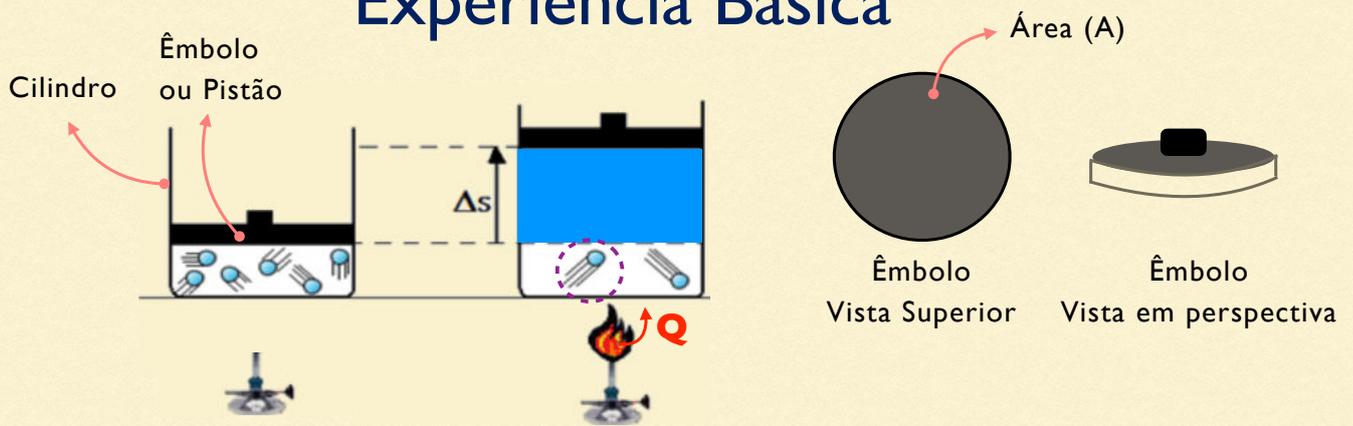
1

Objetivos da Aula

- Relacionar calor, trabalho e energia interna através da I^a lei da termodinâmica.
- Saber relacionar o trabalho com o gráfico $p \times V$.

2

Experiência Básica



Observe que:

Calor provocou **Expansão** e **Aquecimento**

Energia = **Energia** + **Energia**

Calor é a energia que se dá ou se retira do sistema.

- $Q > 0$ Ganha calor
- $Q < 0$ Perde calor
- $Q = 0$ Sistema é adiabático
(Não ganha nem perde calor)

Trabalho $W = \underline{F} \cdot \Delta S \frac{A}{A} \quad W = p \cdot \Delta V$

- $W > 0$; $\Delta V > 0 \therefore V_f > V_i \rightarrow$ Expansão
- $W < 0$; $\Delta V < 0 \therefore V_f < V_i \rightarrow$ Contração
- $W = 0$; $\Delta V = 0 \therefore V$ é C^{te} **Transf. Isocórica**

- Trabalho realizado pelo gás será Positivo
- Trabalho realizado sobre o gás será Negativo

Energia Interna (U) - é a Ec de agitação das moléculas do gás

$$U \propto T \therefore \Delta U \propto \Delta T$$

Obs.: Para um gás Monoatômico

$$\Delta U > 0 ; \Delta T > 0 \therefore T_f > T_i \rightarrow \text{Aquecimento}$$

$$\Delta U < 0 ; \Delta T < 0 \therefore T_f < T_i \rightarrow \text{Resfriamento}$$

$$\Delta U = 0 ; \Delta T = 0 \therefore T_f = T_i \therefore T \text{ é C}^{\text{te}} \text{ Transf. Isotérmica}$$

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

1ª Lei da Termodinâmica

Calor provocou **Expansão** e **Aquecimento**

Energia = **Energia** + **Energia**

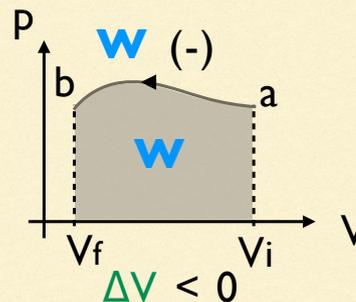
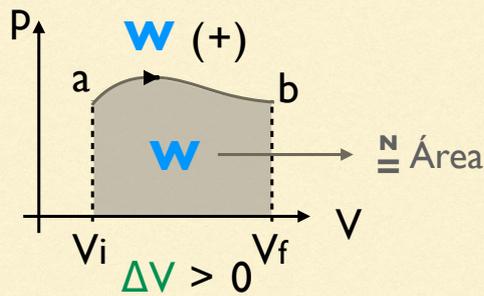
$$Q = W + \Delta U$$

A 1ª lei da Termodinâmica expressa a conservação da energia em sistemas térmicos.

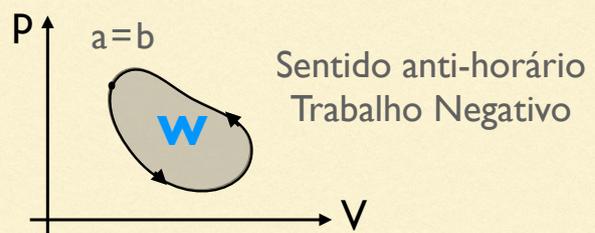
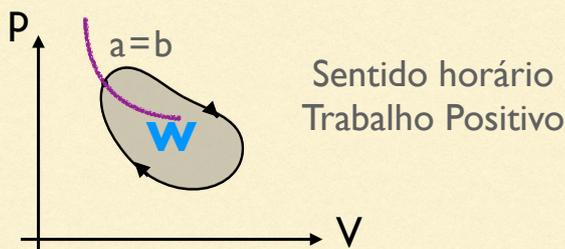
$$\Delta U = Q - W$$

$$W = Q - \Delta U$$

Gráficos



Em um **Ciclo**, $\Delta T = 0$ então $\Delta U = 0$; Teremos que: $Q = W$



Objetivos da Aula

- Relacionar calor, trabalho e energia interna através da 1ª lei da termodinâmica.
- Saber relacionar o trabalho com o gráfico $p \times V$.

7

1ª LEI DA TERMODINÂMICA

Jordão – Física

Fim

AULA DE I^a LEI DA TERMODINÂMICA

AULA IIB

JORDÃO - FÍSICA II

- Grandezas Macroscópicas e Microscópicas
- Lei de Joule dos Gases Perfeitos

Grandezas macroscópicas e Microscópicas.

Poderíamos tentar aplicar as leis da mecânica a cada molécula do gás, porém isto não nos ajudaria muito, visto que temos muitas moléculas e não saberíamos o que fazer com os dados que mudam a cada segundo. Assim, foi criada uma teoria chamada *mecânica estatística* para trabalhar com sistemas formados por um número muito grande de partículas. Em vez de acompanhar o movimento de cada partícula, essa teoria usa métodos estatísticos, procurando calcular os valores médios das grandezas.

A Pressão (média) nas paredes do recipiente que contém um gás ideal é dada por:

$$p = \frac{1}{3} \cdot \frac{Nm'}{V} \cdot \overline{v^2}$$

N - número total de moléculas.
m' - massa de uma molécula.
 $\overline{v^2}$ - velocidade média quadrática.

Agora se igualarmos o produto p.V nessa expressão ao produto p.V na Eq. de Clapeyron ($pV=nRT$) e multiplicar os dois lado por meio, teremos:

$$\frac{Nm'}{2} \cdot \overline{v^2} = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T \quad \therefore \quad E_c = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T$$

Repare que $N \cdot m'$ é a massa total do gás. Como a E_c no gás monoatômico é a Energia Interna (U), então provamos a expressão:

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

Sendo e_c a E_c média de cada partícula temos:

$$e_c = \frac{E_c}{N} = \frac{3}{2} \frac{nR}{N} T = \frac{3}{2} \frac{nR}{nN_A} T \quad \therefore \quad e_c = \frac{3}{2} k \cdot T$$

Onde $k = R/N_A$ é a constante de Boltzmann ($k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K)

No gás ideal (monoatômico) a Energia Interna é a soma das E_c de translação das suas moléculas, a E_c de rotação é desprezível. Para gases diatômicos, formado por dois átomos e Poliatômicos, formados mais de dois átomos, passam a ser significativas outras formas de Energia (rotação, potencial, vibração) e teremos:

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

Lei de Joule dos Gases Perfeitos

A Lei de Joule para os gases perfeitos expressa o fato da Energia Interna ser uma Variável de Estado, isto é, só depender do estado em que o gás se encontra.

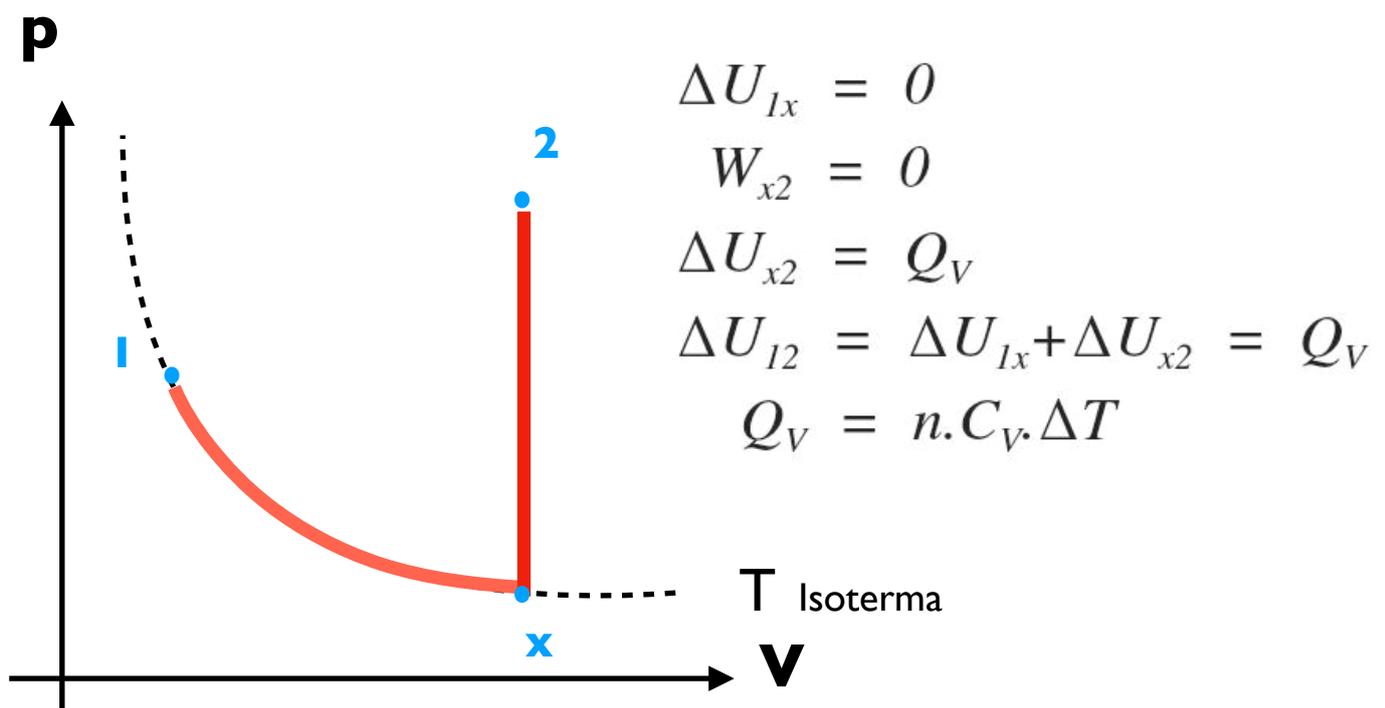
“A ΔU depende exclusivamente dos estados inicial e final. Não depende das particularidades das transformações.”

Obs.: W e Q depende das particularidades das Transformações.

Para qualquer caminho vale a relação:

$$\Delta U = n \cdot C_V \cdot \Delta T$$

Pois pode ser pensada como uma transformação isotérmica e uma isocórica.



Apêndice C

Listas de Exercícios Resolvidos

Exercícios Resolvidos – Aula 01 – 2ª série

Professor Jordão

DISCIPLINA: FÍSICA II

Questão 01

Analise as proposições e indique a **falsa**.

- a) O somatório de toda a energia de agitação das partículas de um corpo é a energia térmica desse corpo.
- b) Dois corpos atingem o equilíbrio térmico quando suas temperaturas se tornam iguais.
- c) A energia térmica de um corpo é função da sua temperatura.
- d) Somente podemos chamar de calor a energia térmica em trânsito; assim, não podemos afirmar que um corpo contém calor.
- e) A quantidade de calor que um corpo contém depende de sua temperatura e do número de partículas nele existentes.

Resolução:

Letra e)

Troca de Calor é o nome do processo pelo qual a energia é transferida de um sistema para outro, exclusivamente devido à diferença de temperatura existente entre eles.

Obs.: Por um abuso de linguagem é comum nos referirmos a essa energia pelo próprio nome do processo, isto é, calor.

Questão 02

Imagine dois corpos A e B com temperaturas T_A e T_B , sendo $T_A > T_B$. Quando colocamos esses corpos em contato térmico, podemos afirmar que ocorre o seguinte fato:

- a) Os corpos se repelem.
- b) O calor flui do corpo A para o corpo B por tempo indeterminado.
- c) O calor flui do corpo B para o corpo A por tempo indeterminado.
- d) O calor flui de A para B até que ambos atinjam a mesma temperatura.
- e) Não acontece nada.

Resolução:

Letra d)

A energia térmica flui espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura até que esses corpos atinjam o equilíbrio térmico, isto é, até que as temperaturas atinjam o mesmo valor.

Questão 03

No café-da-manhã, uma colher metálica é colocada no interior de uma caneca que contém leite bem quente. A respeito desse acontecimento, são feitas três afirmativas.

- I. Após atingirem o equilíbrio térmico, a colher e o leite estão a uma mesma temperatura.
- II. Após o equilíbrio térmico, a colher e o leite passam a conter quantidades iguais de energia térmica.
- III. Após o equilíbrio térmico, cessa o fluxo de calor que existia do leite (mais quente) para a colher (mais fria).

Podemos afirmar que:

- a) somente a afirmativa I é correta;
- b) somente a afirmativa II é correta;
- c) somente a afirmativa III é correta;
- d) as afirmativas I e III são corretas;
- e) as afirmativas II e III são corretas.

Resolução:

Letra d)

I) *Correta.*

No equilíbrio térmico, as temperaturas dos corpos são iguais.

II) *Incorreta.*

A quantidade de energia térmica de um corpo depende de sua temperatura e do número de partículas que possui. Assim, mesmo as temperaturas do leite e da colher sendo iguais, seu número de partículas pode não ser o mesmo.

III) *Correta.*

O que fazia o calor fluir de um corpo para outro era a diferença de temperaturas existente entre eles.

Questão 04

Analise as proposições e indique a **verdadeira**.

- a) Calor e energia térmica são a mesma coisa, podendo sempre ser usados tanto um termo como o outro, indiferentemente.
- b) Dois corpos estão em equilíbrio térmico quando possuem quantidades iguais de energia térmica.
- c) O calor sempre flui da região de menor temperatura para a de maior temperatura.

d) Calor é energia térmica em trânsito, fluindo espontaneamente da região de maior temperatura para a de menor temperatura.

e) Um corpo somente possui temperatura maior que a de um outro quando sua quantidade de energia térmica também é maior que a do outro.

Resolução:

Letra d)

Troca de Calor é o nome do processo pelo qual a energia é transferida de um sistema (corpo) para outro (corpo), exclusivamente devido à diferença de temperatura existente entre eles.

O sentido espontâneo é do local de maior temperatura para o local de menor temperatura.

Questão 05

(Unirio-RJ) Indique a proposição correta.

a) Todo calor é medido pela temperatura, isto é, calor e temperatura são a mesma grandeza.

b) Calor é uma forma de energia em trânsito e temperatura mede o grau de agitação das moléculas de um sistema.

c) O calor nunca é função da temperatura.

d) O calor só é função da temperatura quando o sistema sofre mudança em seu estado físico.

e) A temperatura é a grandeza cuja unidade fornece a quantidade de calor de um sistema.

Resolução:

Letra b)

Troca de Calor é o nome do processo pelo qual a energia é transferida de um sistema para outro, exclusivamente devido à diferença de temperatura existente entre eles.

Questão 06

(Enem) A sensação de frio que nós sentimos resulta:

a) do fato de nosso corpo precisar receber calor do meio exterior para não sentirmos frio.

b) da perda de calor do nosso corpo para a atmosfera que está a uma temperatura maior.

c) da perda de calor do nosso corpo para a atmosfera que está a uma temperatura menor.

d) do fato de a friagem que vem da atmosfera afetar o nosso corpo.

e) da transferência de calor da atmosfera para o nosso corpo.

Resolução:

Letra c)

Quanto mais rápido perdemos energia térmica, maior é a nossa sensação de frio. Essa rapidez é função da diferença de temperatura entre o nosso corpo e a atmosfera do meio onde nos encontramos.

Questão 07

Você sabe que o aprendizado da Física também se faz por meio da observação das situações que ocorrem no nosso dia-a-dia. Faça um experimento. Caminhe descalço sobre um tapete ou um piso cerâmico, como o do banheiro da sua casa, por exemplo. Você vai notar que o piso cerâmico parece mais frio do que o tapete, apesar de estarem à mesma temperatura. Essa diferença de sensação se deve ao fato de:

a) a capacidade térmica do piso cerâmico ser menor que a do tapete;

b) a temperatura do piso cerâmico ser menor que a do tapete;

c) a temperatura do tapete ser menor que a do piso cerâmico;

d) a condutividade térmica do piso cerâmico ser maior que a do tapete;

e) a condutividade térmica do piso cerâmico ser menor que a do tapete.

Resolução:

Letra d)

A sensação de frio é devida à perda de energia térmica através da pele da planta do nosso pé. O tapete é um mau condutor de calor e o piso cerâmico é condutor. Assim, a energia térmica flui mais rapidamente da nossa pele quando estamos em contato com o piso cerâmico.



“Que a força esteja com você.”

Exercícios Resolvidos – Aula 02 – 2ª série

Professor Jordão

DISCIPLINA: FÍSICA II

Questão 01

Um jornalista, em visita aos Estados Unidos, passou pelo deserto de Mojave, onde são realizados os pousos dos ônibus espaciais da Nasa. Ao parar em um posto de gasolina, à beira da estrada, ele observou um grande painel eletrônico que indicava a temperatura local na escala Fahrenheit. Ao fazer a conversão para a escala Celsius, ele encontrou o valor 45 °C. Que valor ele havia observado no painel?

Resolução:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

$$\frac{45}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

$$81 = \theta_F - 32$$

$$\theta_F = 113 \text{ }^\circ\text{F}$$

Questão 02

Uma agência de turismo estava desenvolvendo uma página na Internet que, além dos pontos turísticos mais importantes, continha também informações relativas ao clima da cidade de Belém (Pará). Na versão em inglês dessa página, a temperatura média de Belém (30 °C) deveria aparecer na escala Fahrenheit. Que valor o turista iria encontrar, para essa temperatura, na página em inglês?

Resolução:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

$$\frac{30}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

$$54 = \theta_F - 32$$

$$\theta_F = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

Questão 03

Um turista brasileiro, ao descer no aeroporto de Chicago (EUA), observou um termômetro marcando a temperatura local (68 °F). Fazendo algumas contas, ele verificou que essa temperatura era igual à de São Paulo, quando embarcara. Qual era a temperatura de São Paulo, em graus Celsius, no momento do embarque do turista?

Resolução:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{68 - 32}{9}$$

$$\theta_C = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Questão 04

Um jovem brasileiro fez uma conexão via Internet com um amigo inglês que mora em Londres. Durante a conversa, o inglês disse que em Londres a temperatura naquele momento era igual a 14 °F. Após alguns cálculos, o jovem brasileiro descobriu qual era, em graus Celsius, a temperatura em Londres. Que valor ele encontrou?

Resolução:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{\theta_C}{5} = \frac{14 - 32}{9}$$

$$\theta_C = -10 \text{ }^\circ\text{C}$$

Questão 05

Dois termômetros, um graduado na escala Celsius e outro, na escala Fahrenheit, são mergulhados em um mesmo líquido. A leitura em Fahrenheit supera em 100 unidades a leitura em Celsius. Qual era a temperatura desse líquido?

Resolução:

Do enunciado do problema, podemos escrever:

$$\theta_F = \theta_C + 100 \quad (I)$$

A relação entre as escalas citadas é dada por:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \quad (II)$$

Substituindo (I) em (II), vem:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{(\theta_C + 100) - 32}{9}$$

$$9\theta_C = 5\theta_C + 340$$

$$4\theta_C = 340$$

$$\theta_C = 85 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{ou} \quad \theta_F = 185 \text{ }^\circ\text{F}$$

Questão 06

Ao chegar ao aeroporto de Miami (EUA), um turista brasileiro observou em um painel eletrônico que a temperatura local medida na escala Fahrenheit ultrapassava o valor medido na escala Celsius em 48 unidades. Qual era a temperatura registrada no painel, em graus Celsius?

Resolução:

$$\begin{cases} \theta_F = \theta_C + 48 \\ \frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \end{cases}$$

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{(\theta_C + 48) - 32}{9}$$

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_C + 16}{9} \Rightarrow 9\theta_C = 5\theta_C + 80$$

$$\theta_C = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Questão 07

Num laboratório, dois termômetros, um graduado em Celsius e outro em Fahrenheit, são colocados no interior de um freezer. Após algum tempo, verificou-se que os valores lidos nos dois termômetros eram iguais. Qual a temperatura medida, em graus Celsius?

Resolução:

$$\begin{cases} \theta_c = \theta_f \\ \frac{\theta_c}{5} = \frac{\theta_f - 32}{9} \end{cases}$$

$$\frac{\theta_c}{5} = \frac{\theta_f - 32}{9}$$

$$9\theta_c = 5\theta_f - 160$$

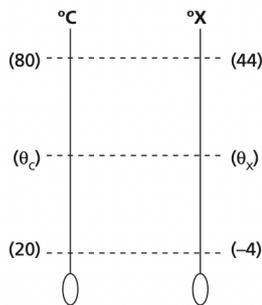
$$\theta_c = -40^\circ\text{C}$$

Questão 08

Um professor de Física inventou uma escala termométrica que chamou de escala X. Comparando-a com a escala Celsius, ele observou que -4°X correspondiam a 20°C e 44°X equivaliam a 80°C . Que valores essa escala X assinalaria para os pontos fixos fundamentais?

Resolução:

Relacionando as duas escalas, vem:



$$\frac{\theta_c - 20}{80 - 20} = \frac{\theta_x - (-4)}{44 - (-4)}$$

$$\frac{\theta_c - 20}{5} = \frac{\theta_x + 4}{4}$$

Fazendo $\theta_c = 0^\circ\text{C}$ (ponto do gelo), temos:

$$\frac{0 - 20}{5} = \frac{\theta_x + 4}{4}$$

$$\theta_x = -20^\circ\text{X}$$

Fazendo $\theta_c = 100^\circ\text{C}$ (ponto do vapor), temos:

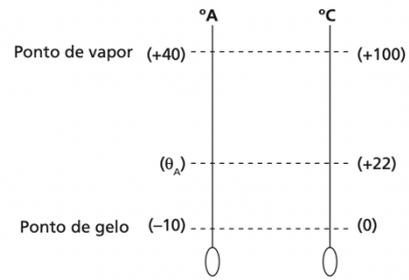
$$\frac{100 - 20}{5} = \frac{\theta_x + 4}{4} \Rightarrow \theta_x = 60^\circ\text{X}$$

Questão 09

Numa escala de temperaturas A, o ponto do gelo equivale a -10°A e o do vapor, a $+40^\circ\text{A}$. Se uma temperatura for indicada num termômetro em Celsius pelo valor 22°C , que valor será indicado por outro termômetro graduado na escala A?

Resolução:

Fazendo a relação entre as escalas, vem:



Assim:

$$\frac{\theta_A - (-10)}{40 - (-10)} = \frac{22 - 0}{100 - 0}$$

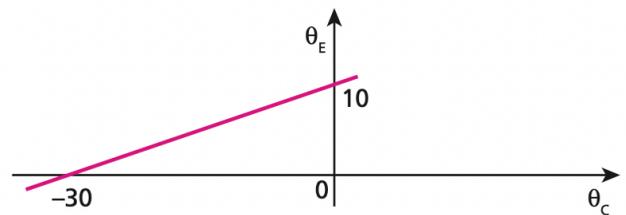
$$\frac{\theta_A + 10}{50} = \frac{22}{100}$$

$$\theta_A + 10 = 11$$

$$\theta_A = 1^\circ\text{A}$$

Questão 010

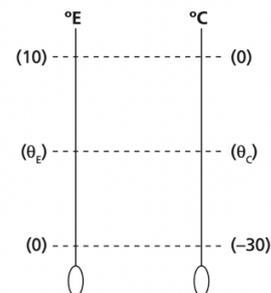
Numa Um estudante construiu uma escala de temperatura E cuja relação com a escala Celsius é expressa no gráfico representado a seguir



Qual a temperatura cujas leituras coincidem numericamente nessas duas escalas?

Resolução:

Fazendo a relação entre as escalas E e Celsius, vem:



Assim:

$$\frac{\theta_E - 0}{10 - 0} = \frac{\theta_C - (-30)}{0 - (-30)}$$

$$\frac{\theta_E}{10} = \frac{\theta_C + 30}{30}$$

Fazendo $\theta_E = \theta_C$, temos:

$$\frac{\theta_C}{10} = \frac{\theta_C + 30}{30}$$

$$3\theta_C = \theta_C + 30$$

$$\theta_C = \theta_E = 15^\circ\text{C}$$

Exercícios Resolvidos – Aula 03 **– 2ª série**

Professor Jordão

DISCIPLINA: FÍSICA II

Questão 01

Em cada uma das situações descritas a seguir você deve reconhecer o processo de transmissão de calor envolvido: condução, convecção ou radiação.

I - As prateleiras de uma geladeira doméstica são grades vazadas para facilitar a ida da energia térmica até o congelador por (...).

II - O único processo de transmissão de calor que pode ocorrer no vácuo é a (...).

III - Numa garrafa térmica, é mantido vácuo entre as paredes duplas de vidro para evitar que o calor saia ou entre por (...).

Na ordem, os processos de transmissão de calor que você usou para preencher as lacunas são:

- a) condução, convecção e radiação;
- b) radiação, condução e convecção;
- c) condução, radiação e convecção;
- d) convecção, condução e radiação;
- e) convecção, radiação e condução.

Resolução:

I – Convecção - As grades vazadas facilitam a subida do ar quente até o congelador e a descida do ar frio até os alimentos que devem ser resfriados.

II – Radiação - Na radiação, a energia térmica se propaga em ondas eletromagnéticas, principalmente em forma de radiações infravermelhas.

III – Condução - Na condução, a energia térmica passa de uma partícula para outra do meio. Assim, é imprescindível que exista em meio material para que ela ocorra.

Questão 02

Usando o seus conhecimentos de transmissão de calor, analise as proposições e indique a que você acha correta.

- a) A condução térmica é a propagação do calor de uma região para outra com deslocamento do material aquecido.
- b) A convecção térmica é a propagação de calor que pode ocorrer em qualquer meio, inclusive no vácuo.
- c) A radiação térmica é a propagação de energia por meio de ondas eletromagnéticas e ocorre exclusivamente nos fluidos.
- d) A transmissão do calor, qualquer que seja o processo, sempre ocorre, naturalmente, de um ambiente de maior temperatura para outro de menor temperatura.
- e) As correntes ascendentes e descendentes na convecção térmica de um fluido são motivadas pela igualdade de suas densidades.

Resolução:

Letra d

O fluxo espontâneo da energia térmica se processa de um local de maior temperatura para outro de menor temperatura.

Questão 03

Um (UFRN) Matilde é uma estudante de Arquitetura que vai fazer o seu primeiro projeto: um prédio a ser construído em Natal (RN). Ela precisa prever a localização de um aparelho de ar-

condicionado para uma sala e, por ter estudado pouco Termodinâmica, está em dúvida se deve colocar o aparelho próximo do teto ou do piso. Ajude Matilde, dando-lhe uma sugestão sobre a escolha que ela deve fazer nesse caso. (Justifique a sua sugestão.)

Resolução:

Matilde deve colocar o aparelho de ar-condicionado na parede, próximo ao teto. O ar frio lançado pelo aparelho na sala deve descer e o ar quente, que está embaixo, subir.

Questão 04

O vidro espelhado e o vácuo existente entre as paredes de uma garrafa térmica ajudam a conservar a temperatura da substância colocada no seu interior.

Isso ocorre porque:

- (01) a radiação térmica não se propaga no vácuo.
- (02) o vidro é um bom isolante térmico.
- (04) as paredes espelhadas minimizam a perda de energia por condução.

(08) o vácuo entre as paredes evita que haja propagação de calor por condução e por convecção.

(16) a radiação térmica sofre reflexão total na interface da substância com o vidro espelhado.

(32) fechando bem a garrafa, não haverá trocas de calor com o meio externo através da convecção.

Dê como resposta o somatório dos números correspondentes às afirmativas corretas.

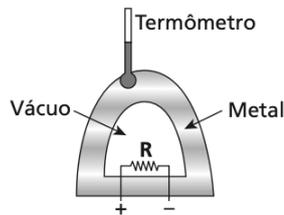
Resolução:

- (01) Incorreta.
- (02) Correta.
- (04) Incorreta – Superfícies espelhadas minimizam a perda de energia térmica por radiação. As paredes espelhadas refletem ondas eletromagnéticas.
- (08) Incorreta – O vácuo apenas impede a condução. Para que haja perdas de calor por convecção, é necessário que o sistema troque partículas com o meio externo.
- Aqui alguns autores como Caio Sérgio Calçada e José Luiz Sampaio, consideram como eu que o vácuo também impede a troca de calor por convecção e por tanto consideram essa resposta correta. Assim no vestibular, vale saber qual é a interpretação da banca examinadora responsável pelo concurso.
- (16) Correta.
- (32) Correta.

Resposta: 50 (ou 58)

Questão 05

(UFV-MG) Um resistor R é colocado dentro de um recipiente de parede metálica – no qual é feito vácuo – que possui um termômetro incrustado em sua parede externa. Para ligar o resistor a uma fonte ex-terna ao recipiente, foi utilizado um fio, com isolamento térmico, que impede a transferência de calor para as paredes do recipiente. Essa situação encontra-se ilustrada na figura abaixo.



Ligando o resistor, nota-se que a temperatura indicada pelo termômetro aumenta, mostrando que há transferência de calor entre o resistor e o termômetro. Pode-se afirmar que os processos responsáveis por essa transferência de calor, na ordem correta, são:

- primeiro convecção e depois radiação.
- primeiro convecção e depois condução.
- primeiro radiação e depois convecção.
- primeiro radiação e depois condução.
- primeiro condução e depois convecção.

Resolução:

Na região de vácuo, a energia térmica propaga-se por radiação. Através do metal (meio sólido), o calor propaga-se por condução.

Questão 06

Na cidade de São Paulo, em dias de muito frio é possível observar o fenômeno conhecido como inversão térmica, que provoca um aumento considerável nos índices de poluição do ar (tem-se a impressão de que os gases poluentes não conseguem subir para se dispersar). Nos dias quentes ocorre o oposto, os gases poluentes sobem e são dispersados pelas correntes de ar. Esse processo de movimentação de massas gasosas, a temperaturas diferentes, ocorre devido à:

- elevação da pressão atmosférica.
- convecção térmica.
- radiação térmica.
- condução térmica.
- criogenia

Resolução:

Nos dias quentes, o ar que se encontra próximo ao solo é mais quente que o ar de camadas superiores. Assim, ocorre a convecção térmica. Nos dias frios, o ar próximo ao solo pode estar a temperaturas menores do que o ar das camadas superiores. Assim, não ocorre convecção térmica, não dispersando os poluentes.

Questão 07

Analisando uma geladeira doméstica, podemos afirmar:

- O congelador fica na parte superior para favorecer a condução do calor que sai dos alimentos e vai até ele.
- As prateleiras são grades vazadas (e não chapas inteiriças), para permitir a livre convecção das massas de ar quentes e frias no interior da geladeira.
- A energia térmica que sai dos alimentos chega até o congelador, principalmente, por radiação.
- As paredes das geladeiras normalmente são intercaladas com material isolante, com o objetivo de evitar a entrada de calor por condução.

Quais são as afirmativas corretas?

- Apenas a afirmativa I.
- Apenas as afirmativas I, II e III.
- Apenas as afirmativas I e III.
- Apenas as afirmativas II e IV.
- Todas as afirmativas.

Resolução:

A atmosfera poluída faz o papel do vidro nas estufas. Ela é pouco transparente para os raios solares na faixa do infravermelho (ondas de calor).

Questão 08

(Enem) A refrigeração e o congelamento de alimentos são responsáveis por uma parte significativa do consumo de energia elétrica numa residência típica. Para diminuir as perdas térmicas de uma geladeira, podem ser tomados alguns cuidados operacionais:

- Distribuir os alimentos nas prateleiras deixando espaços vazios entre eles, para que ocorra a circulação do ar frio para baixo e do ar quente para cima.
- Manter as paredes do congelador com camada bem espessa de gelo, para que o aumento da massa de gelo aumente a troca de calor no congelador.
- Limpar o radiador (“grade” na parte de trás) periodicamente, para que a gordura e a poeira que nele se depositam não reduzam a transferência de calor para o ambiente.

Para uma geladeira tradicional, é correto indicar, apenas,

- a operação I.
- a operação II.
- as operações I e II.
- as operações I e III.
- as operações II e III.

Resolução:

Letra d

- Correta – O resfriamento dos alimentos ocorre principalmente devido à convecção do ar que circula no interior da geladeira. O ar quente (menos denso) sobe até o congelador, e o ar frio (mais denso) desce até os alimentos. Deixando espaços vazios, a convecção do ar é facilitada.
- Incorreta – O gelo que se forma na parede do congelador funciona como material isolante, dificultando as trocas de calor com o ar aquecido pelos alimentos.
- Correta – A energia térmica também retirada do interior da geladeira é irradiada para o interior da cozinha através da serpentina existente na parte traseira. A poeira e a gordura que, com o tempo, são depositadas na grade que fica atrás da geladeira formam uma película que dificulta essa irradiação. Assim, a limpeza periódica dessa grade levaria à economia de energia.

Questão 09

A comunidade científica há tempos anda preocupada com o aumento da temperatura média da atmosfera terrestre. Os cientistas atribuem esse fenômeno ao chamado efeito estufa, que consiste na “retenção” da energia térmica junto ao nosso

planeta, como ocorre nas estufas de vidro, que são usadas em locais onde em certas épocas do ano a temperatura atinge valores muito baixos. A explicação para esse acontecimento é que a atmosfera (com seus gases naturais mais os gases poluentes emitidos por automóveis, indústrias, queimadas, vulcões etc.) é pouco transparente aos raios solares na faixa:

- a) das ondas de rádio;
- b) das ondas ultravioleta;
- c) das ondas infravermelhas;
- d) das ondas correspondentes aos raios gama;
- e) das ondas correspondentes aos raios X.

Resolução:

A atmosfera poluída faz o papel do vidro nas estufas. Ela é pouco transparente para os raios solares na faixa do infravermelho (ondas de calor).

Questão 010

(Enem) A sensação de frio que nós sentimos resulta:

- a) do fato de nosso corpo precisar receber calor do meio exterior para não sentirmos frio.
- b) da perda de calor do nosso corpo para a atmosfera que está a uma temperatura maior.
- c) da perda de calor do nosso corpo para a atmosfera que está a uma temperatura menor.
- d) do fato de a friagem que vem da atmosfera afetar o nosso corpo.
- e) da transferência de calor da atmosfera para o nosso corpo.

Resolução:

Letra c

Quanto mais rápido perdemos energia térmica, maior é a nossa sensação de frio. Essa rapidez é função da diferença de temperatura entre o nosso corpo e a atmosfera do meio onde nos encontramos.

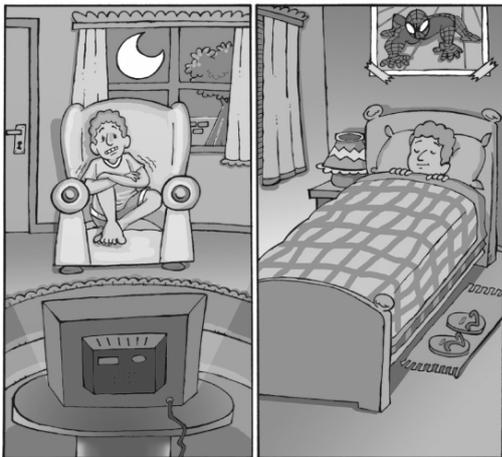
Exercícios Resolvidos – Aula 04 – 2ª série

Professor Jordão

DISCIPLINA: FÍSICA II

Questão 01

Numa noite muito fria, você ficou na sala assistindo à televisão. Após algum tempo, foi para a cama e deitou-se debaixo das cobertas (lençol, cobertor e edredom). Você nota que a cama está muito fria, apesar das cobertas, e só depois de algum tempo o local se torna aquecido.



Isso ocorre porque:

- o cobertor e o edredom impedem a entrada do frio que se encontra no meio externo;
- o cobertor e o edredom possuem alta condutividade térmica;
- o cobertor e o edredom possuem calor entre suas fibras, que, ao ser liberado, aquece a cama;
- o cobertor e o edredom não são aquecedores, são isolantes térmicos, que não deixam o calor liberado por seu corpo sair para o meio externo;
- sendo o corpo humano um bom absorvedor de frio, após algum tempo não há mais frio debaixo das cobertas.

Resolução:

Letra d

O cobertor e o edredom não são aquecedores, são isolantes térmicos que não deixam o calor liberado por nosso corpo sair para o meio externo, deixando-nos aquecidos.

Questão 02

(UFSC) Identifique a(s) proposição(ões) verdadeira(s):

- Um balde de isopor mantém o refrigerante gelado porque impede a saída do frio.
- A temperatura de uma escova de dentes é maior que a temperatura da água da pia; mergulhando-se a escova na água, ocorrerá uma transferência de calor da escova para a água.
- Se tivermos a sensação de frio ao tocar um objeto com a mão, isso significa que esse objeto está a uma temperatura inferior à nossa.
- Um copo de refrigerante gelado, pousado sobre uma mesa, num típico dia de verão, recebe calor do meio ambiente até ser

atingido o equilíbrio térmico.

(16) O agasalho, que usamos em dias frios para nos mantermos aquecidos, é um bom condutor de calor.

(32) Os esquimós, para se proteger do frio intenso, constroem abrigos de gelo porque o gelo é um isolante térmico.

Dê como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.

Resolução:

46

(01) Falsa – O isopor impede que o calor proveniente do meio ambiente atinja o refrigerante.

(02) Verdadeira – A transferência espontânea de calor se processa do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

(04) Verdadeira – A sensação de frio é determinada pela perda de energia térmica do nosso corpo para o objeto ou meio com o qual entra em contato.

(08) Verdadeira – A energia térmica do ambiente será recebida pelo refrigerante gelado, aquecendo-o até o equilíbrio térmico.

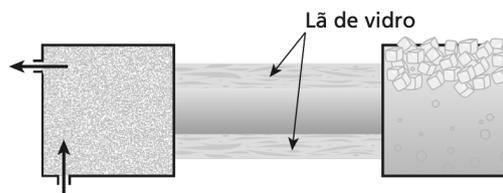
(16) Falsa – Os agasalhos são confeccionados com materiais que são péssimos condutores de calor; eles são, na verdade, bons isolantes térmicos.

(32) Verdadeira – O gelo é um bom isolante térmico, pois possui baixa condutividade térmica.

Questão 03

Uma barra de alumínio de 50 cm de comprimento e área de seção transversal de 5 cm² tem uma de suas extremidades em contato térmico com uma câmara de vapor de água em ebulição (100 °C). A outra extremidade está imersa em uma cuba que contém uma mistura bifásica de gelo fundente (0 °C):

A pressão atmosférica local é normal. Sabendo que o coeficiente de condutibilidade térmica do alumínio vale 0,5 cal/s cm °C, calcule:



a) a intensidade da corrente térmica através da barra, depois de estabelecido o regime permanente;

b) a temperatura numa seção transversal da barra, situada a 40 cm da extremidade mais quente.

Resolução:

- a) No regime permanente, a corrente térmica é calculada pela Lei de Fourier:

$$\phi = k \frac{A \Delta \theta}{\ell}$$

Do enunciado, temos que:

$$k = 0,5 \text{ cal/s cm } ^\circ\text{C}$$

$$A = 5 \text{ cm}^2$$

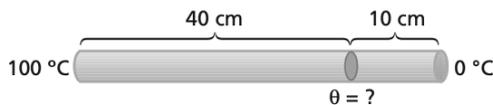
$$\Delta \theta = 100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 100^\circ\text{C}$$

$$\ell = 50 \text{ cm}$$

Substituindo esses valores na expressão anterior, vem:

$$\phi = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot 100}{50} \Rightarrow \phi = 5 \text{ cal/s}$$

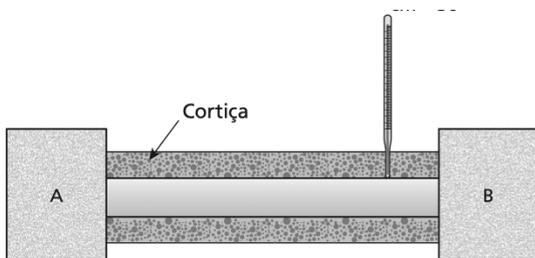
- b) Sabemos que, no regime permanente ou estacionário, a intensidade da corrente térmica através da barra é constante; assim, temos:



$$\phi = \frac{kA(100 - \theta)}{40} \Rightarrow 5 = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot (100 - \theta)}{40} \Rightarrow \theta = 20^\circ\text{C}$$

Questão 04

(Unama-AM) A figura a seguir apresenta uma barra de chumbo de comprimento 40 cm e área de seção transversal 10 cm² isolada com cortiça; um termômetro fixo na barra calibrado na escala Fahrenheit, e dois dispositivos A e B que proporcionam, nas extremidades da barra, as temperaturas correspondentes aos pontos do vapor e do gelo, sob pressão normal, respectivamente. Considerando a intensidade da corrente térmica constante ao longo da barra, determine a temperatura registrada no termômetro, sabendo que ele se encontra a 32 cm do dispositivo A. Dado: coeficiente de condutibilidade térmica do chumbo = $8,2 \cdot 10^{-2} \text{ cal.cm/cm}^2.\text{ }^\circ\text{C.s}$



Resolução:

O fluxo de calor através da barra é constante, assim os fluxos através das partes anterior e posterior ao termômetro são iguais:

$$\phi_1 = \phi_2 \Rightarrow \frac{k A \Delta \theta_1}{L_1} = \frac{k A \Delta \theta_2}{L_2} \Rightarrow \frac{(212 - \theta)}{32} = \frac{(\theta - 32)}{8}$$

$$4(\theta - 32) = (212 - \theta) \Rightarrow 4\theta - 128 = 212 - \theta \Rightarrow 5\theta = 340 \Rightarrow \theta = 68^\circ\text{F}$$

Questão 05

(Mack-SP) Para determinarmos o fluxo de calor por condução através de uma placa homogênea e de espessura constante, em regime estacionário, utilizamos a Lei de Fourier $\phi = k \frac{kA(\theta_1 - \theta_2)}{e}$. A constante de proporcionalidade que aparece nessa lei matemática depende da natureza do material e se denomina Coeficiente de Condutibilidade Térmica. Trabalhando com as unidades do SI, temos, para o alumínio, por exemplo, um coeficiente de condutibilidade térmica igual a $2,09 \cdot 10^2$. Se

desejarmos expressar essa constante, referente ao alumínio, com sua respectiva unidade de medida, teremos:

- $2,09 \cdot 10^2 \text{ cal/s}$
- $2,09 \cdot 10^2 \text{ cal/s cm } ^\circ\text{C}$
- $2,09 \cdot 10^2 \text{ J/s}$
- $2,09 \cdot 10^2 \text{ J/s m K}$
- $2,09 \cdot 10^2 \text{ J/K}$

Resolução:

Letra d

No SI, a unidade de fluxo de calor é dado por:

$$[\phi] = \frac{[Q]}{[\Delta t]} = \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Assim, na lei de Fourier, temos:

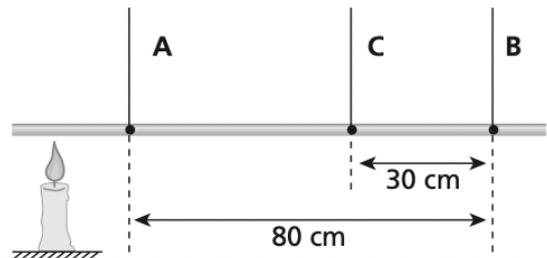
$$\frac{\text{J}}{\text{s}} = [k] \frac{\text{m}^2 \text{ K (ou } ^\circ\text{C)}}{\text{m}}$$

Portanto:

$$[k] = \frac{\text{J}}{\text{m s K}}$$

Questão 06

Uma barra metálica é aquecida conforme a figura; A, B e C são termômetros. Admita a condução de calor em regime estacionário e no sentido longitudinal da barra. Quando os termômetros das extremidades indicarem 200°C e 80°C , o intermediário indicará:



- 195°C .
- 175°C .
- 140°C .
- 125°C .
- 100°C .

Resolução:

Letra d

No regime estacionário, temos:

$$\phi_{AC} = \phi_{CB} \Rightarrow \frac{k A (\theta_A - \theta_C)}{80 - 30} = \frac{k A (\theta_C - \theta_B)}{30}$$

$$\frac{(200 - \theta_C)}{50} = \frac{(\theta_C - 80)}{30}$$

$$5\theta_C - 400 = 600 - 3\theta_C \Rightarrow 8\theta_C = 1000 \Rightarrow \theta_C = 125^\circ\text{C}$$

Questão 07

(UFBA) O vidro espelhado e o vácuo existente entre as paredes de uma garrafa térmica ajudam a conservar a temperatura da substância colocada no seu interior.

Isso ocorre porque:

- a radiação térmica não se propaga no vácuo.
- o vidro é um bom isolante térmico.
- o vidro é um bom condutor térmico.
- as paredes espelhadas minimizam a perda de energia por condução.

(08) o vácuo entre as paredes evita que haja propagação de calor por condução e por convecção.

(16) a radiação térmica sofre reflexão total na interface da substância com o vidro espelhado.

(32) fechando bem a garrafa, não haverá trocas de calor com o meio externo através da convecção.

Dê como resposta o somatório dos números correspondentes às afirmativas corretas.

Resolução:

50

(01) Incorreta.

(02) Correta.

(04) Incorreta – Superfícies espelhadas minimizam a perda de energia térmica por radiação. As paredes espelhadas refletem ondas eletromagnéticas.

(08) Incorreta – O vácuo apenas impede a condução. Para que haja perdas de calor por convecção, é necessário que o sistema troque partículas com o meio externo.

(16) Correta.

(32) Correta.

Questão 08

Na cidade de São Paulo, em dias de muito frio é possível observar o fenômeno conhecido como inversão térmica, que provoca um aumento considerável nos índices de poluição do ar (tem-se a impressão de que os gases poluentes não conseguem subir para se dispersar). Nos dias quentes ocorre o oposto, os gases poluentes sobem e são dispersados pelas correntes de ar. Esse processo de movimentação de massas gasosas, a temperaturas diferentes, ocorre devido à:

- a) elevação da pressão atmosférica.
- b) convecção térmica.
- c) radiação térmica.
- d) condução térmica.
- e) criogenia
- e) as operações II e III.

Resolução:

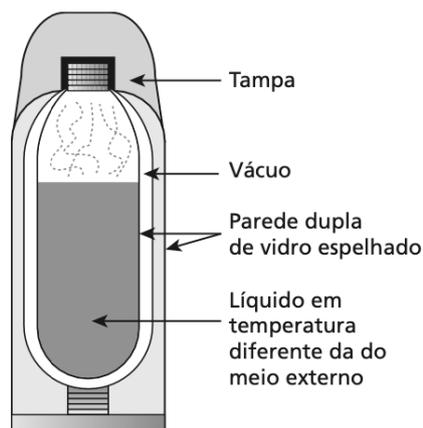
Letra b

Nos dias quentes, o ar que se encontra próximo ao solo é mais quente que o ar de camadas superiores. Assim, ocorre a convecção térmica. Nos dias frios, o ar próximo ao solo pode estar a temperaturas menores do que o ar das camadas superiores. Assim, não ocorre convecção térmica, não dispersando os poluentes.

Questão 09

Ao contrário do que se pensa, a garrafa térmica não foi criada originalmente para manter o café quente. Esse recipiente foi inventado pelo físico e químico inglês James Dewar (1842–1923) para conservar substâncias biológicas em bom estado, mantendo-as a temperaturas estáveis. Usando a observação do físico italiano Evangelista Torricelli (1608–1647), que descobriu ser o vácuo um bom isolante térmico, Dewar criou uma garrafa de paredes duplas de vidro que, ao ser lacrada, mantinha vácuo entre elas. Para retardar ainda mais a alteração de temperatura no interior da garrafa, ele espelhou as paredes, tanto nas faces externas como nas faces internas. Dewar nunca patenteou sua

invenção, que considerava um presente à Ciência. Coube ao alemão Reinhold Burger, um fabricante de vidros, diminuir o seu tamanho, lançando-a no mercado em 1903.



A respeito do texto acima, indique a alternativa correta.

- a) Na garrafa térmica, o vácuo existente entre as paredes duplas de vidro tem a finalidade de evitar trocas de calor por convecção.
- b) As paredes espelhadas devem evitar que as ondas de calor saiam ou entrem por condução.
- c) Apesar de o texto não se referir ao fato de que a garrafa deve permanecer bem fechada, isso deve ocorrer para evitar perdas de calor por convecção.
- d) O vácuo existente no interior das paredes duplas de vidro vai evitar perdas de calor por radiação.
- e) As paredes espelhadas não têm função nas trocas de calor; foram apenas uma tentativa de tornar o produto mais agradável às pessoas que pretendessem comprá-lo.

Resolução:

Letra c

- a) Incorreta. – O vácuo tem a finalidade de impedir a transferência de calor por condução.
- b) Incorreta. – As paredes espelhadas refletem as radiações eletromagnéticas (principalmente o infravermelho), impedindo trocas de energia por radiação.
- c) Correta.
- d) Incorreta. A radiação é o único processo de transmissão de calor que pode ocorrer no vácuo.
- e) Incorreta.

Questão 010

Um vestibulando estava na cozinha de sua casa quando resolveu realizar uma experiência de trocas de calor que seu professor de Física havia proposto. Para tanto, utilizou um caldeirão, uma garrafa de vidro, água e sal. Colocou água no caldeirão e no interior da garrafa de vidro. O caldeirão foi colocado sobre a chama do fogão e a garrafa, que estava aberta, teve seu gargalo preso a um barbante, que, esticado, a mantinha afastada do fundo do caldeirão, porém mergulhada na água.

Após alguns minutos, ele observou que a água do caldeirão entrou em ebulição (a 100 °C), mas a água do interior da garrafa (que também estava a 100 °C) não fervia. Esperou mais alguns minutos e colocou um punhado de sal na água do caldeirão; pouco tempo depois, notou que a água no interior da garrafa entrava em ebulição.

- a) Porque, mesmo estando a 100°C, a água da garrafa não fervia?

- b) O que ocorre com a temperatura de ebulição da água quando acrescentamos sal?
- c) Porque, depois de ser acrescentado sal à água do caldeirão, a água do interior da garrafa também entrou em ebulição?
- de calor da atmosfera para o nosso corpo.

Resolução:

a) O fluxo de calor através de uma “parede” é dado pela Lei de Fourier:

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{k A \Delta \theta}{L}$$

Quando a diferença de temperatura entre os meios que a referida “parede” separa é nula ($\Delta\theta = 0$), não há fluxo de calor. Assim, apesar de a água da garrafa estar a 100 °C (temperatura de ebulição), ela não recebe mais calor, não podendo, então, entrar em ebulição.

- b) O sal aumenta a temperatura de ebulição da água do caldeirão.
- c) Com sal, a água do caldeirão ferve a mais de 100°C. Assim, haverá uma diferença de temperatura entre a água do caldeirão e a da garrafa (que está a 100 °C). Esse fluxo de calor que se estabelece provoca a ebulição da água da garrafa.
- Assim: $\Delta \theta$ é diferente de zero.

Exercícios Resolvidos – Aula 05 – 2ª série

Professor Jordão

DISCIPLINA: FÍSICA II

Questão 01

(Fazu-MG) Tia Anastácia é famosa por sua habilidade na cozinha. Um de seus pratos mais famosos é o risoto de camarão feito em panela de pedra. Inácia, sobrinha de Tia Anastácia, ao tentar reproduzir o famoso prato, frustou-se, pois, apesar de todos os cuidados e da bela aparência do prato, quando do momento da retirada do fogo, surpreendeu-se com o fato de que, posto à mesa, o arroz acabou por queimar.

Ao questionar Tia Anastácia sobre o ocorrido, esta lhe respondeu que o segredo do cozimento dos alimentos em panela de pedra, para que a comida não queime, está no fato de se retirar a panela do fogo um pouco antes que o prato esteja totalmente cozido. Nas palavras de tia Anastácia:

“— A queimadura da panela acaba por cozer os alimentos mesmo que ela já não esteja mais no fogo.”

Dentre as afirmações abaixo, qual a que explica corretamente a “queimadura” da panela de pedra salientada por tia Anastácia?

- A capacidade térmica da panela de pedra é muito pequena, fazendo com que a temperatura se mantenha elevada por muito tempo.
- A capacidade térmica da panela é grande, permitindo que seu resfriamento se dê com rapidez, passando todo o calor para o alimento, fazendo-o queimar.
- A capacidade térmica da panela é grande, o que significa que, para uma pequena variação de temperatura no resfriamento, a panela irradia grande quantidade de calor, podendo acarretar a queima do alimento.
- A frase de Tia Anastácia é mais uma crendice popular. O fato de a comida ter queimado não está relacionado à panela de pedra, e sim ao tempo excessivo à espera do prato na mesa.
- A pedra, de que é feita a panela, tem a capacidade de reproduzir calor quando estimulada, acabando por queimar o alimento se o estímulo for muito grande.

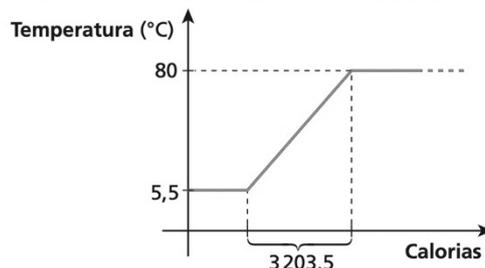
Resolução:

Em razão de ter grande capacidade térmica, esse tipo de panela, ao se resfriar, libera energia térmica, o que poderá acarretar a queima do alimento. É por isso que a panela deve ser retirada do fogo antes de a comida estar no ponto correto

Questão 02

Uma (Fatec-SP) Na tabela, é possível ler os valores do calor específico de cinco substâncias no estado líquido, e no gráfico é representada a curva de aquecimento de 100 g de uma dessas substâncias.

Substância	Calor específico (cal/g °C)
Água	1,00
Álcool etílico	0,58
Ácido acético	0,49
Acetona	0,52
Benzeno	0,43



A curva de aquecimento representada é a:

- da água.
- do álcool etílico.
- do ácido acético.
- da acetona.
- do benzeno.

Resolução:

Equação Fundamental da Calorimetria:

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

$$3203,5 = 100 \cdot c \cdot (80 - 5,5)$$

$$c = 0,43 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$$

Na tabela, observa-se que a substância em questão é o **benzeno**.

Questão 03

(Vunesp-SP) Um bloco de 600 g de prata, inicialmente a 20 °C, é aquecido até 70 °C, ao receber 1 680 calorias. Determine:

- a capacidade térmica desse bloco de prata;
- o calor específico da prata.

Resolução:

$$a) C = \frac{Q}{\Delta\theta}$$

$$C = \frac{1680 \text{ cal}}{(70 - 20) ^\circ\text{C}} \Rightarrow C = 33,6 \text{ cal/} ^\circ\text{C}$$

$$b) c = \frac{C}{m}$$

$$c = \frac{33,6 \text{ cal/} ^\circ\text{C}}{600 \text{ g}} \Rightarrow c = 0,056 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$$

Questão 04

Uma garrafa térmica contém água a 60 °C. O conjunto garrafa térmica + água possui capacidade térmica igual a 80 cal/°C. O sistema é colocado sobre uma mesa e após algum tempo sua temperatura diminui para 55 °C. Qual foi a perda de energia térmica para o ambiente nesse intervalo de tempo?

Resolução:

$$Q = C \Delta\theta$$

$$Q = 80 \cdot (55 - 60)$$

$$Q = -400 \text{ cal}$$

O sinal negativo indica que o sistema **perdeu** calor.

$$|Q| = 400 \text{ cal}$$

Questão 05

A massa e o calor específico sensível de cinco amostras de materiais sólidos e homogêneos são fornecidos a seguir.

Amostra	Massa (g)	Calor específico (cal/g °C)
A	150	0,20
B	50	0,30
C	250	0,10
D	140	0,25
E	400	0,15

As cinco amostras encontram-se inicialmente à mesma temperatura e recebem quantidades iguais de calor. Qual delas atingirá a maior temperatura?

Resolução:

Letra b

Atingirá maior temperatura a amostra que tiver menor capacidade térmica, isto é, a amostra que precisar de menor quantidade de energia térmica para variar uma unidade de temperatura.

Assim:

$$C = m \cdot c$$

$$C_A = 150 \cdot 0,20 \Rightarrow C_A = 30 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

$$C_B = 50 \cdot 0,30 \Rightarrow C_B = 15 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

$$C_C = 250 \cdot 0,10 \Rightarrow C_C = 25 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

$$C_D = 140 \cdot 0,25 \Rightarrow C_D = 35 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

$$C_E = 400 \cdot 0,15 \Rightarrow C_E = 60 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

Questão 06

O chamado leite longa vida é pasteurizado pelo processo UHT (*Ultra High Temperature*), que consiste em aquecer o leite da temperatura ambiente (22 °C) até 137 °C em apenas 4,0 s, sendo em seguida envasado em embalagem impermeável a luz e a micro-organismos.

Resolução:

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

$$Q = 1000 \cdot 1,0 \cdot (137 - 22) \text{ (cal)}$$

$$Q = 115000 \text{ cal}$$

$$Q = 115 \text{ kcal}$$

Questão 07

Para o aquecimento de 500 g de água, de 20 °C a 100 °C, utilizou-se uma fonte térmica de potência 200 cal/s. Sendo o calor específico da água igual a 1,0 cal/g °C, quanto tempo demorou esse aquecimento, se o rendimento foi de 100%?

Resolução:

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

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \\ \text{Pot} = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = \text{Pot} \cdot \Delta t \end{array} \right.$$

Assim:

$$\text{Pot} \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$200 \cdot \Delta t = 500 \cdot 1,0 \cdot (100 - 20)$$

$$\Delta t = 200 \text{ s} = 3 \text{ min } 20 \text{ s}$$

Questão 08

Uma fonte térmica foi utilizada para o aquecimento de 1,0 L de água (1 000 g) da temperatura ambiente (20 °C) até o ponto de ebulição (100 °C) num intervalo de tempo igual a 1 min 40 s com rendimento de 100%. Sendo o calor específico da água igual a 1,0 cal/g °C, qual o valor da potência dessa fonte?

Resolução:

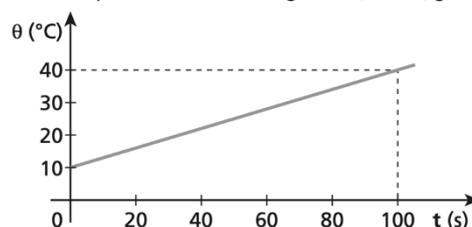
$$\text{Pot} \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$\text{Pot} \cdot 100 = 1000 \cdot 1,0 \cdot (100 - 20)$$

$$\text{Pot} = 800 \text{ cal/s}$$

Questão 09

O gráfico mostra o aquecimento de um bloco de ferro de massa 500 g. O calor específico do ferro é igual a 0,12 cal/g °C.



Qual a potência dessa fonte térmica, sabendo que seu rendimento foi de 50%?

Resolução:

$$\text{Pot}_{\text{util}} \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$\text{Pot}_{\text{util}} \cdot 100 = 500 \cdot 0,12 \cdot (40 - 10)$$

$$\text{Pot}_{\text{util}} = 18 \text{ cal/s}$$

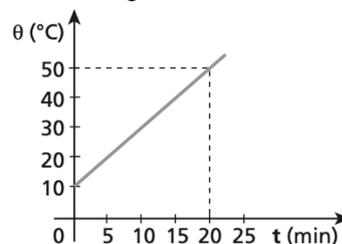
Como o rendimento foi de 50%, então a potência da fonte térmica é o dobro da encontrada inicialmente:

$$\text{Pot} = 18 \cdot 2 \text{ cal/s}$$

$$\text{Pot} = 36 \text{ cal/s}$$

Questão 10

Uma fonte térmica de potência constante fornece 50 cal/min para uma amostra de 100 g de uma substância.



O gráfico fornece a temperatura em função do tempo de aquecimento desse corpo. Qual o valor do calor específico do material dessa substância?

Resolução:

$$\text{Pot} \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$50 \cdot 20 = 100 \cdot c \cdot (50 - 10)$$

$$c = 0,25 \text{ cal/g }^\circ\text{C}$$

Exercícios Resolvidos – Aula 06 – 2ª série

Professor Jordão

DISCIPLINA: FÍSICA II

Questão 01

Um bom chuveiro elétrico, quando ligado na posição “inverno”, dissipa uma potência de 6,4 kW, fornecendo essa energia à água que o atravessa com vazão de 50 gramas por segundo. Se a água, ao entrar no chuveiro, tem uma temperatura de 23 °C, qual a sua temperatura na saída?

Dado: calor específico da água = 1,0 cal/g °C;
1cal=4J.

Resolução:

$$Pot \Delta t = m c \Delta \theta$$

$$Pot = \frac{m}{\Delta t} c \Delta \theta$$

Assim:

$$\frac{6400}{4} = 50 \cdot 1,0 \cdot (\theta_f - 23)$$

$$32 = \theta_f - 23$$

$$\theta_f = 55 \text{ °C}$$

Questão 02

(PUC-MG) Um recipiente adiabático contém 500 g de água, inicialmente a 20 °C. O conjunto é aquecido até 80 °C, utilizando-se uma fonte de calor que desenvolve uma potência útil de 200 W. Considerando o calor específico da água igual a 1,0 cal/g °C e fazendo 1 cal igual a 4 J, quanto tempo foi gasto nesse aquecimento?

Resolução:

Béquer B (com água):

$$Pot \Delta t = m c \Delta \theta$$

$$Pot \cdot 24 = 210 \cdot 1,0 \cdot 8,0$$

$$Pot = 70 \text{ cal/s}$$

Béquer A (com líquido desconhecido):

$$Pot \Delta t = m c \Delta \theta$$

$$70 \cdot 20 = 250 \cdot c_L \cdot 10$$

$$c_L = 0,56 \text{ cal/g °C}$$

Questão 03 Num recipiente termicamente isolado e com capacidade térmica desprezível, misturam-se 200 g de água a 10 °C com um bloco de ferro de 500 g a 140 °C. Qual a temperatura final de equilíbrio térmico?

Dados: calor específico da água = 1,0 cal/g °C;
calor específico do ferro = 0,12 cal/g °C.

Resolução:

Como o recipiente tem capacidade térmica desprezível, ele não participa das trocas de calor. E, como é termicamente isolado, é correto afirmar que:

$$Q_{\text{ferro}} + Q_{\text{água}} = 0$$

Uma vez que o calor trocado é sensível, temos:

$$(m c \Delta \theta)_{\text{ferro}} + (m c \Delta \theta)_{\text{água}} = 0$$

$$500 \cdot 0,12(\theta_E - 140) + 200 \cdot 1,0(\theta_E - 10) = 0$$

$$60(\theta_E - 140) + 200(\theta_E - 10) = 0$$

$$60\theta_E - 8400 + 200\theta_E - 2000 = 0$$

$$260\theta_E = 10400 \Rightarrow \theta_E = 40 \text{ °C}$$

Questão 04

Num recipiente termicamente isolado e de capacidade térmica desprezível, são misturados 200 g de água a 55 °C com 500 g também de água a 20 °C. Quando a mistura atingir o equilíbrio térmico, qual será sua temperatura?

Resolução:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{recebido}} = 0$$

$$(m c \Delta \theta)_{\text{quente}} + (m c \Delta \theta)_{\text{fria}} = 0$$

$$200 \cdot c \cdot (\theta_f - 55) + 500 \cdot c \cdot (\theta_f - 20) = 0$$

$$2\theta_f - 110 + 5\theta_f - 100 = 0$$

$$7\theta_f = 210$$

$$\theta_f = 30 \text{ °C}$$

Questão 05

Numa garrafa térmica ideal, com 1,0 L de capacidade, são colocados 500 cm³ de leite, à temperatura ambiente (20 °C), e 200 cm³ de café a 90 °C. Admitindo-se que as trocas de calor somente aconteçam entre o café e o leite (cujas densidades e calores específicos podem ser considerados iguais), qual será a temperatura final de equilíbrio térmico do sistema?

Resolução:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{recebido}} = 0$$

$$(m c \Delta \theta)_{\text{café}} + (m c \Delta \theta)_{\text{leite}} = 0$$

Como:

$$d = \frac{m}{V} \text{ então } m = d V$$

Então:

$$(d V c \Delta \theta)_{\text{café}} + (d V c \Delta \theta)_{\text{leite}} = 0$$

$$200(\theta_f - 90) + 500(\theta_f - 20) = 0$$

$$2\theta_f - 180 + 5\theta_f - 100 = 0 \Rightarrow 7\theta_f = 280 \Rightarrow \theta_f = 40 \text{ °C}$$

Questão 06

(Enem – mod.) Num recipiente de capacidade térmica desprezível e termicamente isolado, são colocados 20 g de água a 60 °C e 100 g de lascas de alumínio a 40 °C. O equilíbrio térmico ocorre à temperatura de 50 °C. Qual o valor do calor específico sensível do alumínio? Dado: calor específico da água = 1 cal/g °C

Resolução:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{recebido}} = 0$$

$$(m c \Delta \theta)_{\text{água}} + (m c \Delta \theta)_{\text{alumínio}} = 0$$

$$20 \cdot 1 \cdot (50 - 60) + 100 \cdot c_{Al} \cdot (50 - 40) = 0$$

$$-200 + 1000c_{Al} = 0$$

$$c_{Al} = 0,20 \text{ cal/g °C}$$

Questão 07

Em um ritual místico, as pessoas aquecem a água de um caldeirão utilizando sete pedras. As pedras são colocadas em uma fogueira e depois são lançadas no caldeirão com 0,70 L de água a 20 °C. Cada uma das pedras tem, em média, 100 g de massa e se encontram a 300 °C no instante em que são lançadas no caldeirão. No equilíbrio térmico, tem-se uma temperatura de 50 °C. Sendo o calor específico da água igual a 1,0 cal/g °C e desprezando as perdas de calor para o ambiente e para o caldeirão, pode-se afirmar que o calor específico médio das pedras em questão, em cal/g °C, é:

- a) 0,030. c) 0,17. e) 1,04.
b) 0,12. d) 0,50.

Dado: densidade absoluta da água = 1,0 kg/L

Resolução:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{recebido}} = 0$$
$$(m \cdot c \cdot \Delta\theta)_{\text{pedras}} + (m \cdot c \cdot \Delta\theta)_{\text{água}} = 0$$
$$700 \cdot c_p \cdot (50 - 300) + 700 \cdot 1,0 \cdot (50 - 20) = 0$$
$$-250 \cdot c_p + 30 = 0 \Rightarrow c_p = 0,12 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$$

Questão 08

Dois corpos A e B, de capacidades térmicas iguais, são colocados no interior de um calorímetro ideal. A temperatura inicial do corpo A é θ_A e a do corpo B é θ_B . Não considerando possíveis perdas de calor, a temperatura final de equilíbrio térmico será dada por:

- a) $\frac{\theta_A + \theta_B}{2}$. c) $\frac{\theta_B - \theta_A}{2}$. e) $|\theta_B - \theta_A|$.
b) $\frac{\theta_A - \theta_B}{2}$. d) $|\theta_A + \theta_B|$.

Resolução:

No exercício anterior (resolvido), encontramos:

$$\theta_E = \frac{C_A \theta_A + C_B \theta_B}{C_A + C_B}$$

Sendo as capacidades térmicas iguais, vem:

$$C_A = C_B = C$$

$$\theta_E = \frac{C(\theta_A + \theta_B)}{2C}$$

$$\theta_E = \frac{\theta_A + \theta_B}{2}$$

Questão 09

Três amostras de um mesmo líquido, cujas temperaturas iniciais são 40 °C, 70 °C e 100 °C, são misturadas em um calorímetro. As massas das amostras são iguais. Supondo-se que as trocas de calor ocorrem somente entre as amostras do líquido, qual a temperatura de equilíbrio da mistura, em graus Celsius?

Resolução:

Três amostras do mesmo líquido, com massas iguais, possuem capacidades térmicas iguais:

$$C_A = C_B = C_C$$

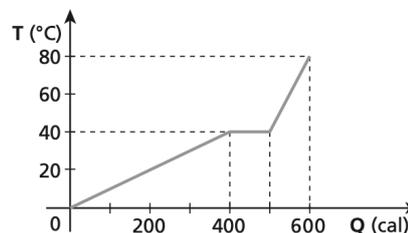
Assim, a temperatura de equilíbrio térmico é a média aritmética das temperaturas iniciais:

$$\theta_E = \frac{\theta_A + \theta_B + \theta_C}{3} = \frac{40 + 70 + 100}{3} \text{ (} ^\circ\text{C)}$$

$$\theta_E = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Questão 10

(UFG-GO) Um corpo de massa 50 g, inicialmente no estado sólido, recebe calor de acordo com a representação gráfica a seguir, passando para o estado líquido:



No gráfico, Q representa a quantidade de calor recebida pelo corpo e T, sua temperatura na escala Celsius.

- a) O que ocorre no intervalo entre 400 cal e 500 cal? Explique.
b) Determine os calores específicos e o calor latente nas fases representadas no gráfico.

Resolução:

- a) **Fusão.** Nesse intervalo, o corpo recebe calor sem alteração em sua temperatura.

- b) No estado sólido:

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

$$400 = 50 \cdot c_s \cdot (40 - 0)$$

$$c_s = 0,20 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$$

Na fusão (patamar):

$$Q = m \cdot L$$

$$500 - 400 = 50 \cdot L_f$$

$$L_f = 2,0 \text{ cal/g}$$

No estado líquido:

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

$$600 - 500 = 50 \cdot c_L (80 - 40)$$

$$c_L = 0,05 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$$

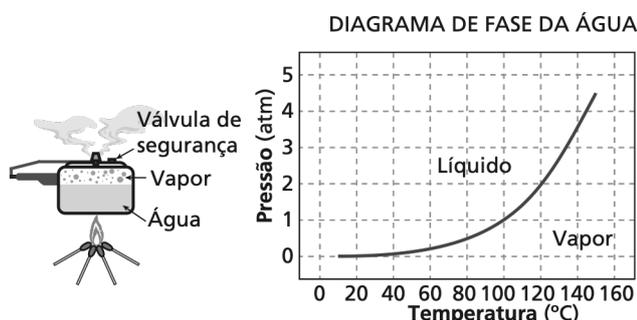
Exercícios Resolvidos – Aula 07 – 2ª série

Professor Jordão

DISCIPLINA: FÍSICA II

Questão 01

(Unimep-SP) A panela de pressão permite que os alimentos sejam cozidos em água muito mais rapidamente do que em panelas comuns. A seguir, a figura mostra esquematicamente uma panela de pressão e o diagrama de fase da água. Qual das afirmações não é verdadeira?



- A vantagem do uso da panela de pressão é a rapidez para o cozimento devido à quantidade adicional de calor que é transferida para a panela.
- Quando a pressão no interior da panela atinge 2 atm, a água entra em ebulição a 120 °C.
- Para 4 atm no interior da panela, a água ferve a uma temperatura acima de 140 °C.
- Em Santos, em uma panela comum, a água ferve aproximadamente a 100 °C.
- Numa panela comum, num local à grande altitude, a água entra em ebulição abaixo de 100 °C.

Resolução:

Letra a

A rapidez para o cozimento dos alimentos, quando se usa uma panela de pressão, é devida ao aumento de pressão na superfície da água, o que aumenta sua temperatura de ebulição. Assim, os alimentos permanecem submersos em água mantida em ebulição a mais de 100 °C.

Questão 02

(Enem) Se, por economia, abaixarmos o fogo sob uma panela de pressão logo que se inicia a saída de vapor pela válvula, de forma simplesmente a manter a fervura, o tempo de cozimento:

- será maior porque a panela “esfria”.
- será menor, pois diminui a perda de água.
- será maior, pois a pressão diminui.
- será maior, pois a evaporação diminui.
- não será alterado, pois a temperatura não varia.

Resolução:

Letra E

Se mantivermos o fogo “alto”, iremos aumentar a quantidade de água que vaporiza. A temperatura de ebulição da água, no entanto, se mantém a mesma.

Questão 03

Na coluna da esquerda temos alguns locais com suas respectivas altitudes; na da direita, temperaturas de ebulição da água. Associe as duas colunas e identifique a alternativa correta.

- | | |
|-----------------------------|-------------|
| (A) Quito (2 851 m) | (I) 101 °C |
| (B) Monte Everest (8 882 m) | (II) 90 °C |
| (C) Mar Morto (-395 m) | (III) 71 °C |
| (D) Brasília (1 152 m) | (IV) 96 °C |
-
- AI; BII; CIII; DIV
 - AI; BIII; CII; DIV
 - AIII; BII; CI; DIV
 - AII; BIII; CIV; DI
 - AIV; BIII; CI; DII

Resolução:

Letra b

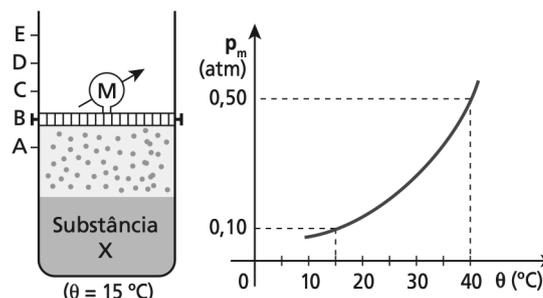
Maior altitude, menor temperatura de ebulição da água.

Assim:

- | | | |
|-----------------------------|---|-------------|
| (A) Quito (2 851 m) | → | (II) 90 °C |
| (B) Monte Everest (8 882 m) | → | (III) 71 °C |
| (C) Mar Morto (-395 m) | → | (I) 101 °C |
| (D) Brasília (1 152 m) | → | (IV) 96 °C |

Questão 04

Na figura a seguir, o êmbolo está travado no ponto B. O recipiente contém uma substância X e sabe-se que sua pressão máxima de vapor varia de acordo com o gráfico:



Analise as proposições seguintes:

- Se o manômetro **M** indicar 0,08 atm de pressão, o sistema não atingiu seu equilíbrio dinâmico, e o vapor é não-saturante.
 - Quando o sistema atingir o equilíbrio dinâmico líquido/vapor, o manômetro acusará 0,10 atm.
 - Elevando-se o êmbolo lentamente, observar-se-á que a pressão se manterá constante enquanto existir líquido. Se, terminando o líquido, o êmbolo continuar a subir, a pressão não se manterá constante, e o vapor passará a ser não-saturante seco.
 - Com o êmbolo travado em **B** e aquecendo-se o sistema a 40 °C, o manômetro indicará 0,50 atm se existir líquido.
- Quais são as proposições verdadeiras (**V**) e quais são as falsas (**F**)?

Resolução:

As quatro proposições são verdadeiras.

Questão 05

Leia as afirmativas a seguir.

- (01) A sublimação de uma substância corresponde à sua passagem do estado sólido para o estado líquido.
- (02) A temperatura de sublimação de uma substância cresce com o aumento de pressão.
- (04) Gelo-seco é a denominação comercial do dióxido de carbono (CO_2 sólido). Quando este é deixado sobre uma mesa, vai “desaparecendo”. A explicação é que ele está sublimando.
- (08) A passagem de uma substância do estado sólido para o gasoso, ou vice-versa, sem que se transforme em líquido, é denominada sublimação.

Dê como resposta a soma dos valores associados às afirmativas corretas.

Resolução:

Soma igual a 14.

(01) Incorreta

Sublimação é a passagem do estado sólido para o gasoso ou vice-versa, sem que a substância passe pela fase líquida.

(02) Verdadeira

(04) Verdadeira

(08) Verdadeira

Questão 06

(Unisa-SP) Thomas Andrews constatou que, para cada substância no estado gasoso, existe uma temperatura acima da qual é impossível a liquefação por compressão isotérmica. Que temperatura é essa?

Resolução:

A temperatura que separa os estágios vapor e gás de uma substância é denominada **temperatura crítica**.

Questão 07

Para liquefazer um gás, deve-se:

- a) comprimi-lo isotermicamente a uma temperatura acima da crítica;
- b) apenas levá-lo a uma temperatura abaixo da crítica;
- c) simplesmente comprimi-lo, qualquer que seja sua temperatura;
- d) diminuir sua temperatura abaixo da crítica e, se necessário, comprimi-lo;
- e) É impossível liquefazer um gás.

Resolução:

Letra d

O gás deve ser resfriado abaixo da temperatura crítica e, se necessário, deve ser comprimido.

Questão 08

(UFBA) A temperatura crítica da água é 647K. Com base nessa informação, podemos afirmar que a água está sob a forma de:

- a) vapor, acima de 400 °C
- b) gás, a 300 °C
- c) vapor, a 600 °C.
- d) gás, a 400 °C.
- e) vapor, abaixo de 647 °C.

Resolução:

Letra d

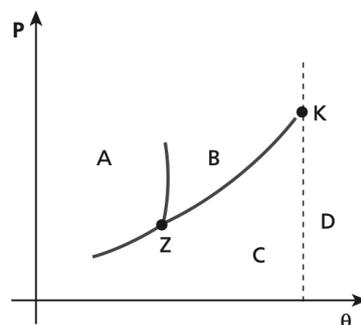
$$\theta_c = T(K) - 273$$

$$\theta_c = 647 - 273 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\theta_c = 374 \text{ }^\circ\text{C}$$

Assim, acima de 374 °C a água encontra-se no estado gás.

Questão 09



Agora, leia as afirmativas:

- (01) Na região **A**, a substância encontra-se no estado sólido.
- (02) Na região **B**, a substância encontra-se no estado líquido.
- (04) Nas regiões **C** e **D**, a substância encontra-se no estado de vapor.
- (08) **K** é o ponto triplo e **Z**, o ponto crítico dessa substância.
- (16) Na região **D**, a substância não pode ser liquefeita por mera compressão isotérmica.
- (32) A curva que liga os pontos **Z** e **K** chama-se curva da sublimação, pois separa as regiões de líquido e vapor.

Dê como resposta a soma dos valores associados às afirmativas corretas.

Resolução:

Soma igual a 19.

(01) Correta

(02) Correta

(04) Incorreta

Em **D**, encontramos gás.

(08) Incorreta

K – ponto crítico

Z – ponto triplo

(16) Correta

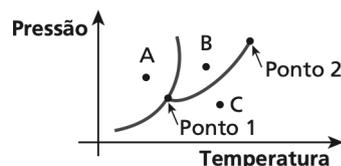
(32) Incorreta

A curva ZK chama-se curva da vaporização-liquefação.

A atmosfera poluída faz o papel do vidro nas estufas. Ela é pouco transparente para os raios solares na faixa do infravermelho (ondas de calor).

Questão 010

O diagrama de fases de uma substância simples é representado a seguir:



A respeito, julgue as afirmações a seguir.

- I. O ponto 1 corresponde ao ponto crítico e o ponto 2, ao ponto triplo.
 - II. Se a substância for comprimida isotermicamente a partir da situação **C**, ela poderá tornar-se líquida.
 - III. Uma mudança da situação **A** para a **B** é denominada fusão.
 - IV. A passagem da situação **C** para a **B** caracteriza uma sublimação.
- Quais são as afirmações verdadeiras (V) e quais são as falsas (F)?

Resolução:

I – Falsa

ponto 1 → ponto triplo

ponto 2 → ponto crítico

II – Verdadeira

III – Verdadeira

IV – Falsa

De **C** para **B** ocorre uma liquefação (vapor para líquido).

Exercícios Resolvidos – Aula 08 – 2ª série

Professor Jordão

DISCIPLINA: FÍSICA II

Questão 01

Uma dona de casa resolveu fazer uma salada para o jantar, mas não conseguiu abrir o frasco de palmito, que tem tampa metálica. Porém, lembrando-se de suas aulas de Física, ela mergulhou a tampa da embalagem em água quente durante alguns segundos e percebeu que ela abriu facilmente. Isso provavelmente ocorreu porque:

- reduziu-se a força de coesão entre as moléculas do metal e do vidro;
- reduziu-se a pressão do ar no interior do recipiente;
- houve redução da tensão superficial existente entre o vidro e o metal;
- o coeficiente de dilatação do metal é maior que o do vidro;
- o coeficiente de dilatação do vidro é maior que o do metal.

Resolução:

Letra d

O coeficiente de dilatação do metal é maior que o do vidro. Ao ser mergulhada na água quente, a tampa de metal dilata mais do que o vidro, soltando-se.

Questão 02

Você já deve ter observado em sua casa que o vidro pirex é mais resistente que o vidro comum às variações de temperatura. Se colocarmos água fervente em um copo de vidro comum, ele trinca, mas isso não acontece com o vidro pirex. A explicação para isso é que:

- o calor específico do pirex é menor que o do vidro comum;
- o calor específico do pirex é maior que o do vidro comum;
- para aquecimentos iguais, o vidro comum sofre maior variação de temperatura;
- o coeficiente de dilatação do vidro comum é menor que o do vidro pirex;
- o coeficiente de dilatação do vidro comum é maior que o do vidro pirex.

Resolução:

Letra e

O que provoca o trincamento do copo é o fato de que a parede interna (que entra em contato com a água quente) dilata-se mais do que a parede externa. Como o coeficiente de dilatação do vidro comum é maior do que o do vidro pirex, é mais fácil o vidro comum trincar.

Questão 03

Uma barra de cobre, homogênea e uniforme, mede 20 m, a 0 °C. Calcule a variação do comprimento dessa barra, em milímetros, quando aquecida a 50 °C.

Dado: coeficiente de dilatação linear do cobre = $1,6 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Resolução:

Usando a equação da dilatação linear, temos:

$$\Delta L = L \alpha \Delta \theta$$

Substituindo os valores fornecidos, vem:

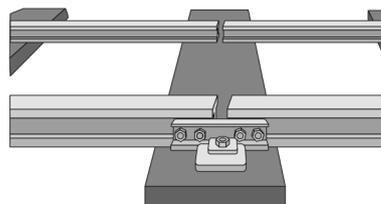
$$\Delta L = 20 \cdot 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot (50 - 0)$$

$$\Delta L = 0,016 \text{ m} = 16 \text{ mm}$$

$$\Delta L = 16 \text{ mm}$$

Questão 04

Um estudante ouviu de um antigo engenheiro de uma estrada de ferro que os trilhos de 10 m de comprimento haviam sido fixados ao chão num dia em que a temperatura era de 10 °C. No dia seguinte, em uma aula de Geografia, ele ouviu que, naquela cidade, a maior temperatura que um objeto de metal atingiu, exposto ao sol, foi 50 °C.



O espaço entre os trilhos possibilita sua dilatação.

Com essas informações, o estudante resolveu calcular a distância mínima entre dois trilhos de trem. Que valor ele encontrou?

Dado: coeficiente de dilatação linear do aço = $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Resolução:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta \theta$$

Como:

$$L_0 = 10 \text{ m} = 10000 \text{ mm}$$

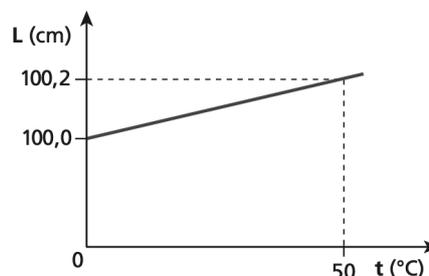
vem:

$$\Delta L = 10000 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot (50 - 10)$$

$$\Delta L = 4,4 \text{ mm}$$

Questão 05

A figura abaixo representa o comprimento de uma barra metálica em função de sua temperatura.



Qual o valor do coeficiente de dilatação linear do material dessa barra?

Resolução:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta \theta$$

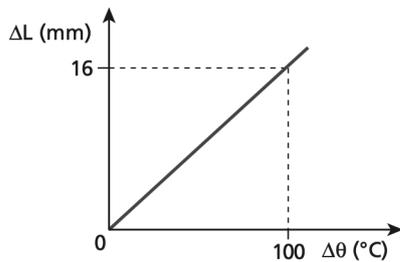
$$100,2 - 100,0 = 100,0 \cdot \alpha \cdot (50 - 0)$$

$$0,2 = 5000 \cdot \alpha$$

$$\alpha = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Questão 06

O diagrama abaixo mostra a variação ΔL sofrida por uma barra metálica de comprimento inicial igual a 10 m em função da variação de temperatura $\Delta \theta$. Qual o valor do coeficiente de dilatação linear do material dessa barra? a) elevação da pressão atmosférica.



Resolução:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta \theta$$

$$16 = 10000 \cdot \alpha \cdot 100$$

$$\alpha = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Questão 09

À temperatura de 15 °C, encontramos uma chapa de cobre com superfície de área 100,0 cm². Que área terá essa superfície se a chapa for aquecida até 515 °C?

Resolução:

$$\Delta A = A_0 \beta \Delta \theta$$

$$\Delta A = 100,0 \cdot 3,2 \cdot 10^{-5} \cdot (515 - 15)$$

$$\Delta A = 1,6 \text{ cm}^2$$

Portanto:

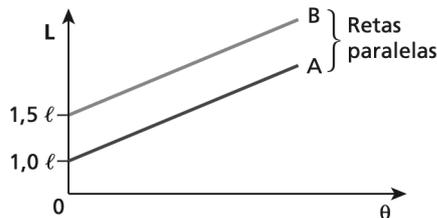
$$A = A_0 + \Delta A$$

$$A = 100,0 + 1,6 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A = 101,6 \text{ cm}^2$$

Questão 07

Estão representados, a seguir, os comprimentos de duas barras **A** e **B** em função da temperatura:



Determine a razão entre os coeficientes de dilatação linear dessas barras.

Resolução:

$$\text{tg } a = \frac{\Delta L}{\Delta \theta} = L_0 \alpha$$

então:

$$\text{tg } a = L_0 \alpha$$

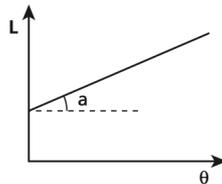
Como as retas são paralelas:

$$\text{tg } a_A = \text{tg } a_B$$

$$L_{0A} \alpha_A = L_{0B} \alpha_B$$

$$\ell \alpha_A = 1,5 \ell \alpha_B \Rightarrow$$

$$\frac{\alpha_A}{\alpha_B} = 1,5$$



Questão 08

Uma moeda, fabricada com níquel puro, está à temperatura ambiente de 20 °C. Ao ser levada a um forno, ela sofre um acréscimo de 1% na área de sua superfície. Qual a temperatura do forno?

Dado: coeficiente de dilatação linear do níquel = $12,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Resolução:

A expressão simplificada da dilatação superficial é:

$$\Delta A = A_0 \beta \Delta \theta$$

$$\Delta A = 0,01A_0$$

$$B = 2\alpha = 25 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta \theta = \theta - 20$$

Temos:

$$0,01A_0 = A_0 \cdot 25 \cdot 10^{-6} (\theta - 20)$$

$$400 = \theta - 20$$

$$\theta = 420^\circ\text{C}$$

Questão 010

(UFU-MG – mod.) Um orifício numa panela de ferro, a 20 °C, tem 10 cm² de área. Se o coeficiente de dilatação linear do ferro é de $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, qual será a área desse orifício a 270 °C?

Resolução:

$$A = A_0 (1 + \beta \Delta \theta)$$

$$A = A_0 (1 + 2\alpha \Delta \theta)$$

$$A = 10 [1 + 2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (270 - 20)]$$

$$A = 10,06 \text{ cm}^2$$

Exercícios Resolvidos – Aula 09 – 2ª série

Professor Jordão

DISCIPLINA: FÍSICA II

Questão 01

Uma panela de alumínio possui, a 0 °C, uma capacidade de 1000 cm³ (1L). Se levarmos a panela com água ao fogo, até que ocorra ebulição da água, sob pressão normal, qual será a nova capacidade da panela?

Dados:

coeficiente de dilatação linear do alumínio = $24 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;
coeficiente de dilatação cúbica da água = $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Resolução:

Para a panela:

$$V = V_0 (1 + 3\alpha \Delta\theta)$$

$$V = 1000 \cdot [1 + 3 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot (100 - 0)] \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$V = 1000 + 7,2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$V = 1007,2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Questão 02

O coeficiente de dilatação linear do alumínio é $2,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Um cubo de alumínio com volume de 5 L é aquecido de 40 °F até 76 °F. Qual é a variação aproximada do volume do cubo?

Resolução:

$$\Delta\theta_c = (76 - 40) \text{ } ^\circ\text{F} = 36 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Como:

$$\frac{\Delta\theta_c}{100} = \frac{\Delta\theta_f}{180} \Rightarrow \frac{\Delta\theta_c}{100} = \frac{36}{180}$$

$$\Delta\theta_f = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Então, usando a expressão da dilatação cúbica, temos:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta\theta$$

$$\Delta V = V_0 3\alpha \Delta\theta$$

$$\Delta V = 5 \cdot 3 \cdot 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot 20 \text{ (}\ell\text{)}$$

$$\Delta V = 6,6 \cdot 10^{-3} \ell$$

Questão 03

Uma chapa de alumínio possui um furo em sua parte central. Sendo aquecida, observamos que:

- tanto a chapa como o furo tendem a diminuir suas dimensões;
- o furo permanece com suas dimensões originais e a chapa aumenta;
- a chapa e o furo permanecem com suas dimensões originais;
- a chapa aumenta e o furo diminui;
- tanto a chapa como o furo tendem a aumentar suas dimensões.

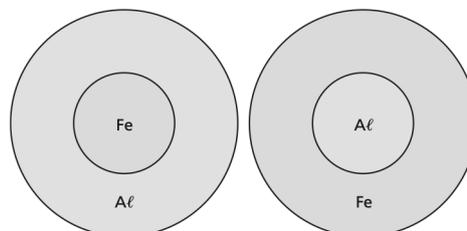
Resolução:

Letra e

No aquecimento, tanto a chapa como o orifício tendem a aumentar suas dimensões. O furo comporta-se como se estivesse preenchido com o material da chapa.

Questão 04

(UFMG) O coeficiente de dilatação térmica do alumínio (Al) é, aproximadamente, duas vezes o coeficiente de dilatação térmica do ferro (Fe). A figura mostra duas peças em que um anel feito de um desses metais envolve um disco feito do outro. À temperatura ambiente, os discos estão presos aos anéis.



Se as duas peças forem aquecidas uniformemente, é correto afirmar que:

- apenas o disco de Al se soltará do anel de Fe.
- apenas o disco de Fe se soltará do anel de Al.
- os dois discos se soltarão dos respectivos anéis.
- os discos não se soltarão dos anéis.

Resolução:

Letra b

Sendo $\alpha_{Al} > \alpha_{Fe}$, o alumínio dilatará mais que o ferro. Assim, apenas o anel de alumínio se soltará da placa de ferro.

Questão 05

Uma barra de estanho tem a forma de um prisma reto de 4,0 cm² de área da base e 1,0 m de comprimento, quando na temperatura inicial de 68 °F. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear do estanho é igual a $2,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, determine o comprimento e o volume dessa barra quando ela atinge a temperatura de 518 °F.

Resolução:

$$\Delta\theta_f = (518 - 68) \text{ } ^\circ\text{F} = 450 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\frac{\Delta\theta_c}{100} = \frac{\Delta\theta_f}{180} \Rightarrow \frac{\theta_c}{100} = \frac{450}{180} \Rightarrow \Delta\theta_c = 250 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dilatação linear:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta\theta$$

$$\Delta L = 1,0 \cdot 2,0 \cdot 10^{-5} \cdot 250$$

Portanto:

$$\Delta L = 0,005 \text{ m}$$

$$L = L_0 + \Delta L = 1,0 + 0,005$$

$$L = 1,005 \text{ m}$$

Dilatação volumétrica:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta\theta$$

$$\Delta V = AL 3\alpha \Delta\theta$$

$$\Delta V = 4,0 \cdot 100 \cdot 3 \cdot 2,0 \cdot 10^{-5} \cdot 250$$

$$\Delta V = 6 \text{ cm}^3$$

Portanto:

$$V = V_0 + \Delta V = 4,0 \cdot 100 + 6 \Rightarrow V = 406 \text{ cm}^3$$

Comprimento = 1,005 m; Volume = 406 cm³

Questão 06

Um cubo é aquecido e constata-se um aumento de 0,6% no seu volume. Qual foi a variação de temperatura sofrida pelo cubo?

Dado: coeficiente de dilatação volumétrica do material do cubo = $6,0 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Resolução:

$$V_0 \rightarrow 100\%$$

$$\Delta V \rightarrow 0,6\% \Rightarrow \Delta V = \frac{0,6 V_0}{100}$$

Como

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta\theta$$

então

$$\frac{0,6 V_0}{100} = V_0 \cdot 6,0 \cdot 10^{-6} \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 1000 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Questão 07

Uma substância tem massa específica de $0,78 \text{ g/cm}^3$ a $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ e $0,65 \text{ g/cm}^3$ a $425 \text{ } ^\circ\text{C}$. Qual o seu coeficiente de dilatação volumétrica?

Resolução:

$$\mu = \frac{\mu_0}{(1 + \gamma \Delta\theta)}$$

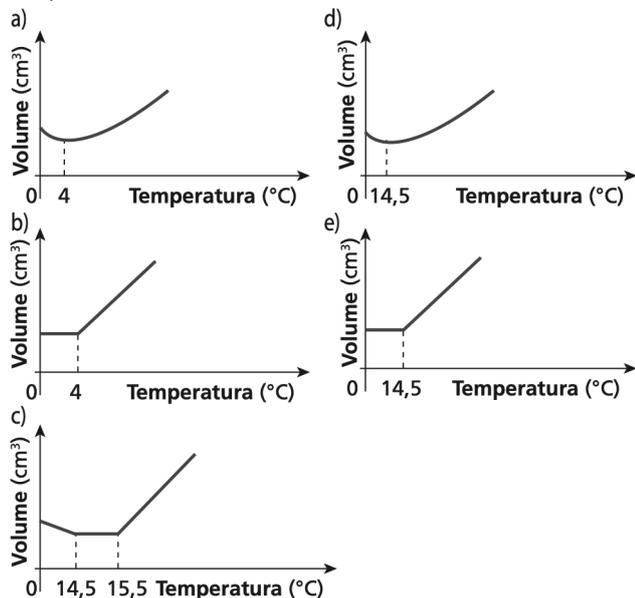
$$1 + \gamma \Delta\theta = \frac{\mu_0}{\mu} \Rightarrow 1 + \gamma(425 - 25) = \frac{0,78}{0,65}$$

$$400\gamma = 1,2 - 1$$

$$400\gamma = 0,2 \Rightarrow \gamma = 5 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Questão 08

(Mack-SP) Diz um ditado popular: "A natureza é sábia!". De fato! Ao observarmos os diversos fenômenos da natureza, ficamos encantados com muitos pormenores, sem os quais não poderíamos ter vida na face da Terra, conforme a conhecemos. Um desses pormenores, de extrema importância, é o comportamento anômalo da água, no estado líquido, durante seu aquecimento ou resfriamento sob pressão normal. Se não existisse tal comportamento, a vida subaquática nos lagos e rios, principalmente das regiões mais frias de nosso planeta, não seria possível. Dos gráficos abaixo, o que melhor representa esse comportamento anômalo é:



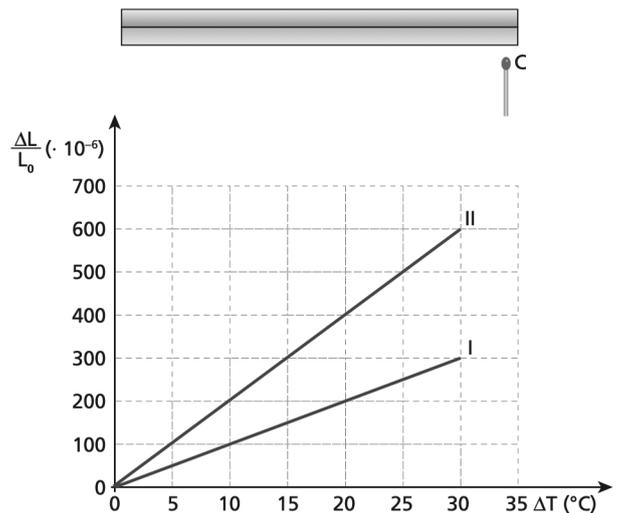
Resolução:

Letra a

O volume de certa massa de água é mínimo a $4 \text{ } ^\circ\text{C}$. Assim o gráfico correto para a dilatação anômala da água é o **a**.

Questão 09

(Unesp-SP) A figura mostra uma lâmina bimetalica, de comprimento L_0 na temperatura T_0 , que deve tocar o contato **C** quando aquecida. A lâmina é feita dos metais I e II, cujas variações relativas do comprimento $\frac{\Delta L}{L_0}$ em função da variação de temperatura $\Delta T = T - T_0$ encontram-se no gráfico. Lâmina bimetalica, em $T = T_0$



Determine:

- a) o coeficiente de dilatação linear dos metais I e II;
- b) qual dos metais deve ser utilizado na parte superior da lâmina para que o dispositivo funcione como desejado. Justifique sua resposta.

Resolução:

a) $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$

Assim: $\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \Delta T$

Para o metal I:

$$300 \cdot 10^{-6} = \alpha_I \cdot 30$$

$$\alpha_I = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

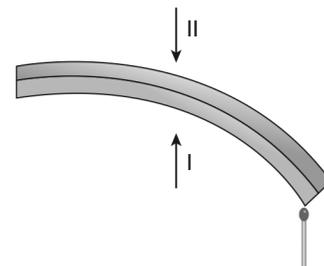
Para o metal II:

$$600 \cdot 10^{-6} = \alpha_{II} \cdot 30$$

$$\alpha_{II} = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

- b) Na parte superior, deve ser posicionado o metal que se dilata mais (a lâmina está sendo aquecida).

Assim, na parte superior, deve-se colocar o metal II.



Questão 010

(UFSCar-SP) Antes de iniciar o transporte de combustíveis, os dois tanques inicialmente vazios se encontravam à temperatura de 15 °C, bem como os líquidos que neles seriam derramados.

No primeiro tanque, foram despejados 15 000 L de gasolina e, no segundo, 20 000 L de álcool. Durante o transporte, a forte insolação fez com que a temperatura no interior dos tanques chegasse a 30 °C.

Dados:

Gasolina – coeficiente de dilatação volumétrica $9,6 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

Álcool – Densidade 0,8 g/cm³;

Calor específico 0,6 cal/(g. °C).

Considerando desde o momento do carregamento até o momento da chegada ao destino, determine:

- A variação do volume de gasolina.
- A quantidade de calor capaz de elevar a temperatura do álcool até 30 . °C

Resolução:

$$a) \Delta V = V_0 \gamma \Delta\theta = 15000 \cdot 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot (30 - 15)$$

Portanto:

$$\Delta V = 216 \text{ L}$$

$$b) Q = m c \Delta\theta = \rho \cdot V \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Portanto:

$$Q = 0,8 \cdot 20000 \cdot 1000 \cdot 0,6 \cdot 15$$

$$Q = 140000000 \text{ cal}$$

$$Q = 1,44 \cdot 10^8 \text{ cal}$$

Exercícios Resolvidos – Aula 10 – 2ª série

Professor Jordão

DISCIPLINA: FÍSICA II

Questão 01

Determinada massa de gás perfeito sofre as transformações indicadas a seguir:

- I. Compressão a temperatura constante.
- II. Expansão a pressão constante.
- III. Aquecimento a volume constante.

Nessa ordem, as transformações podem ser chamadas também de:

- a) isobárica, adiabática e isocórica.
- b) isométrica, isotérmica e isobárica.
- c) isotérmica, isobárica e adiabática.
- d) isométrica, isocórica e isotérmica.
- e) isotérmica, isobárica e isométrica.

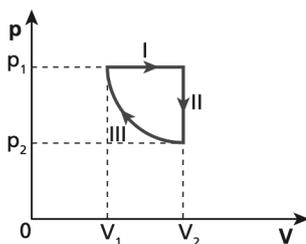
Resolução:

Letra e

- I – Isotérmico: temperatura constante.
- II – Isobárica: pressão constante.
- III – Isocórica ou Isométrica: volume constante.

Questão 02

(Uneb-BA) Uma amostra de gás ideal sofre as transformações I, II e III, identificadas no gráfico pressão X volume apresentado a seguir.



Sabe-se que a transformação III é adiabática.

As transformações I e II são, respectivamente:

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 01) isobárica e isotérmica. | 04) isométrica e isobárica. |
| 02) isobárica e isométrica. | 05) isotérmica e isobárica. |
| 03) isométrica e isotérmica. | |

Resolução:

Resposta (04)

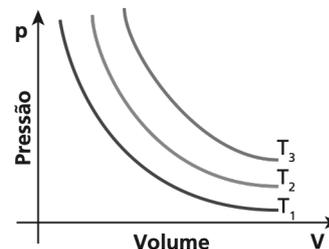
Transformação **adiabática** é aquela que se processa sem trocas de calor com o meio externo.

- I – Isobárica: pressão constante.
- II – Isométrica: volume constante.

Questão 03

O diagrama representa três isotermas T_1 , T_2 e T_3 , referentes a uma mesma amostra de gás perfeito. A respeito dos valores das temperaturas absolutas T_1 , T_2 e T_3 , pode-se afirmar que:

- a) $T_1 = T_2 = T_3$;
- b) $T_1 < T_2 < T_3$;
- c) $T_1 > T_2 > T_3$;
- d) $T_1 = T_2 < T_3$;
- e) $T_2 > T_1 < T_3$.



Resolução:

Letra b

Quanto **maior** a temperatura do gás, **mais afastada** dos eixos se encontra a curva isotérmica indicativa dessa temperatura.

Assim:

$$T_3 > T_2 > T_1$$

ou

$$T_1 < T_2 < T_3$$

Questão 04

(Esam-RN) Chama-se pressão média sobre uma superfície plana:

- a) o contato entre superfícies planas.
- b) uma propriedade da superfície livre dos líquidos.
- c) o valor da força que atua sobre qualquer superfície plana.
- d) a razão entre o módulo da força que atua perpendicularmente na superfície e a área da superfície.
- e) a razão entre o módulo da força que atua na superfície e o perímetro dessa superfície.

Resolução:

Letra d

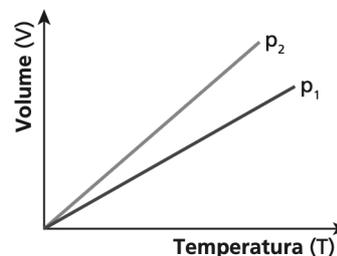
Por definição:

$$p = \frac{F}{A}$$

em que **F** é o módulo da força resultante perpendicular à superfície e **A**, a área da superfície.

Questão 05

O diagrama mostra duas transformações isobáricas sofridas por uma mesma amostra de gás perfeito.



Com base nesses dados, pode-se afirmar que:

- a) $p_2 > p_1$;
- b) $p_2 < p_1$;
- c) $p_2 = p_1$;
- d) $p_2 = 2 p_1$;
- e) Num diagrama volume \times temperatura absoluta, não se pode comparar diferentes valores da pressão.

Resolução:

Letra b

$$\text{tg } \alpha = \frac{V}{T} = K$$

Como a constante **K** é inversamente proporcional à pressão, temos:

$$\text{tg } \alpha_2 > \text{tg } \alpha_1$$

$$K_2 > K_1$$

$$p_2 < p_1$$

Questão 06

(FCMSC-SP) Uma amostra de gás perfeito ocupa um recipiente de 10,0 L à pressão de 1,5 atm. Essa amostra foi transferida para outro recipiente de 15,0 litros, mantendo a mesma temperatura. Qual a nova pressão dessa amostra de gás?

Resolução:

Lei de Boyle:

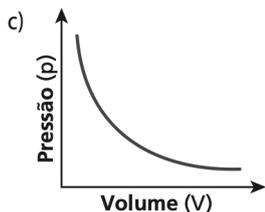
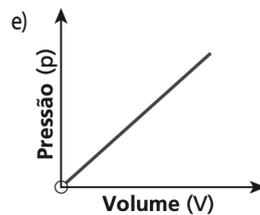
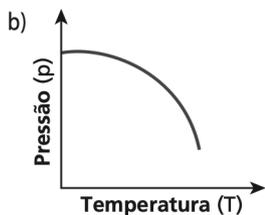
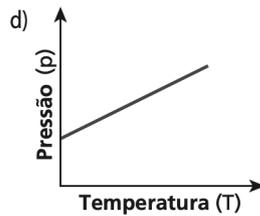
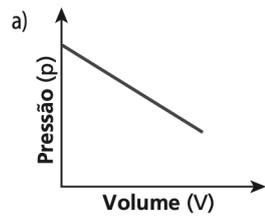
$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$1,5 \cdot 10,0 = p_2 \cdot 15,0$$

$$p_2 = 1,0 \text{ atm}$$

Questão 07

Um recipiente indeformável (volume interno constante) e hermeticamente fechado (não permite a entrada ou saída de gás) contém certa massa de gás perfeito à temperatura ambiente. Aquecendo-se esse gás, qual dos gráficos a seguir melhor representa o seu comportamento?

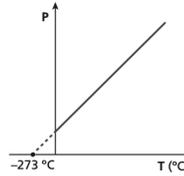
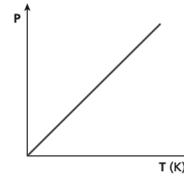
**Resolução:****Letra d**

Volume constante → Isométrica.

Lei de Charles:

$$p = KT$$

Assim:

**Questão 08**

(PUC-SP) Um recipiente contém certa massa de gás ideal que, à temperatura de 27 °C, ocupa um volume de 15 L. Ao sofrer uma transformação isobárica, o volume ocupado pela massa gasosa passa a ser de 20 L. Nessas condições, qual foi a variação de temperatura sofrida pelo gás?

Resolução:

Lei de Charles e Gay-Lussac:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{15}{(27 + 273)} = \frac{20}{T_2}$$

$$T_2 = 400 \text{ K} = 127^\circ\text{C}$$

Assim:

$$\Delta T (^\circ\text{C}) = T_2 (^\circ\text{C}) - T_1 (^\circ\text{C})$$

$$\Delta T (^\circ\text{C}) = (127 - 27)^\circ\text{C}$$

$$\Delta T (^\circ\text{C}) = 100^\circ\text{C}$$

Questão 09

(UFPE) Certa quantidade de gás ocupa um volume de 3,0 L e sua temperatura é de 450 K. Sem que a pressão mude, sua temperatura é baixada para 300 K. Determine o volume do gás nessa nova situação.

Resolução:

Lei de Charles e Gay-Lussac:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{3,0}{450} = \frac{V_2}{300}$$

$$V_2 = 2,0 \text{ l}$$

Questão 010

(PUC-SP) Determinada massa de gás perfeito sofre uma transformação isométrica. A pressão inicial vale 4,0 atm e a temperatura inicial é de 47 °C. Se a temperatura final é de 127 °C, qual é o valor da pressão final?

Resolução:

Lei de Charles:

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

$$\frac{4,0}{(47 + 273)} = \frac{p_2}{(127 + 273)}$$

$$p_2 = 5,0 \text{ atm}$$

Exercícios Resolvidos – Aula 11 – 2ª série

Professor Jordão

DISCIPLINA: FÍSICA II

Questão 01

A 1ª Lei da Termodinâmica, aplicada a uma transformação gasosa, se refere à:

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

Resolução:

Letra d

A Primeira Lei da Termodinâmica refere-se ao Princípio da Conservação da Energia aplicada à Termodinâmica.

Questão 02

Um gás perfeito sofre uma expansão, realizando um trabalho igual a 200 J. Sabe-se que, no final dessa transformação, a energia interna do sistema está com 60 J a mais que no início. Qual a quantidade de calor recebida pelo gás?

Resolução:

A 1ª Lei da Termodinâmica dá a relação entre as grandezas referidas no problema:

$$\Delta U = Q - \tau_{\text{gás}}$$

Do texto, sabemos que:

$\tau_{\text{gás}} = +200 \text{ J}$ (o sistema **realizou** trabalho)

$\Delta U = +60 \text{ J}$ (a energia interna **aumentou**)

Assim, temos:

$$60 = Q - 200 \Rightarrow \boxed{Q = 260 \text{ J}}$$

Questão 03

Um gás perfeito sofre uma expansão isotérmica ao receber do ambiente 250 J de energia em forma de calor. Qual o trabalho realiza- do pelo gás e qual sua variação de energia interna?

Resolução:

Isotérmica \rightarrow temperatura constante:

$$\boxed{\Delta U = 0}$$

1ª Lei da Termodinâmica:

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$250 = \tau + 0$$

$$\boxed{\tau = 250 \text{ J}}$$

Questão 04

Analise as afirmativas a seguir:

- (01) Um gás somente pode ser aquecido se receber calor.
 - (02) Pode-se aquecer um gás realizando-se trabalho sobre ele.
 - (04) Para esfriar um gás, devemos necessariamente retirar calor dele.
 - (08) Um gás pode receber calor do meio externo e sua temperatura permanecer constante.
 - (16) Numa transformação adiabática de um gás, sua temperatura pode diminuir.
- Dê como resposta a soma dos números associados às afirmações corretas.

Resolução:

Soma igual a 26

Questão 05

(Unitau-SP) Um gás está confinado em um cilindro provido de um pistão. O gás é então aquecido, e o pistão é mantido fixo na posição inicial. Qual é a alternativa errada?

- a) A pressão do gás aumenta.
- b) O trabalho realizado pelo gás é cada vez maior.
- c) A força que o gás exerce no pistão é cada vez maior.
- d) O gás é mantido num volume constante.
- e) A energia interna do gás é cada vez maior.

Resolução:

Letra b

A alternativa errada é a b. Se o volume do gás se mantém constante, não há trocas de trabalho com o meio externo.

Questão 06

(FEI-SP) Numa transformação de um gás perfeito, os estados final e inicial acusaram a mesma energia interna. Certamente:

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

Resolução:

Letra d

A única certeza que podemos ter é de que as temperaturas inicial e final são iguais, pois $U = \frac{3}{2} n R T$.

Questão 07

Um sistema gasoso ideal sofre uma transformação isobárica de pressão igual a $5 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$. Seu volume evolui de 3 L para 6 L. Determine o trabalho trocado com o meio externo. Dado: $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$

Resolução:

1ª Lei da Termodinâmica:

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$Q = p \Delta V + \Delta U$$

$$5,0 = 5,0 \cdot (0,60 - 0,20) + \Delta U$$

$$5,0 = 2,0 + \Delta U$$

$$\boxed{\Delta U = 3,0 \text{ J}}$$

Questão 08

Um gás ideal monoatômico expandiu-se, realizando um trabalho sobre a vizinhança igual, em módulo, à quantidade de calor absorvida por ele durante a expansão. Sabendo-se que a energia interna de um gás ideal é proporcional a sua temperatura absoluta, pode-se afirmar que, na transformação relatada acima, a temperatura absoluta do gás:

- a) necessariamente aumentou;
- b) necessariamente permaneceu constante;
- c) necessariamente diminuiu;
- d) aumentou ou permaneceu constante;
- e) diminuiu ou permaneceu constante.

Resolução:**Letra b**

1ª Lei da Termodinâmica:

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$\text{Se: } Q = \tau$$

$$\text{Então: } \Delta U = 0$$

Se não há variação de energia interna, a temperatura do gás manteve-se constante.

Questão 09

Um sistema gasoso ideal troca (recebe ou cede) com o meio externo 150 cal em forma de calor. Determine, em joules, o trabalho trocado com o meio, em cada um dos casos:

- a) expansão isotérmica;
- b) compressão isotérmica;
- c) aquecimento isométrico.

Dado: 1 cal = 4,18 J

Resolução:

Nas transformações isotérmicas, não há variação de temperatura e, em consequência, a energia interna do sistema mantém-se constante ($\Delta U = 0$).

Da 1ª Lei da Termodinâmica, $\Delta U = Q - \tau_{\text{gás}}$, vem:

$$Q = \tau_{\text{gás}}$$

Então, se o sistema recebe calor, realiza um trabalho de igual valor. Se cede calor, é porque recebe igual quantidade de energia em forma de trabalho.

- a) Na expansão, o volume aumenta e o sistema realiza trabalho ($\tau_{\text{gás}} > 0$), recebendo calor ($Q > 0$).

Daí, temos:

$$\tau_{\text{gás}} = Q = 150 \text{ cal}$$

Transformando caloria em joule, vem:

$$\tau_{\text{gás}} = J \cdot Q \Rightarrow \tau_{\text{gás}} = 4,18 \cdot 150$$

$$\tau_{\text{gás}} = 627 \text{ J}$$

- b) Na compressão, o volume diminui e o sistema recebe trabalho ($\tau_{\text{gás}} < 0$), cedendo calor ($Q < 0$).

Daí, temos:

$$\tau_{\text{gás}} = Q = -150 \text{ cal}$$

Transformando caloria em joule, vem:

$$\tau_{\text{gás}} = -627 \text{ J}$$

- c) Nas transformações isométricas, o volume permanece constante e não há trabalho trocado com o meio externo.

Então:

$$\tau_{\text{gás}} = 0$$

Questão 010

(Enem) Um sistema termodinâmico cede 200 J de calor ao ambiente, enquanto sobre o sistema se realiza trabalho de 300 J. Nessas condições, a variação de sua energia interna é, em joules, de:

- a) -500. b) -100. c) 100. d) 250. e) 500.

Resolução:**Letra c**

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$-200 = -300 + \Delta U$$

$$\Delta U = +100 \text{ J}$$

Questão 011

Um gás feito sofre uma expansão isobárica, trocando com o meio externo 500 cal em forma de calor e 300 cal em forma de trabalho. Determine a variação da energia interna do sistema.

Resolução:

Como o gás sofre uma expansão, seu volume aumenta e ele realiza trabalho ($\tau_{\text{gás}} = +300 \text{ cal}$).

Da **Equação de Clapeyron** para os gases perfeitos, $pV = nRT$, observamos que, sendo isobárica ($p = \text{cte}$) a transformação, quando o volume aumenta, a temperatura absoluta também aumenta, provocando aumento de energia interna ($\Delta U > 0$).

Daí concluímos que o sistema recebe calor ($Q = +500 \text{ cal}$), que será parcialmente transformado em trabalho realizado, sendo o restante usado para aumentar a energia interna do sistema.

Portanto, da 1ª Lei da Termodinâmica, $\Delta U = Q - \tau_{\text{gás}}$, vem:

$$\Delta U = 500 - 300$$

$$\Delta U = +200 \text{ cal}$$

O sinal positivo indica que houve aumento na energia interna do sistema.

Questão 012

(UFMG) Em uma transformação isobárica de um gás perfeito, mantido a $2,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ de pressão, forneceram-se 1 500 J de calor e provocou-se um aumento de volume de 3,0 litros. Em joules, qual foi a variação da energia interna do gás?

Resolução:

$$\tau_p = p \Delta V$$

$$\tau_p = 2,0 \cdot 10^5 \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$$

$$\tau_p = 600 \text{ J}$$

Assim:

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$1500 = 600 + \Delta U$$

$$\Delta U = 900 \text{ J}$$

Questão 013

(Unesp-SP) Um pistão com êmbolo móvel contém 2 mol de O₂ e recebe 581 J de calor. O gás sofre uma expansão isobárica na qual seu volume aumentou de 1,66 m³, a uma pressão constante de 10⁵ N/m². Considerando que nessas condições o gás se comporta como gás ideal, utilize R = 8,3 J/mol · K e calcule:

- a) a variação de energia interna do gás;
b) a variação de temperatura do gás.

Resolução:

a) Usando a 1ª Lei da Termodinâmica, temos:

$$Q = \tau + \Delta U$$

Numa expansão isobárica (pressão constante), o trabalho (τ) realizado pelo gás é determinado por:

$$\tau_p = p \Delta V$$

Assim,

$$Q = p \Delta V + \Delta U$$

$$581 = 10^5 \cdot 1,66 \cdot 10^{-3} + \Delta U$$

$$\Delta U = 581 - 166 \text{ (J)}$$

$$\Delta U = 415 \text{ J}$$

b) Usando a Equação de Clapeyron, nessa expansão isobárica, temos:

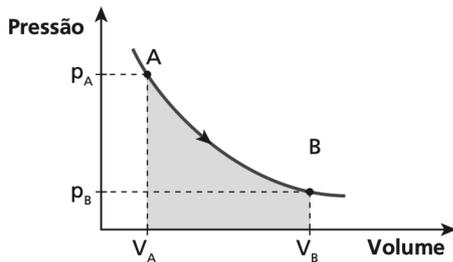
$$p \Delta V = n R \Delta T$$

$$10^5 \cdot 1,66 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 8,3 \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = 10 \text{ K} \quad \text{ou} \quad \Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

Questão 014

O diagrama pressão X volume a seguir mostra uma transformação isotérmica sofrida por 1 mol de gás perfeito.



- a) a variação de pressão do gás;
b) a variação de energia interna do gás;
c) o trabalho realizado pelo gás;
d) o calor cedido pelo gás;
e) o calor específico do gás medido à temperatura constante.

Resolução:

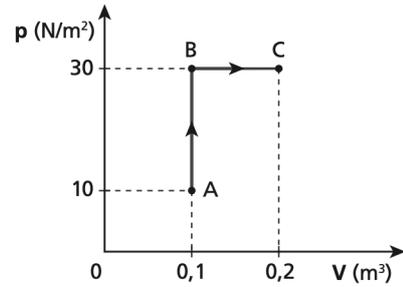
Letra c

A área destacada mede o trabalho trocado entre o sistema gasoso e o meio externo.

$$[\text{área}] \stackrel{N}{=} \tau$$

Questão 015

Um gás perfeito passa do estado representado por A, no gráfico, para os estados representados por B e C:



Determine o trabalho realizado pelo gás, em joules, nas transformações:

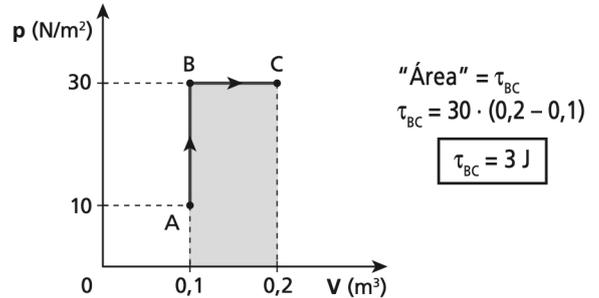
- a) A para B; b) B para C; c) ABC.

Resolução:

a) Na transformação AB, não há troca de trabalho com o meio externo, pois o volume do sistema mantém-se constante:

$$\tau_{AB} = 0$$

b) Na transformação BC, o trabalho realizado (o volume do sistema aumenta) pelo gás é igual à "área" sob o gráfico:



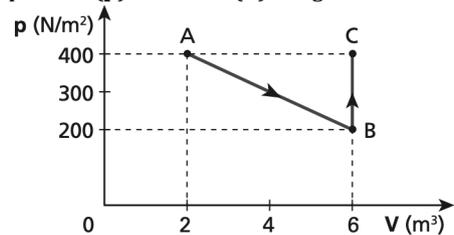
c) O trabalho total na transformação ABC é a soma algébrica dos trabalhos nas transformações AB e BC. Assim:

$$\tau_{ABC} = \tau_{AB} + \tau_{BC} \Rightarrow \tau_{ABC} = 0 + 3$$

$$\tau_{ABC} = 3 \text{ J}$$

Questão 016

Um gás perfeito sofre a transformação ABC indicada no diagrama pressão (p) X volume (V) a seguir:



Determine o trabalho do sistema nas transformações:

- a) A para B; b) B para C; c) ABC.

Resolução:

$$a) \tau_{AB} \stackrel{N}{=} [\text{área}]_A^B$$

$$\tau_{AB} = \frac{(400 + 200) \cdot (6 - 2)}{2} \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = 1200 \text{ J}$$

$$b) \tau_{BC} = 0$$

O volume do gás permanece constante.

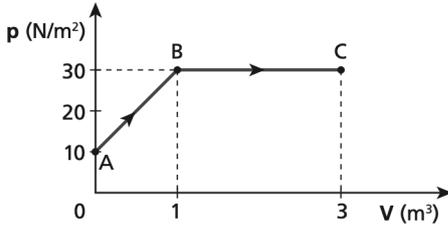
$$c) \tau_{ABC} = \tau_{AB} + \tau_{BC}$$

$$\tau_{ABC} = 1200 + 0$$

$$\tau_{ABC} = 1200 \text{ J}$$

Questão 017

(PUC-SP) O gráfico pressão (p) X volume (V) representa as transformações AB e BC experimentadas por um gás ideal:



Qual o trabalho mecânico realizado pelo gás durante a expansão de A até C? Dê a resposta em joules.

Resolução:

$$\tau \stackrel{N}{=} [\text{área}]$$

$$\tau_{ABC} = \tau_{AB} + \tau_{BC}$$

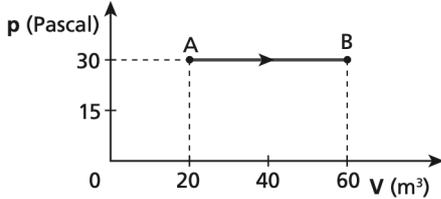
$$\tau_{ABC} = \frac{(30 + 10) \cdot 1}{2} + 30 \cdot (3 - 1) \text{ (J)}$$

$$\tau_{ABC} = 20 + 60 \text{ (J)}$$

$\tau_{ABC} = 80 \text{ J}$

Questão 018

No processo isobárico indicado no gráfico, um gás perfeito recebeu 3000 J de energia do ambiente.



Que variação ocorreu na energia interna desse gás?

Resolução:

$$\tau \stackrel{N}{=} [\text{área}]$$

$$\tau_{AB} = 30 \cdot (60 - 20) \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = 1200 \text{ (J)}$$

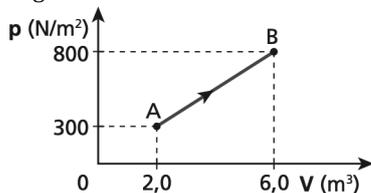
$$Q = \tau + \Delta U$$

$$3000 = 1200 + \Delta U$$

$\Delta U_{AB} = 1800 \text{ J}$

Questão 019

Um sistema termodinâmico constituído de certa massa de gás perfeito recebe calor de uma fonte térmica, num total de 8 500 J. Em consequência, o gás se expande, sofrendo a transformação AB representada no diagrama pressão (p) X volume (V) a seguir:



A respeito da transformação AB, responda:

- a) Qual é o trabalho do sistema? É trabalho realizado ou recebido? Justifique.
 b) Qual é a variação de energia interna? A energia interna aumentou ou diminuiu? Justifique.

Resolução:

a) $\tau \stackrel{N}{=} [\text{área}]$

$$\tau_{AB} = \frac{(800 + 300) \cdot (6,0 - 2,0)}{2} \text{ (J)}$$

$\tau_{AB} = 2200 \text{ J}$

Como o volume do gás aumentou, ele realizou trabalho.

b) $\Delta U_{AB} = U_B - U_A$

$$\Delta U_{AB} = \frac{3}{2} P_B V_B - \frac{3}{2} P_A V_A$$

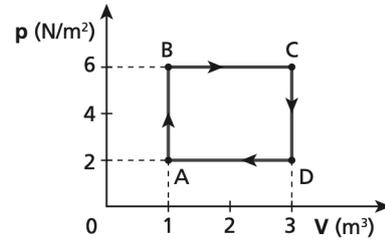
$$\Delta U_{AB} = \frac{3}{2} (800 \cdot 6,0 - 300 \cdot 2,0) \text{ (J)}$$

$\Delta U_{AB} = 6300 \text{ J}$

A energia interna do gás aumentou, pois sua temperatura também aumentou.

Questão 020

Uma amostra de gás perfeito sofre uma transformação cíclica ABCDA, conforme está representado no diagrama.



Qual o trabalho, em joules, realizado pelo gás?

Resolução:

$$\tau_{\text{ciclo}} \stackrel{N}{=} [\text{área interna}]$$

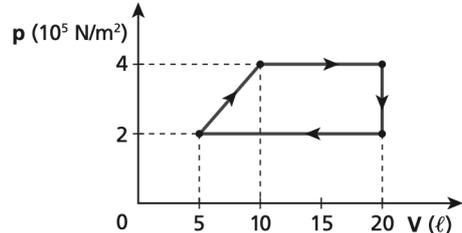
Assim:

$$\tau_{\text{ABCDA}} = (6 - 2) \cdot (3 - 1) \text{ (J)}$$

$\tau_{\text{ABCDA}} = 8 \text{ J}$

Questão 021

(PUC-MG) A transformação cíclica representada no diagrama a seguir mostra o que ocorreu com uma massa de gás perfeito.



Qual o trabalho realizado por esse gás em cada ciclo? Dê a resposta em joules.

Resolução:

$$\tau_{\text{ciclo}} \stackrel{N}{=} [\text{área interna}]$$

Atenção que:

$$1 \ell = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} / \text{m}^3$$

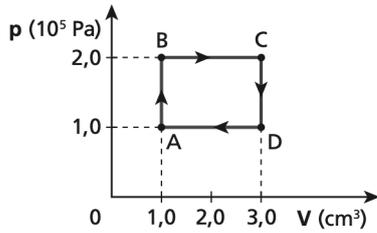
Assim:

$$\tau_{\text{ciclo}} = \frac{[(20 - 5) + (20 - 10)] \cdot 10^{-3} \cdot (4 - 2) \cdot 10^5}{2} \text{ (J)}$$

$\tau_{\text{ciclo}} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ J}$

Questão 022

(Fatec-SP) Um sistema termodinâmico, constituído de certa massa de gás perfeito, realiza a cada segundo 100 ciclos ABCDA. O dia-grama a seguir mostra a evolução de um ciclo ABCDA.



Qual a potência desse sistema? Dê a resposta na unidade watt.

Resolução:

$$\tau_{\text{ciclo}} = [\text{área interna}]$$

$$\tau_{\text{ciclo}} = (20 - 1,0) \cdot 10^5 \cdot (3,0 - 1,0) \cdot 10^{-6} \text{ (J)}$$

$$\tau_{\text{ciclo}} = 0,2 \text{ J}$$

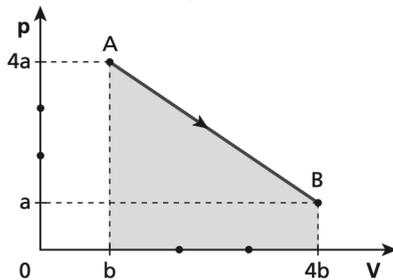
Portanto:

$$\text{Pot} = \frac{\tau}{\Delta t} = \frac{100 \cdot 0,2}{1} \text{ (W)}$$

Pot = 20 W

Questão 023

(Unip-SP) O gráfico a seguir representa a pressão em função do volume para 1 mol de um gás perfeito:



O gás vai do estado **A** para o estado **B** segundo a transformação indicada no gráfico. Indique a opção correta:

- a) A transformação indicada é isotérmica.
- b) A área assinalada na figura mede a variação de energia interna do gás.
- c) Na transformação de **A** para **B** o gás recebe um calor **Q**, realiza um trabalho τ , de modo que $|Q| = |\tau|$.
- d) A transformação de **A** para **B** é adiabática porque não houve acréscimo de energia interna do gás.
- e) A área assinalada na figura não pode ser usada para se medir o calor recebido pelo gás.

Resolução:

Letra c

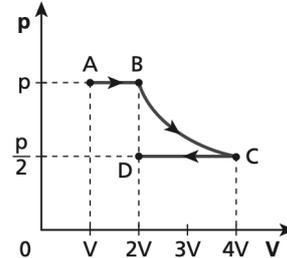
- a) **Incorreta.**
Apesar de as temperaturas inicial (T_A) e final (T_B) serem iguais, as temperaturas intermediárias são diferentes.
- b) **Incorreta.**
 $[\text{área}] \stackrel{N}{=} \tau$
- c) **Correta.**
Se $T_A = T_B$, temos $\Delta U_{AB} = 0$
Assim: $|Q| = |\tau|$
- d) **Incorreta.**
O sistema recebe calor, que é transformado em trabalho.

e) **Incorreta.**

$$[\text{área}] \stackrel{N}{=} \tau \text{ e } |\tau| = |Q|$$

Questão 024

Um gás perfeito monoatômico sofre o conjunto de transformações indicadas no esquema:



- a) Sendo **T** a temperatura absoluta do gás em **A**, qual é a sua temperatura em **D**?
- b) Sendo **n** o número de mols e **R** a constante universal dos gases perfeitos, qual é a variação de energia interna do gás ao passar do estado **A** para o **D**?
- c) Qual é a razão entre os trabalhos do gás nas transformações **AB** e **CD**?

Resolução:

a) Como o número de mols do gás não varia, podemos aplicar a **Lei geral dos Gases Perfeitos**:

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_D V_D}{T_D}$$

Assim, temos:

$$\frac{p V}{T} = \frac{\frac{p}{2} \cdot 2V}{T_D} \Rightarrow T_D = T$$

b) Como as temperaturas T_A e T_D são iguais, concluímos que a variação de energia interna é nula:

$$\Delta U_{AD} = 0$$

c) Na transformação **AB**, o volume aumenta e o sistema realiza trabalho ($\tau_{AB} > 0$) igual à "área" encontrada sob o gráfico:

$$\tau_{AB} = +pV$$

Na transformação **CD**, o volume diminui e o sistema recebe trabalho ($\tau_{CD} < 0$) igual a:

$$\tau_{CD} = -\frac{p}{2} \cdot 2V \Rightarrow \tau_{CD} = -pV$$

Assim, a razão entre esses trabalhos é dada por:

$$\frac{\tau_{AB}}{\tau_{CD}} = \frac{+pV}{-pV} = -1 \Rightarrow \frac{\tau_{AB}}{\tau_{CD}} = -1$$

Questão 025

Um sistema gasoso ideal, ao receber 293 cal, evolui do estado **A** para o estado **D**, conforme o gráfico:

Determine:

- a) o trabalho do gás em cada transformação: **AB**, **BC** e **CD**;
- b) a variação da energia interna na transformação **ABCD**;
- c) a temperatura do gás no ponto **D**, sabendo que no ponto **C** era de -3°C .

Dado: 1 cal = 4,18 J

Resolução:

a) $\tau_{AB} = 0$

O volume do gás permaneceu constante de A para B.

$$\tau_{BC} = N \cdot [\text{área}]_B^C$$

$$\tau_{BC} = 1,5 \cdot 10^3 \cdot (0,3 - 0,1) \text{ (J)}$$

$\tau_{BC} = 300 \text{ J}$

$$\tau_{CD} = \frac{N}{2} \cdot [\text{área}]_C^D$$

$$\tau_{CD} = \frac{(1,5 \cdot 10^3 + 1,0 \cdot 10^3) \cdot (0,5 - 0,3)}{2} \text{ (J)}$$

$\tau_{CD} = 250 \text{ J}$

b) 1ª Lei da Termodinâmica:

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$293 \cdot 4,18 = (0 + 300 + 250) + \Delta U$$

$\Delta U \approx 675 \text{ J}$

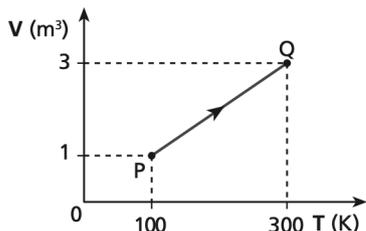
c) Lei geral dos Gases:

$$\frac{p_D V_D}{T_D} = \frac{p_C V_C}{T_C}$$

$$\frac{1,0 \cdot 10^3 \cdot 0,5}{T_D} = \frac{1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3}{(-3 + 273)} \Rightarrow T_D = 300 \text{ K} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

Questão 026

(Mack-SP) Uma amostra de gás perfeito sofre uma transformação isobárica sob pressão de 60 N/m², como ilustra o diagrama. Admita que, na transformação, o gás recebe uma quantidade de calor igual a 300 J.



Qual foi a variação da energia interna do gás?

Resolução:

A resolução pode ser feita de duas maneiras:

1ª maneira:

$$\Delta U = U_Q - U_P$$

Como, para um gás perfeito, vale a relação:

$$U = \frac{3}{2} n R T = \frac{3}{2} p V$$

temos:

$$\Delta U = \left(\frac{3}{2} p V \right)_Q - \left(\frac{3}{2} p V \right)_P$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} p \Delta V = \frac{3}{2} \cdot 60 \cdot (3 - 1)$$

$\Delta U = 180 \text{ J}$

2ª maneira:

1ª Lei da Termodinâmica

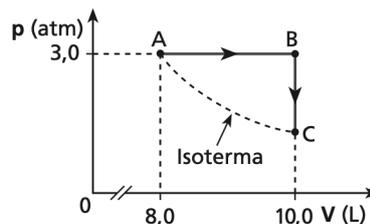
$$\Delta U = Q - \tau \Rightarrow \Delta U = Q - p \Delta V \Rightarrow \Delta U = 300 - 60 \cdot (3 - 1)$$

$$\Delta U = 300 - 120$$

$\Delta U = 180 \text{ J}$

Questão 027

(Unicamp-SP) Um mol de gás ideal sofre a transformação A → B → C indicada no diagrama pressão X volume da figura:



- a) Qual é a temperatura do gás no estado A?
 - b) Qual é o trabalho realizado pelo gás na expansão A → B?
 - c) Qual é a temperatura do gás no estado C?
- Dados: R (constante dos gases) = 0,082 atm L/mol K ou R = 8,3 J/mol K

Resolução:

- a) Em A:
Equação de Clapeyron:
 $p V = n R T$
 $3,0 \cdot 8,0 = 1 \cdot 0,082 T_A$

$T_A \approx 293 \text{ K}$

- b) $\tau_{AB} = N \cdot [\text{área}]$
 $\tau_{AB} = 3,0 \cdot 10^5 \cdot (10,0 - 8,0) \cdot 10^{-3}$

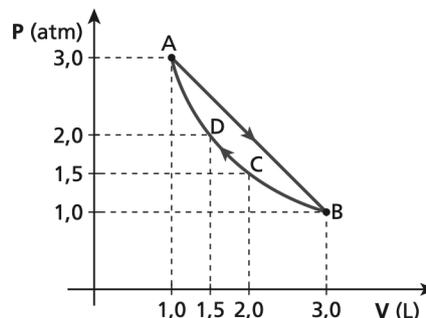
$\tau_{AB} = 6,0 \cdot 10^2 \text{ J}$

- c) $T_C = T_A$ (estão na mesma isoterma)

$T_C \approx 293 \text{ K}$

Questão 028

(Vunesp-SP) Um sistema termodinâmico sofre a transformação cíclica ABCDA, representada na figura.



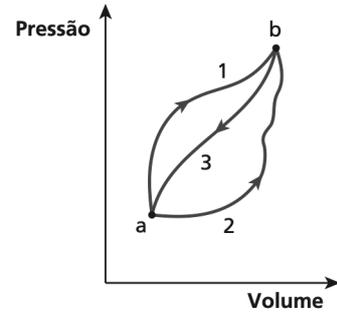
Pode-se afirmar que a:

- a) compressão é isobárica, e o trabalho realizado durante a expansão é maior do que o valor absoluto do trabalho realizado na compressão.
- b) compressão é adiabática, e o valor absoluto do trabalho por ela realizado é menor do que o realizado na expansão.
- c) expansão é isotérmica, e o trabalho realizado durante a expansão é igual ao valor absoluto do trabalho realizado na compressão.
- d) expansão é isobárica, a compressão é isométrica, e os trabalhos realizados na expansão e na compressão são iguais em valor absoluto.
- e) compressão é isotérmica, e o trabalho realizado durante a expansão é maior que o valor absoluto do trabalho realizado durante a compressão.

Resolução:

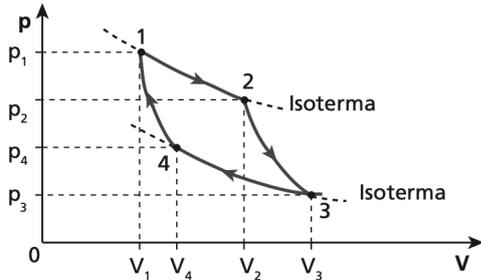
Letra e

Na transformação BCDA (compressão), notamos que em todos os 4 pontos fornecidos o produto pressão \times volume apresenta o mesmo valor. Esse fato nos levará a concluir que essa compressão é isotérmica. Observamos ainda que a área abaixo do gráfico (que estabelece o trabalho trocado) é maior na expansão AB do que na compressão BCDA.



Questão 029

(UFF-RJ) O diagrama pressão (p) X volume (V) a seguir representa uma transformação quase estática e cíclica de um gás ideal:



Considerando o diagrama, qual é a opção correta?

- a) A maior temperatura atingida pelo gás no ciclo ocorre na passagem do estado 3 para o estado 4.
- b) O trabalho realizado pelo gás no ciclo é nulo.
- c) A transformação que leva o gás do estado 2 para o estado 3 é isotérmica.
- d) A variação da energia interna no ciclo é nula.
- e) O gás sofre uma expansão adiabática ao passar do estado 1 para o estado 2.

Resolução:

Letra d

- a) **Incorreta** — A maior temperatura do gás ocorre no isoterma 1,2.
- b) **Incorreta** — $\tau_{\text{ciclo}} = \oint p \, dV$ [área interna]
- c) **Incorreta** — Isotérmicas são as transformações 1 \rightarrow 2 e 3 \rightarrow 4
- d) **Correta** — $\Delta U_{\text{ciclo}} = 0$
- e) **Incorreta** — 1 \rightarrow 2 transformação isotérmica.

Questão 030

(UFC-CE) Um sistema gasoso, originalmente no estado termodinâmico **a**, é levado para o estado **b** por meio de dois processos distintos, 1 e 2, mostrados na figura. No processo 1, o sistema realiza um trabalho, τ_1 , de 300 J e absorve uma quantidade de calor, Q_1 , de 800 J.

- a) Se no processo 2 o trabalho τ_2 realizado é de 100 J, quanto calor, Q_2 , é absorvido pelo sistema nesse processo?
- b) Quando o sistema é trazido de volta ao estado original **a**, pelo processo 3 (ver figura), o trabalho, τ_3 , de 200 J é realizado sobre o sistema. Que quantidade de calor, Q_3 , é envolvida nesse processo?
- c) O calor mencionado no item **b** é liberado ou absorvido pelo sistema?

- a) Se no processo 2 o trabalho τ_2 realizado é de 100 J, quanto calor, Q_2 , é absorvido pelo sistema nesse processo?
- b) Quando o sistema é trazido de volta ao estado original **a**, pelo processo 3 (ver figura), o trabalho, τ_3 , de 200 J é realizado sobre o sistema. Que quantidade de calor, Q_3 , é envolvida nesse processo?
- c) O calor mencionado no item **b** é liberado ou absorvido pelo sistema?

Resolução:

a) **Processo 1:**

1ª Lei da Termodinâmica: $Q = \tau + \Delta U$

$800 = 300 + \Delta U_{ab}$

$\Delta U_{ab} = 500 \text{ J}$

Processo 2:

$Q = \tau + \Delta U \Rightarrow Q_2 = 100 + 500 \text{ (J)}$

$Q_2 = 600 \text{ J}$

b) 1ª Lei da Termodinâmica:

$Q = \tau + \Delta U \Rightarrow Q_3 = -200 - 500 \text{ (J)}$

$Q_3 = -700 \text{ J}$

Observe que os sinais são negativos porque o sistema recebe trabalho e a energia interna diminui.

- c) O calor Q_3 é liberado pelo sistema.

Apêndice D

Listas de Exercícios

Lista 01 - Termometria

Formulário referente a Aula 01 de Termometria - conceitos Iniciais.

***Obrigatório**

1. E-mail *

2. O que motiva a transferência de calor de um corpo para outro é: 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- à quantidade de calor existente em cada um.
- à diferença de temperatura entre eles.
- à energia cinética total de suas moléculas.
- ao número de calorías existentes em cada um.
- nada do que se afirmou acima é verdadeiro.

3. 2 - Conceitualmente a temperatura de um corpo está relacionada (à medida) 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- da energia térmica contida no corpo.
- da energia em trânsito que flui do corpo mais quente para o corpo mais frio.
- a agitação atômico/molecular.
- da energia cinética de translação das moléculas.
- do calor que o corpo possui.

4. 3 - As grandezas físicas associadas à matéria dividem-se em duas categorias: as intensivas e as extensivas. O valor de uma grandeza intensiva, ao contrário da extensiva, não se altera pelo fato de a matéria ser dividida em duas ou mais partes. Assim, temperatura é uma grandeza

2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- intensiva.
- extensiva.

5. 4 - Considere um recipiente A que contém 3 litros de água quente, a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, e que seja distribuída em dois recipientes: B, de 1 litro e C, de 2 litros. Quanto às temperaturas da água em B e C, podemos afirmar que:

1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- serão iguais e menores do que $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- serão iguais a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- serão diferentes: $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ em B e $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ em C.
- serão diferentes: $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ em B e $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ em C.

6. 5 - Se dois corpos estão em equilíbrio térmico, então eles possuem

2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- a mesma quantidade de calor.
- a mesma quantidade de energia térmica.
- a mesma temperatura
- o mesmo fluxo de calor.
- a mesma quantidade de partículas.

7. 6 - Se dois sistemas (gases ideais) possuem a mesma energia cinética média de translação das suas moléculas, então esses sistemas 4 pontos

Marcar apenas uma oval.

- estão em equilíbrio térmico.
- têm iguais quantidades de energia térmica.
- possuem quantidade iguais de calor.
- têm iguais quantidade de matéria.
- trocam calor quando colocados em contato térmico.

8. 7 - Analise as proposições e indique a falsa 0 pontos

Marcar apenas uma oval.

- O somatório de toda a energia de agitação das partículas de um corpo é a energia térmica desse corpo.
- Dois corpos atingem o equilíbrio térmico quando suas temperaturas se tornam iguais.
- A energia térmica de um corpo é função da sua temperatura e do número de partículas.
- Somente podemos chamar de calor a energia térmica em trânsito, assim, não podemos afirmar que um corpo contém calor.
- A quantidade de calor que um corpo contém depende de sua temperatura e do número de partículas nele existentes.

9. 8 - Imagine dois corpos A e B com temperaturas T_A e T_B , sendo $T_A > T_B$. Quando colocamos esses corpos em contato térmico, podemos afirmar que ocorre o seguinte fato: 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- Os corpos se repelem.
- O calor flui do corpo A para o corpo B por tempo indeterminado.
- O calor flui do corpo B para o corpo A por tempo indeterminado.
- O calor flui de A para B até que ambos atinjam a mesma temperatura.
- Não acontece nada.

10. 9 - No café-da-manhã, uma colher metálica é colocada no interior de uma caneca que contém leite bem quente. A respeito desse acontecimento, são feitas três afirmativas. 4 pontos

- I. Após atingirem o equilíbrio térmico, a colher e o leite estão a uma mesma temperatura.
- II. Após o equilíbrio térmico, a colher e o leite passam a conter quantidades iguais de energia térmica.
- III. Após o equilíbrio térmico, cessa o fluxo de calor que existia do leite (mais quente) para a colher (mais fria).

Marcar apenas uma oval.

- somente a afirmativa I é correta;
- somente a afirmativa II é correta;
- somente a afirmativa III é correta;
- as afirmativas I e III são corretas;
- as afirmativas II e III são corretas.

11. 10 - Analise as proposições e indique a verdadeira. 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- Calor e energia térmica são a mesma coisa, podendo sempre ser usados tanto um termo como o outro, indiferentemente.
- Dois corpos estão em equilíbrio térmico quando possuem quantidades iguais de energia térmica.
- O calor sempre flui da região de menor temperatura para a de maior temperatura.
- Calor é energia que flui espontaneamente da região de maior temperatura para a de menor temperatura.
- Um corpo somente possui temperatura maior que a de um outro quando sua quantidade de energia térmica também é maior que a do outro.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Lista 01 - Termometria

Formulário referente a aula 02 de Termometria

***Obrigatório**

1. E-mail *

2. 1 - Que valor assinalaria um termômetro graduado na escala Fahrenheit num ambiente cuja temperatura é conhecida e igual a 30 °C? 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 1,1°F
- 36°F
- 54°F
- 86°F
- nada do que se afirmou acima é verdadeiro.

3. 2 - Um termômetro graduado na escala Kelvin e outro na Celsius estão mergulhados num mesmo Líquido. O segundo assinala 20°C. Quando indica o primeiro? 1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- 253 K
- 273 K
- 293 K
- 373 K

4. 3 - Qual a temperatura em que a indicação na escala Fahrenheit supera em 48 unidades a da escala Celsius? 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 0,91 °C
- 1,76 °C
- 20 °C
- 170 °C

5. 4 - Um termômetro graduado na escala Fahrenheit sofre uma variação de temperatura de 45 °F. Qual a correspondente variação de temperatura para um termômetro graduado na escala Celsius? 1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- 5 °C
- 15 °C
- 25 °C
- 45 °C
- 81 °C

6. 5 - A escala Kelvin de temperatura tem origem no zero absoluto. Qual a indicação na escala Fahrenheit correspondente a essa temperatura? 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 459,4 °F
- 273,15 °F
- 273 °F
- 212 °F
- 32 °F

7. 6 - Em um termômetro a álcool, a grandeza termométrica é a altura da coluna de álcool no capilar. Seus pontos fixos são: Ponto do Gelo: $T_g = 0^\circ\text{C}$ e $h_g = 10\text{ cm}$ e Ponto do Vapor: $T_v = 100^\circ\text{C}$ e $h_v = 20\text{ cm}$. Estabeleça a equação termométrica da temperatura T em função da altura h . 3 pontos

Marcar apenas uma oval.

- $T = 100h + 10$
- $T = 20h - 100$
- $T = -10h + 200$
- $T = 10h + 20$
- $T = 10h - 100$

8. 7 - Em um termômetro clínico a grandeza termométrica é o comprimento C da coluna do mercúrio. Conhecemos as seguintes relações: $C_1 = 2\text{ cm}$ e $T_1 = 32^\circ\text{C}$; $C_2 = 15\text{ cm}$ e $T_2 = 45^\circ\text{C}$. Ao medir a temperatura de uma criança, o comprimento da coluna de mercúrio chegou a 10 cm . Qual era a temperatura da criança? 4 pontos

Marcar apenas uma oval.

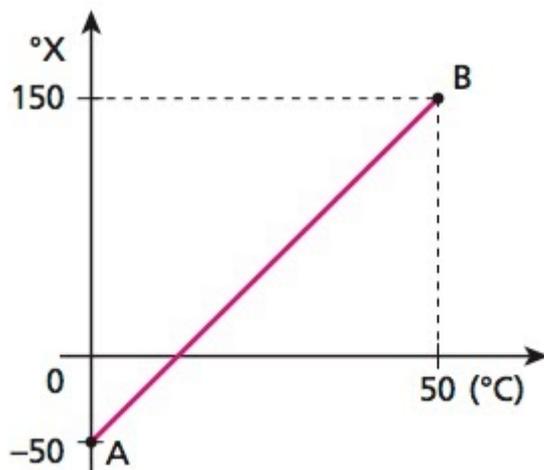
- 36°C
- 37°C
- 38°C
- 39°C
- 40°C

9. 8 - Um professor de Física inventou uma escala termométrica que chamou de escala X. Comparando-a com a escala Celsius, ele observou que $-4\text{ }^{\circ}\text{X}$ correspondiam a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $44\text{ }^{\circ}\text{X}$ equivaliam a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Que valor essa escala X assinalaria para a temperatura média do corpo humano ($36\text{ }^{\circ}\text{C}$)? 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- $5,8\text{ }^{\circ}\text{X}$
- $8,8\text{ }^{\circ}\text{X}$
- $15,6\text{ }^{\circ}\text{X}$
- $36\text{ }^{\circ}\text{X}$
- $70\text{ }^{\circ}\text{X}$

10. 9 - Uma escala termométrica X foi comparada com a escala Celsius, obtendo-se o gráfico dado a seguir, que mostra a correspondência entre os valores das temperaturas nessas duas escalas. Qual a indicação da escala X, quando tivermos $80\text{ }^{\circ}\text{C}$? 4 pontos



Marcar apenas uma oval.

- $120\text{ }^{\circ}\text{X}$
- $170\text{ }^{\circ}\text{X}$
- $250\text{ }^{\circ}\text{X}$
- $270\text{ }^{\circ}\text{X}$
- $320\text{ }^{\circ}\text{X}$

11. 10 - Na aferição de um termômetro mal construído, ele foi comparado com um termômetro correto. Para os pontos $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ do termômetro correto, o mal construído marcou, respectivamente, $97,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se esse termômetro marcar $17,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, qual será a temperatura correta? 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

$17\text{ }^{\circ}\text{C}$

$20\text{ }^{\circ}\text{C}$

$28\text{ }^{\circ}\text{C}$

$32\text{ }^{\circ}\text{C}$

$38\text{ }^{\circ}\text{C}$

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Lista 03 - Propagação de Calor

Formulário referente a Aula 03 - 2020

O e-mail do participante (**null**) foi registrado durante o envio deste formulário.

1. E-mail *

2. 1 - A respeito dos processos de transmissão de calor, considere proposições abaixo e indique a(s) opção(ões) correta(s):) 1 ponto

- I. Na convecção, o calor é transferido de um lugar para outro tendo como agentes os próprios fluidos;
- II. Na condução, ocorre a transferência de energia cinética entre as partículas;
- III. Na irradiação, o calor é transmitido sob a forma de ondas eletromagnéticas.

Marcar apenas uma oval.

- I, apenas.
- II, apenas.
- I e II, apenas.
- II e III, apenas.
- I, II e III.

3. 2 - Analise as situações a seguir descritas, considerando-se o processo de transferência de calor relacionado a cada uma delas e indique posteriormente a que processo elas correspondem respectivamente. 2 pontos

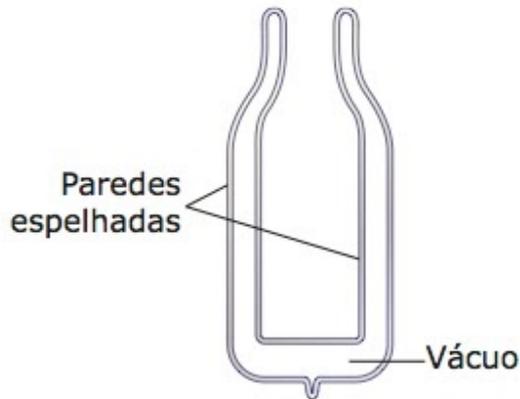
- I. Um legume se aquece ao ser colocado dentro de uma panela com água fervente.
- I. O congelador, localizado na parte superior de uma geladeira, resfria todo o interior da mesma.
- III. Os componentes eletrônicos de aparelhos, em funcionamento, de uma estação espacial, transmitem calor para o espaço.

Marcar apenas uma oval.

- condução, convecção e condução.
- convecção, radiação e convecção.
- condução, convecção e radiação.
- radiação, condução e radiação.

4. 3 - Uma garrafa térmica, do tipo das usadas para manter café quente, consiste em um recipiente de vidro de parede dupla com vácuo entre as paredes. Essas paredes são espelhadas. O vácuo e as paredes espelhadas são usados para dificultar a transmissão de calor, estando relacionados com uma ou mais formas de transmissão. Assinale a alternativa que relaciona CORRETAMENTE as características da garrafa térmica com as formas de transmissão de calor que essas características tentam impedir.

2 pontos



Marcar apenas uma oval.

- Parede espelhada: condução e Vácuo: radiação.
- Parede espelhada: condução e Vácuo: radiação e convecção
- Parede espelhada: radiação e Vácuo: condução e convecção
- Parede espelhada: radiação e Vácuo: radiação, condução e convecção

5. 4 - Analise as afirmações dadas a seguir e dê como resposta o somatório correspondente às corretas. 2 pontos

(01) As três formas de propagação do calor são: condução, convecção e radiação.

(02) A radiação se processa apenas no vácuo.

(04) A condução precisa de um meio material para se processar.

(08) A convecção ocorre apenas no vácuo.

(16) A convecção ocorre também no vácuo.

Marcar apenas uma oval.

02

05

06

10

26

6. 5 - Ao colocar a mão sob um ferro elétrico quente, sem tocar na sua superfície, sentimos a mão “queimar”. Isso ocorre porque a transmissão de calor entre o ferro elétrico e a mão se deu principalmente através de: 3 pontos

Marcar apenas uma oval.

Irradiação.

condução.

convecção.

condução e convecção.

convecção e radiação.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Lista 04 - Transmissão de Calor

Formulário referente a aula 01/02

O e-mail do participante (**null**) foi registrado durante o envio deste formulário.

1. E-mail *

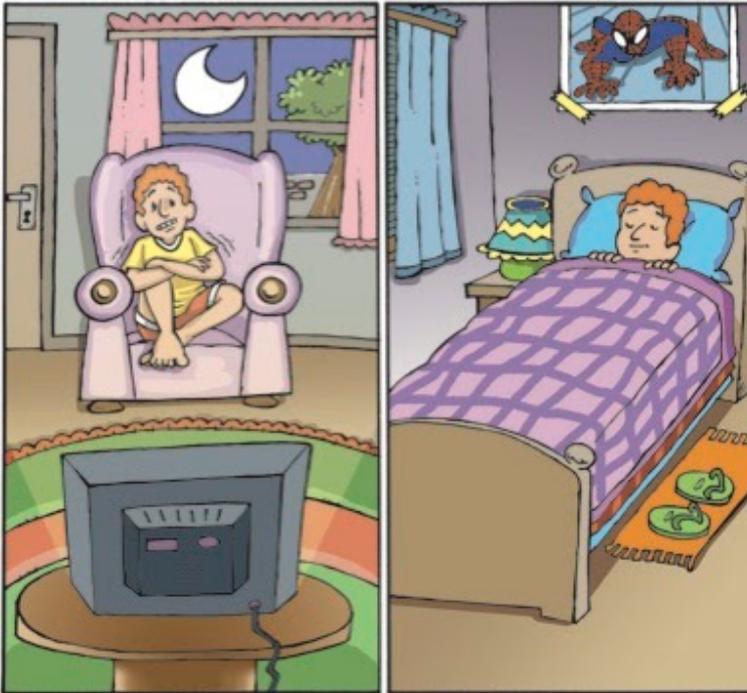
2. 1 - Você sabe que o aprendizado da Física também se faz por meio da observação das situações que ocorrem no nosso dia-a-dia. Faça um experimento. Caminhe descalço sobre um carpete ou um tapete e sobre um piso cerâmico, como o do banheiro da sua casa, por exemplo. Você vai notar que o piso cerâmico parece mais frio do que o tapete, apesar de estarem à mesma temperatura. Essa diferença de sensação se deve ao fato de: 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- a rigidez do piso cerâmico ser menor que a do tapete;
- a temperatura do piso cerâmico ser menor que a do tapete;
- a temperatura do tapete ser menor que a do piso cerâmico;
- a condutividade térmica do piso cerâmico ser maior que a do tapete;
- a condutividade térmica do piso cerâmico ser menor que a do tapete.

3. 2 - Numa noite muito fria, você ficou na sala assistindo à televisão. Após algum tempo, foi para a cama e deitou-se debaixo das cobertas (lençol, cobertor e edredom). Você nota que a cama está muito fria, apesar das cobertas, e só depois de algum tempo o local se torna aquecido. Isso ocorre porque:

2 pontos



Marcar apenas uma oval.

- o cobertor e o edredom impedem a entrada do frio que se encontra no meio externo;
- o cobertor e o edredom possuem alta condutividade térmica;
- o cobertor e o edredom possuem calor entre suas fibras, que, ao ser liberado, aquece a cama;
- o cobertor e o edredom não são aquecedores, são isolantes térmicos, que não deixam o calor liberado por seu corpo sair para o meio externo;
- sendo o corpo humano um bom absorvedor de frio, após algum tempo não há mais frio debaixo das cobertas.

4. 3 - Uma garrafa e uma lata de refrigerante permanecem durante vários dias em uma geladeira. Quando pegamos a garrafa e a lata com as mãos desprotegidas para retirá-las da geladeira, temos a impressão de que a lata está mais fria do que a garrafa. Isso é explicado pelo fato de: 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- a temperatura do refrigerante na lata ser diferente da temperatura do refrigerante na garrafa;
- a capacidade térmica do refrigerante na lata ser diferente da capacidade térmica do refrigerante na garrafa;
- o calor específico dos dois recipientes ser diferente;
- o coeficiente de dilatação térmica dos dois recipientes ser diferente;
- a condutividade térmica dos dois recipientes ser diferente.

5. 4 - Usando o seus conhecimentos de transmissão de calor, analise as proposições e indique a que você acha correta. 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- A condução térmica é a propagação do calor de uma região para outra com deslocamento do material aquecido.
- A convecção térmica é a propagação de calor que pode ocorrer em qualquer meio, inclusive no vácuo.
- A radiação térmica é a propagação de energia por meio de ondas eletromagnéticas e ocorre exclusivamente nos fluidos.
- A transmissão do calor, qualquer que seja o processo, sempre ocorre, naturalmente, de um ambiente de maior temperatura para outro de menor temperatura.
- As correntes ascendentes e descendentes na convecção térmica de um fluido são motivadas pela igualdade de suas densidades.

6. 5 - Na cidade de São Paulo, em dias de muito frio é possível observar o fenômeno conhecido como inversão térmica, que provoca um aumento considerável nos índices de poluição do ar (tem-se a impressão de que os gases poluentes não conseguem subir para se dispersar). Nos dias quentes ocorre o oposto, os gases poluentes sobem e são dispersados pelas correntes de ar. Esse processo de movimentação de massas gasosas, a temperaturas diferentes, ocorre devido à:

2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- elevação da pressão atmosférica.
- convecção térmica.
- radiação térmica.
- condução térmica.
- criogenia

7. 6 - A refrigeração e o congelamento de alimentos são responsáveis por uma parte significativa do consumo de energia elétrica numa residência típica. Para diminuir as perdas térmicas de uma geladeira, podem ser tomados alguns cuidados operacionais. Para uma geladeira tradicional, é correto indicar, apenas,:

- I. Distribuir os alimentos nas prateleiras deixando espaços vazios entre eles, para que ocorra a circulação do ar frio para baixo e do ar quente para cima.
- II. Manter as paredes do congelador com camada bem espessa de gelo, para que o aumento da massa de gelo aumente a troca de calor no congelador.
- III. Limpar o radiador ("grade" na parte de trás) periodicamente, para que a gordura e a poeira que nele se depositam não reduzam a transferência de calor para o ambiente.

Marcar apenas uma oval.

- a operação I.
- a operação II.
- as operações I e II.
- as operações I e III.
- as operações II e III

8. 7 - Uma estufa para a plantação de flores é feita com teto e paredes de vidro comum. Dessa forma, durante o dia, o ambiente interno da estufa é mantido a uma temperatura mais alta do que o externo. Isso se dá também porque o vidro comum: 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

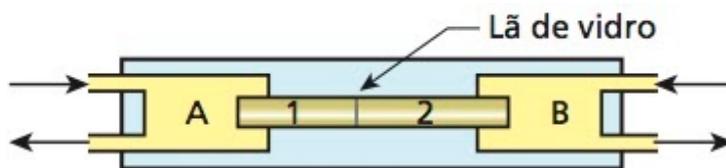
- permite a entrada da luz solar, mas não permite a saída dos raios ultravioleta emitidos pelas plantas e pelo solo da estufa.
- é transparente à luz solar, mas opaco aos raios infravermelhos emitidos pelas plantas e pelo solo da estufa.
- é opaco à luz solar, mas transparente aos raios infravermelhos emitidos pelas plantas e pelo solo da estufa.
- ao ser iluminado pela luz solar, produz calor, aquecendo as plantas.
- não permite a entrada da luz solar, mas permite a saída dos raios ultravioleta, emitidos pelas plantas e pelo solo da estufa.

9. 8 - A área total das paredes externas de uma geladeira é 4,0 metros quadrados e a diferença de temperatura entre o exterior e o interior da geladeira é 25 °C. Se a geladeira tem um revestimento de poliestireno com 25 mm de espessura. Qual a quantidade de calor que flui através das paredes da geladeira durante 1,0 h, em watt-hora, sabendo que a condutividade térmica do revestimento de poliestireno é 0,01 W/(m °C) ? 4 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 4 Wh
- 5 Wh
- 10Wh
- 25 Wh
- 40 Wh

10. 9 - O esquema a seguir representa o aparelho de Searle, no qual se notam 3 pontos
duas câmaras, A e B, por onde circulam fluidos a temperaturas constantes e
respectivamente iguais a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Duas barras metálicas, 1 e 2, de
mesma seção transversal, são associadas como se indica; as extremidades
da associação adentram as câmaras A e B. Os comprimentos das barras 1 e
2 valem, respectivamente, 10 cm e 16 cm e os coeficientes de
condutibilidade térmica, na mesma ordem, são $1,0\text{ cal/s cm }^{\circ}\text{C}$ e $0,4\text{ cal/s}$
 $\text{cm }^{\circ}\text{C}$. Estabelecido o regime permanente de condução, qual é a
temperatura na junção da associação das barras?



Marcar apenas uma oval.

- $80\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $70\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Lista 05 - Calorimetria

Formulário referente a Aula 05 de Calorimetria

O e-mail do participante (**null**) foi registrado durante o envio deste formulário.

1. E-mail *

Questão 1

Um bloco de 20 g de prata, inicialmente a 20 °C, é aquecido até 70 °C, ao receber 1 680 calorias. Determine:

- a) a capacidade térmica desse bloco de prata;
- b) o calor específico da prata.

Resposta:

- a) 33,6 cal/g
- b) 1,68 cal/g°C

2. Tente fazer a questão acima e diga para o Jordão se você (uma pessoa espertinha!), conseguiu fazer! 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- Consegui fazer.
- Não consegui fazer.

Questão 2

3. Uma garrafa térmica contém água a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. O conjunto garrafa térmica + água possui capacidade térmica igual a $80\text{ cal}/^{\circ}\text{C}$. O sistema é colocado sobre uma mesa e após algum tempo sua temperatura diminui para $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Qual foi a perda de energia térmica para o ambiente nesse intervalo de tempo? 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 400 cal
- 4800 cal
- 4400 cal
- 8800 cal
- Não sei

Questão 3

4. Qual a quantidade de calor precisamos fornecer para 50 g de gelo a -10°C para transformar essas 50 g em 50 g de água líquida a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$? Dados: calor específico do gelo = $0,5\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$; Calor latente de fusão = 80 cal/g ; calor específico da água líquida = $1,0\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$. 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 2000 cal
- 1750 cal
- 5500 cal
- 5750 cal
- 6000 cal

Questão 4

5. Um aquecedor elétrico de potência 1 500 W e capacidade de 135 litros está totalmente cheio com água à temperatura ambiente (20 °C). Quanto tempo o aquecedor gasta para elevar a temperatura dessa água até 60 °C? Dados: calor específico da água = 1,0 cal/g °C; densidade absoluta da água = 1,0 kg/L; 1 caloria = 4 joules. 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 2,4 s
- 120 min
- 2 dias
- 4,0 h
- 8 semanas

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Lista 06 - Calorimetria

Formulário referente a Aula 05 de Calorimetria

O e-mail do participante (**null**) foi registrado durante o envio deste formulário.

1. E-mail *

Questão 1

Uma dona de casa coloca no interior de uma garrafa térmica o café que acabou de preparar. São 0,5 kg de água + pó de café a 90 °C. Se a garrafa térmica estava à temperatura ambiente (12 °C) e atinge o equilíbrio térmico a 87 °C, qual a capacidade térmica dessa garrafa em cal/°C ?

Dado: calor específico da água + pó de café = 1,0 cal/g °C

2.

2 pontos

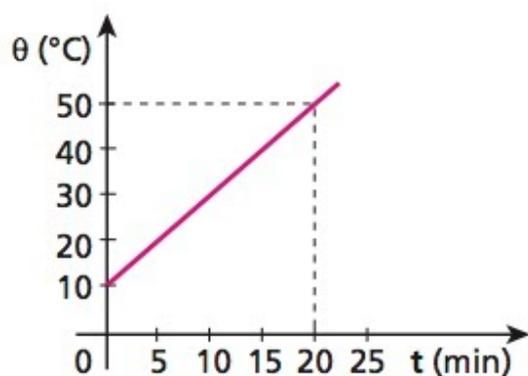
Marcar apenas uma oval.

- 20
- 0,02
- 200
- 100
- 40

Questão 2

Uma fonte térmica de potência constante fornece 50cal/min para uma amostra de 100g de uma substância. O gráfico fornece a temperatura em função do tempo de aquecimento desse corpo. Qual o valor do calor específico do material dessa substância?

Resposta: $c = 0,25 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$



3.

2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- Consegui fazer.
- Não consegui fazer, mas entendi a questão.
- Não sei nem começar.

Questão 3

Quando colocamos 100 g de gelo a -10°C dentro de 200 g de água a 80°C . Qual será a temperatura de equilíbrio térmico?

Dados:

calor específico do gelo = $0,5 \text{ cal/g } ^{\circ}\text{C}$

calor específico da água = $1,0 \text{ cal/g } ^{\circ}\text{C}$

Calor Latente de fusão da água = 80 cal/g

4.

4 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 15°C
- 77°F
- 303 K
- 45°C

Questão 4

Um recipiente de capacidade térmica desprezível, contendo 400 g de água a 15 °C, recebe uma esfera de cobre a 120 °C. Desprezando as possíveis perdas de calor e sabendo que o equivalente em água dessa esfera é igual a 20 g, determine a temperatura final de equilíbrio térmico.

Dado: calor específico da água = 1,0 cal/g °C

5.

2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 10 °C
- 20 °C
- 25 °C
- 30 °C
- Não sei.

Questão 05

Derramando-se 50 centímetros cúbicos de café quente (80°C) em um copo de leite morno (40°C), obtêm-se 250 centímetros cúbicos de café com leite a uma temperatura aproximada de:

Obs.: O calor específico e a densidade do café e do leite são aproximadamente iguais.

6.

3 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 48 °C
- 55 °C
- 60 °C
- 65 °C
- 78 °C

Questão06

Num calorímetro de capacidade térmica 10 cal /°C, tem-se uma substância líquida de massa 200g, calor específico 0,2 cal / g°C a 60°C. Adiciona-se nesse calorímetro uma massa de 100g e de calor específico 0,1 cal / g°C à temperatura de 30°C. Qual será a temperatura de equilíbrio?

Resposta: 55°C

7.

3 pontos

Marcar apenas uma oval.

- Consegui fazer.
- Comecei mas não cheguei na resposta.
- Não consegui nem começar.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Lista 07 - Diagrama de Fases

Formulário referente a Aula 07 de Diagrama de Fases - Vídeo e Texto

O e-mail do participante (**null**) foi registrado durante o envio deste formulário.

1. E-mail *

Questão 1

2. Que efeito exerce, na temperatura de ebulição de um líquido, a variação de pressão sobre sua superfície? 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- O aumento da pressão eleva a temperatura de ebulição.
- O aumento da pressão abaixa a temperatura de ebulição.
- A diminuição da pressão faz cessar a ebulição.
- A diminuição de pressão acarreta uma oscilação na temperatura de ebulição
- Nenhum

Questão 2

3. As temperaturas de ebulição da água nas cidades A e B são, respectivamente, 96 °C e 100 °C. É correto afirmar que:

2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- a altitude de B é maior que a de A.
- as duas cidades estão ao nível do mar.
- a cidade A está acima do nível do mar.
- a pressão atmosférica em A é maior que em B.
- as duas cidades possuem a mesma pressão atmosférica.

Questão 3

4. Numa panela de pressão a água:

3 pontos

Marcar apenas uma oval.

- demora mais para ferver, mas a temperatura atingida é maior que numa panela comum;
- ferve rapidamente e atinge maior temperatura;
- demora mais para ferver e atinge temperatura menor que numa panela comum;
- ferve rapidamente, atingindo temperatura menor que numa panela comum;
- sempre ferve a 100°C, independentemente da pressão exercida em sua superfície livre.

Questão 4

5. Colocando água gelada no interior de um copo de vidro seco, observa-se, com o passar do tempo, a formação de gotículas de água na parede externa do copo. Isso se deve ao fato de que: 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- a água gelada atravessa a parede do copo.
- as gotas d'água sobem pela parede interna do copo alcançando a parede externa, onde se depositam.
- a água fria cria microfissuras na parede do copo de vidro, pelas quais a água passa para fora.
- o vapor d'água presente na atmosfera se condensa.
- o copo é de vidro.

Questão 05

6. Quando alguém vai tomar um café muito quente, costuma assoprar a superfície do líquido. Com isso, o café esfria mais depressa, porque: 3 pontos

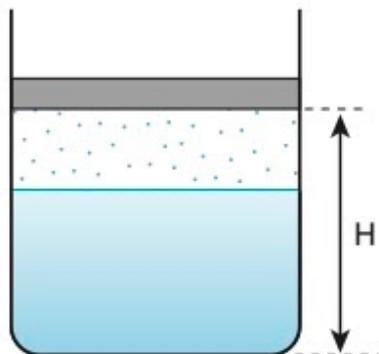
Marcar apenas uma oval.

- o ar expelido pela pessoa é mais frio que o café e retira calor do sistema;
- o ar expelido pela pessoa evita que o calor saia pela superfície livre, forçando-o a sair pelas faces da xícara;
- o ar expelido retira o vapor de água existente na superfície do café, reduzindo a pressão de vapor e, desse modo, favorecendo a evaporação;
- o ar expelido combina quimicamente com o vapor de água, retirando energia térmica do café;
- é um costume que vem do século XVII, da Corte dos reis da França, quando os nobres descobriram o café.

Questão 06

7. Num recipiente dotado de êmbolo, há um líquido em equilíbrio com o seu vapor. Se levantarmos o êmbolo, aumentando o volume, sem alterar a temperatura:

3 pontos

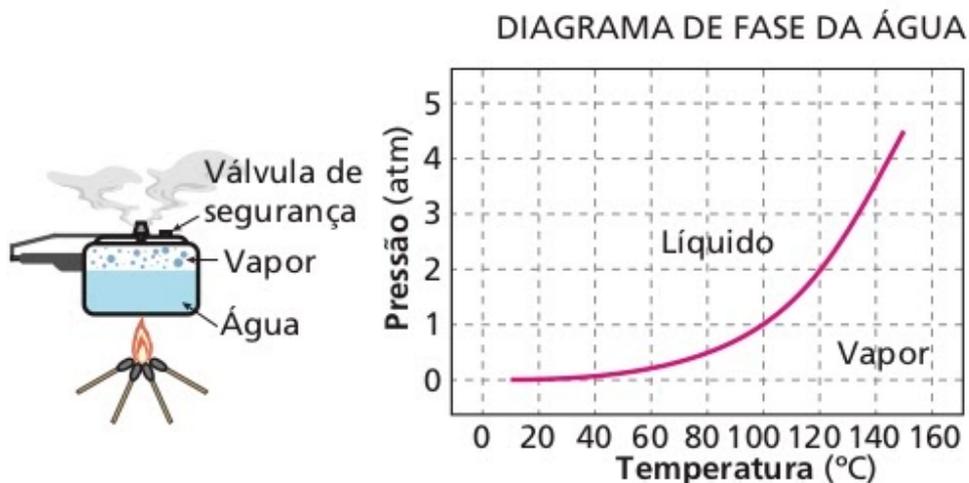


Marcar apenas uma oval.

- parte do vapor se condensará;
- mais líquido vaporizará;
- líquido e vapor manterão a mesma proporção;
- o líquido ferverá obrigatoriamente;
- parte do líquido se transformará em sólido.

Questão 07

8. A panela de pressão permite que os alimentos sejam cozidos em água muito mais rapidamente do que em panelas comuns. A seguir, a figura mostra esquematicamente uma panela de pressão e o diagrama de fase da água. Qual das afirmações não é verdadeira? 4 pontos



Marcar apenas uma oval.

- A vantagem do uso da panela de pressão é a rapidez para o cozimento devido à quantidade adicional de calor que é transferida para a panela.
- Quando a pressão no interior da panela atinge 2atm, a água entra em ebulição a 120 °C.
- Para 4atm no interior da panela, a água ferve a uma temperatura acima de 140 °C.
- Em Santos, em uma panela comum, a água ferve aproximadamente a 100 °C.
- Numa panela comum, num local à grande altitude, a água entra em ebulição abaixo de 100 °C.

Questão 08

9. Na coluna da esquerda temos alguns locais com suas respectivas altitudes; na da direita, temperaturas de ebulição da água. Associe as duas colunas e identifique a alternativa correta. 4 pontos

Marcar apenas uma oval por linha.

	101°C	90 °C	71 °C	96 °C
Quito(2.851m)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Monte Everest (8.882 m)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mar Morto(-395 m)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Brasília (1.152 m)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Questão 09:

10. A temperatura crítica da água é 647K. Com base nessa informação, podemos afirmar que a água está sob a forma de: 3 pontos

Marcar apenas uma oval.

- vapor, acima de 400°C.
- gás, a 300°C.
- vapor, a 600 °C.
- gás, a 400°C.
- vapor, abaixo de 647°C.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Lista 08 - Dilatação - 2020

Formulário referente a Aula 08 de Dilatação

O e-mail do participante (**null**) foi registrado durante o envio deste formulário.

1. E-mail *

Questão 01

2. Assinale a opção que indica a dilatação (em cm) que um trilho de 100m sofreria devido a uma variação de temperatura igual a 20°C , sabendo que o coeficiente de dilatação linear do trilho vale $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. 1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- 3,6
- 2,4
- 1,2
- 0,0012
- 0,024

Questão 02

3. Uma chapa de aço que está, inicialmente, à temperatura ambiente (25°C) é aquecida até atingir a temperatura de 115°C . Se o coeficiente de dilatação linear da chapa é igual a $1,1 \cdot 10^{-4}$ kelvin recíproco, sua área aumentou, por causa do aquecimento, aproximadamente: 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 2%
- 0,2%
- 0,001%
- 0,01%
- 0,1%

Questão 03

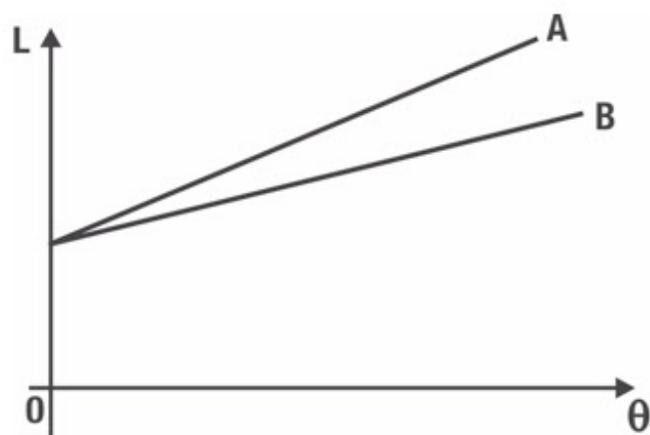
4. É muito comum acontecer, quando copos iguais são empilhados, colocando-se um dentro do outro, de dois deles ficarem emperrados, tornando-se difícil separá-los. Considerando o efeito da dilatação térmica, pode-se afirmar que é possível retirar um copo de dentro do outro se: 1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- os copos emperrados forem mergulhados em água bem quente.
- no copo interno for despejada água quente e o copo externo for mergulhado em água bem fria.
- os copos emperrados forem mergulhados em água bem fria.
- no copo interno for despejada água fria e o copo externo for mergulhado em água bem quente.
- não é possível separar os dois copos emperrados considerando o efeito da dilatação térmica.

Questão 04

O gráfico a seguir representa o comprimento L , em função da temperatura θ , de dois fios metálicos finos A e B.



5. Com base nessas informações, é correto afirmar que:

2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- os coeficientes de dilatação lineares dos fios A e B são iguais;
- o coeficiente de dilatação linear do fio B é maior que o do fio A;
- o coeficiente de dilatação linear do fio A é maior que o do fio B;
- os comprimentos dos dois fios em $\theta=0$ são diferentes.

Questão 05

Questão 05

A tabela a seguir apresenta os valores dos coeficientes de dilatação linear de alguns materiais.

6. Em uma região, onde é normal ocorrerem grandes variações de temperatura, 2 pontos foi construída uma passarela de aço. À temperatura de 15°C o comprimento da passarela é igual a 50m. Qual a variação de comprimento dela, num dia em que a temperatura passa de 15°C para 45°C? A tabela a seguir apresenta os valores dos coeficientes de dilatação linear de alguns materiais.

Material	Coeficiente de dilatação Linear $\{(\text{°C})^{-1}\}$
Alumínio	24×10^{-6}
Cobre	17×10^{-6}
Aço	11×10^{-6}
Concreto	12×10^{-6}

Marcar apenas uma oval.

- 16,5 mm
- 1,6,5 cm
- 150 cm
- 16,0 cm
- 1,60 dm

Questão 06

7. Uma placa apresenta inicialmente área de 1 metro quadrado a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ao ser aquecida até $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, sua área aumenta de 0,8 centímetro quadrado. Determine o coeficiente de dilatação linear médio do material que constitui a placa em grau Celsius recíproco. 4 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 0,0000016
- 0,000016
- 0,00000024
- 0,0000008
- 0,00000008

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Lista 10 - Comportamento Térmico dos Gases

Formulário referente a Aula 10 de Comportamento Térmico dos Gases

O e-mail do participante (**null**) foi registrado durante o envio deste formulário.

1. E-mail *

Questão 01

2. Certa massa de gás ideal, inicialmente nas CNTP (condições normais de temperatura e pressão: $T=0^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$ e $p = 1,0\text{ atm}$), sofre uma transformação isobárica e aumenta seu volume em 80%. Em graus Celsius, qual foi a variação de temperatura sofrida por esse gás? Resposta: $218,4^{\circ}\text{C}$ 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- Consegui fazer.
- Não consegui fazer, mas entendi.
- Não consegui nem começar.

Questão 02

3. Um congelador doméstico (freezer) está regulado para manter a temperatura de seu interior a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sendo a temperatura ambiente igual a $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, o congelador é aberto e, pouco depois, fechado novamente. Suponha que o freezer tenha boa vedação e que tenha ficado aberto o tempo necessário para o ar em seu interior ser trocado por ar ambiente. Quando a temperatura do ar no freezer voltar a atingir $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, a pressão em seu interior será:
- 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- cerca de 150% da pressão atmosférica.
- cerca de 118% da pressão atmosférica.
- igual à pressão atmosférica.
- cerca de 85% da pressão atmosférica.
- cerca de 67% da pressão atmosférica.

Questão 03

4. Um pneu de automóvel contém ar sob pressão de $3,0\text{ atm}$ à temperatura de $7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Após viagem de 72 km , verifica-se que a temperatura do pneu atinge $47\text{ }^{\circ}\text{C}$. Considerando o ar um gás ideal e desprezando a variação de volume do pneu, a pressão do ar nessa nova condição vale, em atmosferas:
- 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 3,1.
- 3,4.
- 3,7.
- 4,0.
- 4,3.

Questão 04

5. Num recipiente rígido de 41 L de capacidade, são colocados 10 mols de um gás perfeito, à temperatura de 177 °C. Qual o valor da pressão exercida por esse gás nas paredes internas do recipiente? Dado: constante universal dos gases perfeitos $R = 0,082 \text{ atm L/mol K}$ 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 0,35
- 3,0
- 3,5
- 7,0
- 9,0

Questão 05

6. Um mol de gás ideal, inicialmente num estado A, ocupa o volume de 5,6 litros. Após sofrer uma transformação isotérmica, é levado ao estado B. Sabendo que em B o gás está nas CNTP (condições normais de temperatura e pressão), podemos afirmar que em A: 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- a pressão é desconhecida e não pode ser determinada com os dados disponíveis.
- a pressão é de 1,0 atm.
- a pressão é de 2,0 atm.
- a pressão é de 4,0 atm.
- a pressão é de 5,6 atm.

Questão 06

7. Considerando-se p a pressão, V o volume, T a temperatura absoluta, M a massa de 1 mol e R a constante universal dos gases perfeitos, qual a relação que representa a densidade absoluta de um gás perfeito? 3 pontos

Marcar apenas uma oval.

- $d=MR/pT.$
- $d=pV/RT.$
- $d=pM/RT.$
- $d=RT/pV.$
- $d=p/MRT.$

Questão 07

8. Um recipiente provido de êmbolo contém um gás ideal, de tal forma que $V_1 = 2,0$ L, $p_1=3,495$ atm e $T_1 = 233$ K. O êmbolo é comprimido, reduzindo o volume em 40%. De quanto devemos aquecer esse gás para que a pressão se torne igual a 7,825 atm? Dê a resposta na escala Fahrenheit. 3 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 80,0 °F
- 144,0 °F
- 313,0 °F
- 193,0 °F
- 315,4 °F

Questão 08

9. Considere um gás ideal contido em um recipiente. Os valores iniciais de volume, pressão e temperatura são $15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, 200 kPa e 300 K, respectivamente. Se o volume é diminuído para $12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ e a pressão, aumentada para 350 kPa, e admitindo-se que a quantidade de gás no recipiente permaneça constante, a temperatura final do gás será:

2 pontos

Marcar apenas uma oval.

420 K

400 K

350 K

300 K

120 K

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Lista 11 - 1ª Lei da Termodinâmica

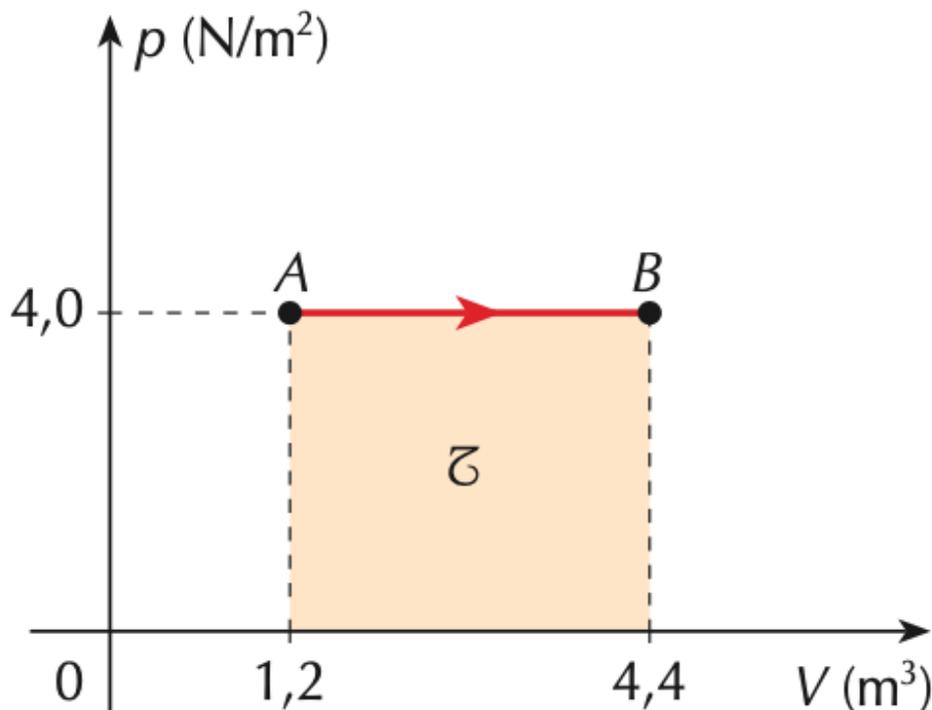
Formulário referente a Aula 11 de 1ª Lei da Termodinâmica

O e-mail do participante (**null**) foi registrado durante o envio deste formulário.

1. E-mail *

Questão 01

Um gás encerrado por um cilindro com êmbolo móvel recebe de uma fonte térmica a quantidade de calor $Q = 8 \text{ cal}$, submetido a uma pressão constante, provocando uma expansão isobárica desse gás, que varia seu volume, como mostra o gráfico a seguir.



2. Pode-se afirmar que a variação da energia interna desse gás de acordo com a primeira lei da Termodinâmica, considerando $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$, vale: 2 pontos

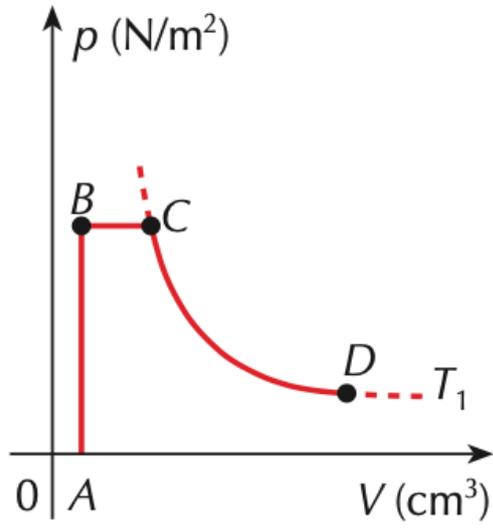
Marcar apenas uma oval.

- 19,2 J
- 10,4 J
- 14,2 J
- 12,6 J
- 8,2 J

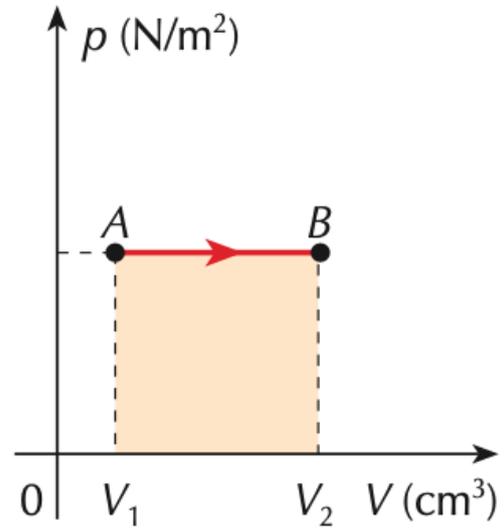
Questão 02

Os gráficos abaixo mostram transformações a que foi submetido um gás ideal.

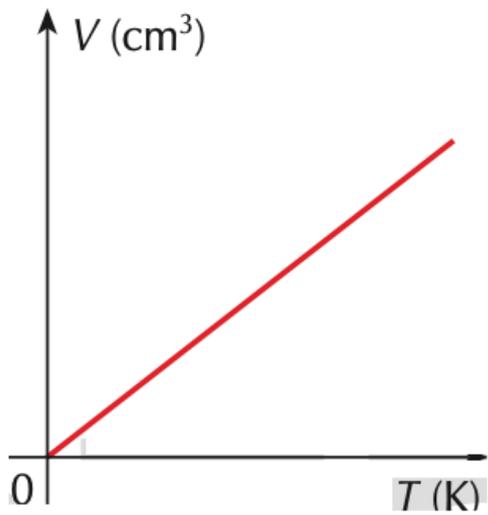
a)



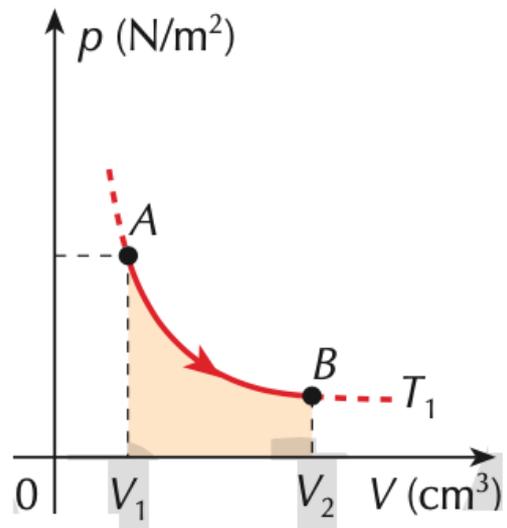
c)



b)



d)



Analisando esses gráficos é correto afirmar-se que:

(01) no gráfico (a) observam-se três transformações: uma isovolumétrica, de A para B, uma isobárica, de B para C, e uma isotérmica, de C para D.

(02) o gráfico (b) representa uma transformação isobárica.

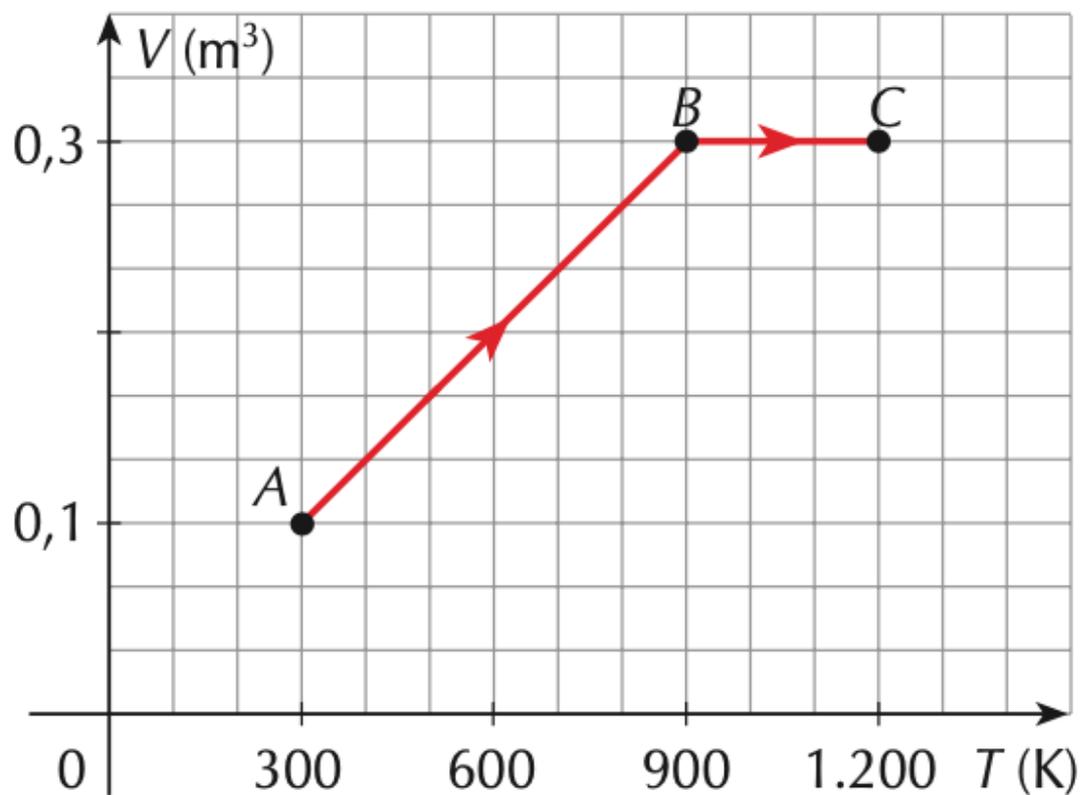
(04) a área destacada no gráfico (c) representa o trabalho realizado pelo gás, para ir do estado A para o estado B.

(08) se o gráfico (d) representar uma transformação isotérmica, a área destacada representará o calor recebido pelo gás, na transformação de A para B.

3. Dê como resposta a soma dos números que precedem as afirmativas corretas. 2 pontos

Questão 03

Um mol de um gás ideal, inicialmente à temperatura de 300 K, é submetido ao processo termodinâmico $A \rightarrow B \rightarrow C$ mostrado no diagrama V versus T .



4. Determine o trabalho realizado pelo gás, em calorias [considere $R = 2,0$ cal/(mol.K)].

2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 1.200 cal
- 1.300 cal
- 1.400 cal
- 1.500 cal
- 1.600 cal

Questão 04

5. Uma pequena quantidade de um gás ideal é mantida hermeticamente fechada dentro de um cilindro rígido dotado de um êmbolo. Puxando-se rapidamente o êmbolo, verifica-se uma diminuição na temperatura do gás. Em relação à transformação sofrida por esse gás, é verdadeiro afirmar que: 2 pontos

Marcar apenas uma oval.

- o volume aumentou, num processo isobárico.
- a pressão diminuiu, num processo isovolumétrico.
- o volume aumentou, num processo isotérmico.
- o volume aumentou proporcionalmente mais do que a pressão diminuiu.
- a pressão diminuiu proporcionalmente mais do que o volume aumentou.

Questão 05

Um cilindro de metal dotado de um êmbolo móvel, em cujo interior se encontra um gás em equilíbrio termodinâmico, é semelhante a uma bomba de encher pneus de bicicleta com a saída de ar bloqueada. Ao fazer-se uma força sobre o êmbolo, resultando na compressão muito rápida do gás, o que caracteriza uma transformação adiabática,

- I. Ocorre um aumento na temperatura do gás.
- II. O trabalho realizado pela força aumenta a energia interna do gás.
- III. O trabalho realizado pela força é igual ao calor liberado para o meio externo.

6. Está(ão) correta(s) apenas:

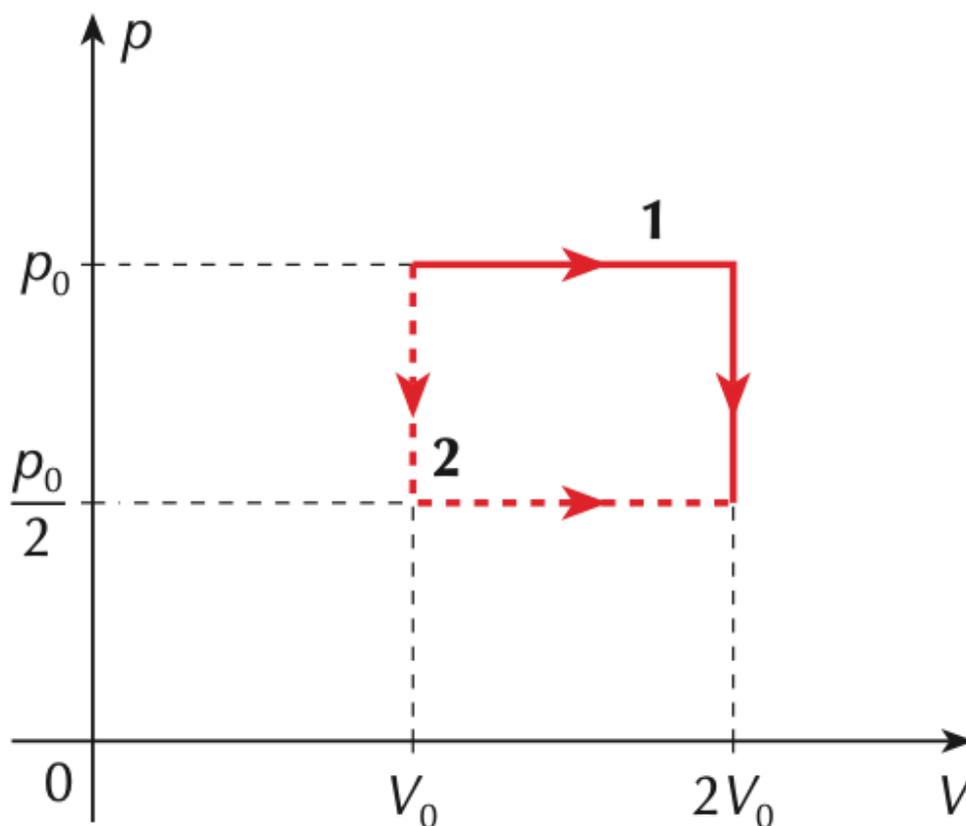
3 pontos

Marcar apenas uma oval.

- I
- II
- III
- I e II
- I e III

Questão 06

Dois gases idênticos são submetidos a processos reversíveis diferentes, como mostra o gráfico.



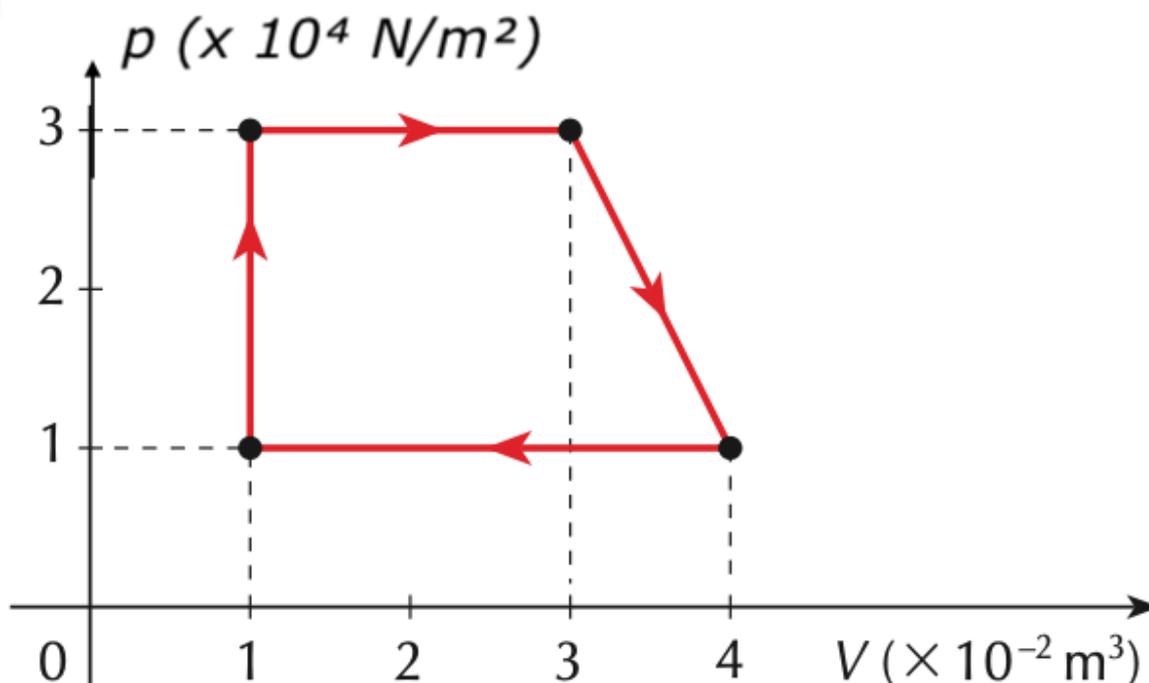
7. O gás 1 segue os processos indicados pela linha cheia do gráfico, e o gás 2, pela linha tracejada. Ambos partem do ponto (p_0, V_0) e terminam no ponto $(p_0/2, 2V_0)$ no diagrama p versus V . É **incorreto** afirmar que: 3 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 1 recebeu mais calor que 2.
- 2 realizou menos trabalho que 1.
- a energia interna no ponto inicial é a mesma para os dois.
- a energia interna de 1 é maior que a energia interna de 2 no ponto final.
- 2 cedeu calor no primeiro trecho.

Questão 07

Certa máquina térmica executa o ciclo da figura, efetuando 20 revoluções por segundo.



8. A potência da máquina, em quilowatt, é igual a:

2 pontos

Marcar apenas uma oval.

100

10

1,0

0,5

0,2

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Referências Bibliográficas

- [1] PRENSKY, M. *Digital Natives, Digital Immigrants*, On The Horizon, Vol. 9, No. 5, p. 1, 2001.
- [2] BERGMANN, J., SAMS, A., *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem* 1. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- [3] OLIVEIRA, T. E., ARAUJO, I.S., VEIT, E. A., *Sala de Aula Invertida (flipped classroom): Inovando as aulas de física*. Física na Escola, Vol. 14, No. 2, p. 4, 2016.
- [4] VILLALBA, M. T., CEBRIAN, G. C., DUARTE, S. R. *Factors with Influence on the Adoption of the Flipped Classroom Model in Technical and Vocational Education*. Journal of Information Technology Education: Research, Vol. 17, p. 443, 2018.
- [5] TALBERT, R., *Guia para utilização da aprendizagem invertida no ensino superior*. 1. ed. - Porto Alegre: Penso, 2019.
- [6] STAKER, H., HORN, M. B. *Classifying K-12 blended learning*. Mountain View, CA: Innosight Institute, Inc. 2012.
- [7] OLIVEIRA, V., VEIT, E. A., ARAUJO, I. S., *Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio..* Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Vol. 32, n. 1, p. 180-206, 2015.
- [8] CETIC.BR, *Resumo Executivo: TIC Educação 2019*.
<https://cetic.br/pt/publicacao/resumo-executivo-pesquisa-sobre-o-uso-das-tecnologias-de-informacao-e-comunicacao-nas-escolas-brasileiras-tic-educacao-2019/> . Acesso em: 27 de fev. de 2021.

-
- [9] LO, C. K., HEW, K. F., *A critical review of flipped classroom challenges in K-12 education: possible solutions and recommendations for future research*. Research and Practice in Technology Enhanced Learning, Vol. 12, art. 4, 2017.
- [10] BISHOP, J. L.; VERLEGER, M. A., *The Flipped Classroom: A Survey of the Research*. 120th ASEE Annual Conference Exposition, Washington DC, American Society for Engineering Education, p. 1-18, 2013. Disponível em: <http://www.studiesuccessho.nl/wp-content/uploads/2014/04/flipped-classroom-artikel.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2019.
- [11] DEPONTI, M. A. M., BULEGON, A. M., *Revisão da literatura sobre o uso da metodologia Sala de Aula Invertida para o ensino de Física*, VIDYA, v. 38, n. 2, p. 103-118, 2018.
- [12] KETTLE, M., *Flipped Physics*. Physics Education, Vol. 48, No. 5, p. 593-596, 2013.
- [13] FINKENBERG, F., TREFZGER, T., *Flipped Classroom in Secondary School Physics Education*. Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1286, art. 012015, 2017.
- [14] SCHULTZ, D., DUFFIELD, S., RASMUSSEN, S. C., WAGEMAN, J., *Effects of the Flipped Classroom Model on Student Performance for Advanced Placement High School Chemistry Students*. Journal of Chemical Education, Vol. 91, No. 9, p. 1334-1339, 2014.
- [15] YEO, S., ZADNIK, M. G., *Introductory Thermal Concept Evaluation: Assessing Students' Understanding*. The Physics Teacher, Vol. 39, p. 496-504, Novembro, 2001.
- [16] CROUCH, C.H., MAZUR, E., *Peer Instruction: Ten years of experience and results*. American Journal of Physics Vol. 69, p. 970-977, 2001.
- [17] MAZUR, E., *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River: Prentice Hall, p. 4, 1997.
- [18] BAKER, J. W., *The Origins of The Classroom Flip*. Proceedings fo the 1st Annual Higher Education Flipped Learning Conference, p. 16, 2016.
- [19] LAGE, M. J., PLATT, G. J., TREGLIA, M. *Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment*. The Journal of Economic Education, Vol. 31, pp. 30-43, No. 1, 2000.

- [20] BONG, M., SKAALVIK, E. M., *Academic Self-Concept and Self-Efficacy: How Different Are They Really?* Educational Psychology Review, Vol. 15, No. 1, p. 1-40, 2003.
- [21] VALENTE, J. A., *Blended Learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida*. Educar em Revista, número especial 4, p. 79-97, 2014.
- [22] EDUCAUSE, *7 Things You Should Know about Flipped Classrooms*. Educause.edu, 2012. Disponível em: <https://www.rit.edu/academicaffairs/tls/sites/rit.edu.academicaffairs.tls/files/directory/ELI7081-1.pdf> . Acesso em: 12 out. 2020.
- [23] FLIPPED LEARNING NETWORK. *Definition of flipped learning*, 2014. Disponível em: <https://flippedlearning.org/definition-of--flipped-learning/> . Acesso em: 15 nov. 2020.
- [24] MAYER, R. E., *Multimedia Learning*. 2 ed. - New York: Cambridge University Press, 2012.
- [25] GUIMARÃES, L. A., BOA, M. F., *FÍSICA - Termologia e Óptica*. 2 ed. Niterói, RJ: Galera Hiperímia, p. 3, 2006.
- [26] PHET INTERACTIVE SIMULATIONS, *Simulações* 2021. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR . Acesso em: 12 out. 2020.
- [27] HANDBRAKE, *The open source video transcoder* 2021. Disponível em: <https://handbrake.fr>
- [28] ENGELHARDT, P. V. *An Introduction to Classical Test Theory as Applied to Conceptual Multiple-choice Tests*, in Getting Started in Physics Education Research, C. Henderson and K. A. Harper, Eds. American Association of Physics Teachers, p. 40, 2009.
- [29] GONÇALVES, W., *Avaliações de Larga Escala e o Professor de Física*, Dissertação de Mestrado Profissional, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.
- [30] MARCEL, B. P. B., *Escala de Proficiências em Concepções Térmicas: Diagnóstico Psicométrico de Estudantes em Portugal e Brasil*, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

- [31] GONÇALVES, W., BARROSO, M. F., *O que Alunos Entendem a Respeito de Conceitos Básicos da Física Térmica*. XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, 2011.
- [32] RICHARDSON, J. T. E., *Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research*. Educational Research Review. Vol. 6, p. 135–147, 2011.
- [33] JESEN, J. L., KUMMER, T. A., GODOY, P. D. M.. *Improvements from a Flipped Classroom May Simply Be the Fruits of Active Learning*, CBE – Life Sciences Education, Vol. 14, p. 1-12, 2015.