UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-POLO UFC

FELIPE COSTA MELO CUNHA

UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA E DIDÁTICA DA TERMOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO

FORTALEZA

2021

FELIPE COSTA MELO CUNHA

UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA E DIDÁTICA DA TERMOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. José Ramos Gonçalves

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C978a Cunha, Felipe.
Uma abordagem simplificada e didática da Termologia o Ensino Médio / Felipe Cunha. – 2021.
216 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Me. Pr. Dr. José Ramos Gonçalves.

1. Ensino de Física. 2. Termologia. 3. Professores de Física. 4. David Ausubel. 5. Produto Educacional. I. Título.

CDD 530.07

FELIPE COSTA MELO CUNHA

UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA E DIDÁTICA DA TERMOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. José Ramos Gonçalves

Aprovada em: 04/03/2021.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. José Ramos Gonçalves (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

_____

Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida

Universidade Federal do Ceará (UFC)

_____

Profa. Dra. Maria Consuelo Alves Lima

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

A Deus, pela minha existência.

Aos meus pais, Ivete e Adriano, pelos valores de humildade e trabalho.

À minha irmã, Adriana, pela confiança.

À minha esposa, Aline, pelo apoio diário e pelo companheirismo em todos os momentos.

Aos colegas de profissão, que lutam diariamente para melhorar a educação, e aos meus caros alunos, que possam desfrutar desta obra.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus, por me permitir chegar até aqui, e à minha família, que sempre me deu todo apoio, forças e suporte durante os meus estudos, respeitando minhas escolhas.

Agradeço ao professor Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva, pela orientação durante minha graduação, a qual se fez imprescindível para este trabalho, e pela ajuda na minha formação, entendendo minha situação de conciliar trabalho e estudo, mas principalmente pelo exemplo de educador a ser seguido.

Em especial, agradeço ao Prof. Dr. José Ramos Gonçalves, por seus conhecimentos compartilhados durante suas aulas, pela sua orientação, pela paciência e pela crença durante este trabalho.

Aos professores e funcionários da Universidade Federal do Ceará, em especial ao Prof. Dr. Nildo Loiola, pelo entusiasmo e pelo valioso legado de conhecimento transmitido, permitindo meu desenvolvimento de aprendizagem pessoal e profissional, e aos professores colaboradores do MNPEF do polo 43 (UFC).

Obrigado aos Professores Eduardo Cavalcanti Filho e Renato Brito Bastos Neto, que me inspiraram e me motivaram a cursar Física diante de um leque enorme de opções.

Sou extremamente grato, em especial, ao meu amigo Professor Francisco Tadeu de Carvalho, pelas melhores orientações da vida, as quais me influenciaram em decisões importantes a serem tomadas.

Grato ao meu amigo de trabalho Danúbio Portugal, pela confiança e por mostrar-se um exemplo de ser humano, pois sei que posso contar com ele em qualquer momento.

Agradeço muito à minha esposa, Aline Cunha de Medeiros, por acreditar no meu potencial e por estar sempre ao meu lado, ajudando a cumprir minhas responsabilidades.

Finalmente, um muito obrigado ao Zeus e à Nina, simplesmente por existirem e tornarem meus dias mais leves.

“Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez.”

(Thomas Edison)

RESUMO

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa com os professores de Física do estado do Ceará que atuam no Ensino Médio. Tal pesquisa revelou um pouco sobre o aprendizado dos professores durante sua formação acadêmica, em que o tema escolhido foi Termologia. Os resultados mostraram algumas carências que fizeram pensar um produto educacional para ajudar tanto alunos quanto professores a atingirem seus objetivos. Não é difícil perceber que os fundados, professores e participantes do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), se empenham bastante em tornar mais eficaz a abordagem didática da Física ao nível médio. Na perspectiva de capacitar professores de Física, o projeto MNPEF tem como um dos objetivos a melhoria da qualificação profissional de professores de Física em exercício na Educação Básica, visando tanto ao desempenho do professor no exercício de sua profissão como ao desenvolvimento de técnicas e produtos para a aprendizagem de Física. Diante do exposto, o principal objetivo deste trabalho é incentivar o estudo da Física, mostrando a eficiência do produto educacional como um material didático e simplificado de Termologia tanto para alunos do Ensino Médio quanto para reciclagem de professores de Física/Ciências. O presente trabalho pretende facilmente elucidar, através de uma abordagem didática, os principais conceitos de Termologia com ênfase em suas aplicações, visto que fazem parte do conteúdo programático do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), contemplando suas respectivas competências e habilidades. O desenvolvimento abordado no produto educacional tem sua base teórica guiada pela sequência didática de David Ausubel, um leve embasamento matemático, com explicações e imagens animadas para uma leitura prazerosa. Com a teoria construtivista Piagetiana e baseados nos ensinamentos literários de Paulo Freire, os temas de Termologia apresentados foram: Escalas Termométricas, Dilatação Térmica e Quantidade de Calor Sensível e Latente. Ao final de cada capítulo teórico, há perguntas conceituais e testes, com suas respectivas resoluções. A coleta de dados e comparativos finais foi realizada com duas turmas do 1º ano do Ensino Médio do Instituto Federal do Ceará, no campus de Tauá. Antes de aplicar o produto educacional, foi realizada uma avaliação diagnóstica I para obter noções dos conhecimentos prévios dos alunos e, assim, guiar o curso de Termologia. Durante a aplicação do produto, as turmas tiveram aulas expositivas com a resolução de exercícios e uso do material complementar. Ao final, uma segunda avaliação foi realizada para identificar se o processo de ensino com o auxílio do produto educacional foi eficaz. Finalmente, uma terceira avaliação foi aplicada aos alunos para coletar a impressão que eles tiveram a respeito do produto educacional e das aulas ministradas. Por fim, analisamos e comparamos todas as

estatísticas gráficas e concluímos um bom desempenho no processo de ensino e aprendizagem do professor com auxílio do material complementar. Esse resultado foi satisfatório também por observações diárias durante a aplicação devido à evolução do interesse desses alunos pela Física.

Palavras-chave: Ensino de Física; Termologia; professores de Física; David Ausubel; Paulo Freire; Escalas Termométricas; Dilatação Térmica; Quantidade de Calor Sensível e Latente; produto educacional.

ABSTRACT

Initially, a survey was conducted with physics teachers from the state of Ceará who work in high school. This research revealed to us a little about the teachers' learning during their academic formation, in which the chosen theme was thermology. The results showed some shortcomings that made us think of an educational product to help both students and teachers achieve their goals. It is not difficult to realize that the founders, professors and participants of the National Professional Master in Physics Teaching (MNPEF), strive hard to make the didactic approach to physics at the middle level more effective. From the perspective of training physics teachers, the MNPEF project has as one of its objectives, "the improvement of the professional qualification of practicing physics teachers in Basic Education, aiming at both the performance of the teacher in the exercise of his profession and the development of techniques and products for learning physics "(BRAZILIAN PHYSICAL SOCIETY, 2015, p. 1). In the face of exports, the main objective of this work is to encourage the study of Physics, showing the efficiency of the educational product as a didactic and simplified thermology material for both high school students and for recycling physics / science teachers. This work aims to easily elucidate, through a didactic approach, the main concepts of thermology with an emphasis on its applications, since they are part of the programmatic content of the national high school exam (ENEM), considering their respective competences and skills. The development covered in the Educational Product is based on a theoretical basis guided by the didactic sequence of David Ausubel, a light mathematical basis, with explanations and animated images for a pleasant reading. With Piaget's constructivist theory and based on the literary teachings of Paulo Freire, the themes of thermology presented were: Thermometric Scales, Thermal Expansion, Amount of Sensitive and Latent Heat. At the end of each theoretical chapter, it has conceptual questions and tests, with their respective resolutions. Data collection and final comparisons were carried out with two classes from the 1st year of high school at the Federal Institute of Ceará, on the campus of Tauá. Before applying the educational product, a diagnostic evaluation I was carried out to obtain notions of the students' previous knowledge and thus guide the thermology course. During the application of the product, the classes had expository classes with the resolution of exercises and use of complementary material. At the end, a second evaluation was carried out to identify whether the teaching process with the aid of the educational product was effective. Finally, a third assessment was applied to students to collect the impression they had about the educational product and the classes taught. Finally, we analyzed and compared all graphic statistics and

concluded a good performance in the teaching and learning process of the teacher with the help of complementary material. This result was also satisfactory due to daily observations during the application and due to the evolution of these students' interest in Physics.

Keywords: Physics Teaching; Thermology; physics Teachers; David Ausubel; Paul Freire; Thermometric Scales; Thermal Dilatation; Sensitive and Latent Heat Amount; educational product.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Você é professor de rede pública ou privada? 21

Figura 2 – Você é formado em física (licenciatura ou bacharelado)? 21

Figura 3 – Caso tenha graduação, possui pós-graduação na área de ensino? 22

Figura 4 – Você sente que sua formação universitária acadêmica foi satisfatória quanto ao ensino de Termologia aplicada no cotidiano 22

Figura 5 – Você se sente estimulado por seus próprios alunos a lecionar? 23

Figura 6 – Você possui conhecimento dominante sobre as competências e habilidades da Matriz de Referência do ENEM? 23

Figura 7 – Fazendo uma autoavaliação rápida, você acredita ter conhecimento básico para lecionar uma aula, adequada ao ensino médio voltada para o ENEM, sobre temologia? 24

Figura 8 – Você em suas aulas de termologia dá uma maior ênfase a explanações teóricas ou ao desenvolvimento analítico? 24

Figura 9 – Você, em suas aulas de termologia, dá uma maior ênfase a explanações teóricas ou ao desenvolvimento analítico? 25

Figura 10 – Você, sendo convidado para elaborar uma questão para o ENEM, sua questão seria conceitual ou com resultado analítico? 25

Figura 11 – Atualmente você sente falta de materiais didáticos no mercado com aplicações da termologia no cotidiano? 26

Figura 12 – Você utiliza métodos alternativos para ensinar termologia, além de quadro e pincel? 26

Figura 13 – a) Sistema isolado termicamente com dois corpos A e B e com paredes adiabáticas. Cada um em equilíbrio térmico com seu respectivo ambiente; b) A e B são colocados em contato até atingirem o equilíbrio térmico 40

Figura 14 – a) Sistema com paredes adiabáticas mostra C em equilíbrio térmico com A e com B. b) Após o contato com C, A e B são colocados em contato até atingirem o equilíbrio térmico 41

Figura 15 – Termômetro tradicional de mercúrio 41

Figura 16 – Termômetro a gás de volume constante 42
Figura 17 – Comparação gráfica com gases diferentes 43
Figura 18 – Comparação das escalas termométricas 44
Figura 19 – Trilhos distorcidos devido a dilatação térmica 45
Figura 20 – Barra linear sofrendo dilatação 46
Figura 21 – Chapa metálica sofrendo dilatação em um plano 47
Figura 22 – Paralelepípedo sofrendo dilatação 48
Figura 23 – Recipiente com líquido prestes a sofrer dilatação e extravasar 50
Figura 24 – Lâmina bimetálica distorcida devido a dilatação 53
Figura 25 – Análise geométrica da lâmina bimetálica distorcida devido a dilatação 54
Figura 26 – Dois corpos A e B com diferentes temperaturas 63
Figura 27 – Gráfico de dois corpos atingindo o equilíbrio térmico 67
Figura 28 – Gráfico de dois corpos atingindo o equilíbrio térmico 70
Figura 29 – Imagem da pirâmide de aprendizagem de William Glasser 74
Figura 30 – Imagem do capítulo 1 do produto educacional na mesa de um aluno 76
Figura 31 – Avaliação I 77
Figura 32 – Imagem do desastre no centro de treinamento do Flamengo 80
Figura 33 – Ilustração dos eixos de um carrinho de Rolimã 83
Figura 34 – Imagem de satélite emitida pela NASA 84
Figura 35 – Diagrama do volume em função da temperatura 85
Figura 36 – Gráfico da temperatura em função da quantidade de calor 86
Figura 37 – Pergunta 1 90
Figura 38 – Pergunta 2 91
Figura 39 – Pergunta 3 91
Figura 40 – Pergunta 4 92
Figura 41 – Pergunta 5 92
Figura 42 – Pergunta 6 93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
IFCE	Instituto Federal do Ceará
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SBF	Sociedade Brasileira de Física

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16

2 PROPOSTA 19

2.1 Justificativa 19

2.2 Objetivos 27

2.3 Matriz de referência do ENEM 28

3 FUNDAMENTOS 35

3.1 Fundamentação teórica de ensino 36

3.2 Fundamentação teórica de Termologia 38

3.2.1 *Temperatura* 39

3.2.2 *Dilatação térmica* 45

3.2.3 *Quantidade de Calor* 60

4 METODOLOGIA 72

4.1 O produto educacional 72

4.2 Aplicação do produto educacional 74

5 AVALIAÇÕES E RESULTADOS 77

6 CONCLUSÃO 94

REFERÊNCIAS 96

APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL 99

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho surgiu devido à detecção da deficiência de conceitos físicos de grande parcela dos estudantes do Ensino Médio. Além disso, é notório o desinteresse dos alunos pelo conteúdo de Física. Além das dificuldades com questões de ensino/aprendizagem, escassez de laboratórios, pobreza de livros didáticos adequados e de materiais de pesquisas justificavam tal estado.

A obra trata de uma proposta pedagógica que objetiva divulgar tópicos de Termologia aplicada no cotidiano pouco acessíveis aos iniciantes do mundo acadêmico, tanto para docentes quanto para discentes. Nosso objetivo é analisar os dados colhidos através de uma pesquisa realizada com professores de Física do estado do Ceará, mais precisamente da cidade de Fortaleza, e, por meio da análise dos resultados obtidos, trabalhar em um produto educacional com a finalidade de melhorar o ensino e acrescentar conhecimento aos professores, estimulando melhorias na elaboração de aulas, inovações, dentre outros aspectos.

Com base em Parasuraman (1991), um questionário é um conjunto de questões elaboradas para gerar os dados necessários para se atingir os objetivos de um projeto de pesquisa. Já conforme Cassel e Symon (1994 *apud* MOYSÉS; MOORI, 2007, p. 2), “Embora o interesse por metodologias de natureza quantitativa de pesquisa tenha aumentado nos últimos anos, ainda persiste um relativo desconhecimento em relação a muitas de suas características, possibilidades e limitações”.

O produto educacional é um livreto que possui didática diferenciada por conter diálogos com explanações teóricas, charges cômicas e exercícios de embasamento resolvidos para estimular o aprendizado. Com base nisso, observamos a importância de uma boa leitura, pois ela é e sempre será fundamental para a vida em sociedade. Ler se torna mais do que decifrar códigos ou reconhecer as letras e formar palavras; ler é dar sentido às palavras e aplicar o que se lê à própria vida, para que, assim, seja possível agregar conhecimentos.

> Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento transforme-se em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (BRASIL, 2002, p. 61).

Sendo assim, as aplicações da Termologia no cotidiano contidas no produto educacional vão desde uma situação simples do dia a dia a uma situação de estados da matéria que pareciam ser de análise extremamente complexas.

> [...] é fundamental que as políticas de incentivo à leitura se descolem da mera organização de feiras ou da criação de bibliotecas e salas de leitura. O mais urgente é investir em material humano, com a formação de mediadores e bibliotecários capazes de semear o prazer da leitura por todo o país. Mediadores são os instrumentos mais eficientes para fazer da leitura uma prática social mais difundida e aproveitada. (LINARD; LIMA, 2008, p. 9).

O livreto possui três capítulos com teoria e exercícios propostos com suas respetivas soluções, direcionados para o ENEM e para o cotidiano. Os capítulos são:

1. Escalas Termométricas;
2. Dilatação;
3. Quantidade de Calor.

O presente projeto foi desenvolvido baseado na teoria da aprendizagem significativa, pois os conhecimentos adquiridos em cada etapa servirão de alicerce para o desenvolvimento de conceitos futuros a serem aprendidos nos capítulos seguintes, para gerar um raciocínio de forma continuada.

A sequência didática possui como principal objetivo proporcionar ao aluno a percepção e a compreensão dos fenômenos termológicos e sua relação com fatos do cotidiano, possibilitando desenvolvimentos mentais estruturais, os quais Ausubel (1980) chamou de subsunçores, que possibilitem aos alunos a obtenção e a organização de novos conceitos.

Um dos capítulos comenta sobre a Matriz de referência do ENEM, como ferramenta auxiliar das aulas, exercícios e avaliações, visto que a ela é composta por competências e habilidades, algumas desconhecidas para professores de Física que lecionam no Ensino Médio e têm como um dos principais objetivos o acesso de seus alunos ao ensino superior.

Inicialmente, foi realizada uma avaliação de diagnóstico para identificação da bagagem teórica prévia dos alunos, com base em um questionário elaborado com perguntas conceituais básicas de Termologia. Os dados obtidos serviram de nivelamento e orientação do nível do curso de termologia a ser aplicado.

A aplicação do produto foi realizada com duas turmas do 1º ano do Ensino Médio do Instituto Federal do Ceará (IFCE), Campus Tauá. Cada turma foi exposta a aulas de 50 minutos semelhantes com o mesmo conteúdo programático de Termologia durante o mesmo período de tempo, valendo ressaltar que cada turma continha seis alunos. Ambas as turmas tinham acesso ao livro-base *Tópicos de Física* disponível na biblioteca da instituição e ao produto educacional que foi disponibilizado para cada aluno.

Ao final, foi aplicada uma terceira avaliação para obter um retorno dos estudantes a respeito do material didático complementar usado com as aulas expositivas.

Os resultados foram analisados e apresentados graficamente para verificar se houve um aprendizado significativo dos estudantes com as aulas ministradas com o produto educacional.

> A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. (BRASIL, 2002, p. 59).

Diante do exposto, o mundo mudou e continua a mudar. Sendo assim, as práticas pedagógicas também necessitam de mudanças, com novas metodologias integradas à realidade das novas tecnologias. Dessa maneira, a leitura dessa obra torna-se indispensável para futuros professores de Física e estudantes que buscam um diferencial em sua formação.

Este trabalho compactua com as exigências dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que possui o intuito de mostrar a Ciência como elaboração humana para uma compreensão do mundo, em que seus conceitos e procedimentos contribuem para o questionamento do que se vê e se ouve, para interpretar os fenômenos da natureza e para compreender como a sociedade nela intervém utilizando seus recursos e criando um novo meio social.

2 PROPOSTA

A proposta deste conteúdo pretende esclarecer professores e estudantes de Física com base nas justificativas e nos objetivos a seguir.

2.1 Justificativa

A motivação deste trabalho é a percepção da desmotivação de alguns professores de Física, do Ensino Médio das redes pública e privada, diante da ausência de estímulos durante suas atividades didáticas em sala de aula, seja pela falta de materiais pedagógicos facilmente disponíveis, seja pela ausência de tempo hábil para elaboração destes, resultando na carência de novos incentivos na melhoria do aprendizado dos alunos.

> Creio que muito de nossa insistência, enquanto professoras e professores, em que os estudantes “leiam”, num semestre, um sem-número de capítulos de livros, reside na compreensão errônea que às vezes temos do ato de ler. Em minha andarilhagem pelo mundo, não foram poucas as vezes em que jovens estudantes me falaram de sua luta às voltas com extensas bibliografias a serem muito mais “devoradas" do que realmente lidas ou estudadas. Verdadeiras “lições de leitura" no sentido mais tradicional desta expressão, a que se achavam submetidos em nome de sua formação científica e de que deviam prestar contas através do famoso controle de leitura. (FREIRE, 1989, p. 11).

Uma pesquisa foi realizada, através da plataforma Google/forms, com 53 professores de Física do estado do Ceará, com a intenção de analisar o ensino de professores de Física com ênfase na área de Termologia voltada para o ENEM. Os questionamentos relacionavam-se com a pedagogia do ensino, o estímulos dos professores e as aplicações da Termologia na prática em sala de aula, bem como suas explanações teóricas no cotidiano. Como os professores estão ensinando Termologia? Quais as ferramentas didáticas utilizadas? Existe aceitação? Existem meios alternativos para explanação de conteúdos? O acesso a materiais didáticos complementares é facilitado? As diretrizes do ENEM são conhecidas e aplicadas cotidianamente? Estas foram algumas das perguntas contidas na pesquisa. Observou-se, consequentemente, a importância da implementação de tal produto, devido à escassez de materiais educativos no mercado, bem como ao interesse dos profissionais da área.

O questionário é um instrumento desenvolvido cientificamente, composto de um conjunto de perguntas ordenadas de acordo com um critério predeterminado, que deve ser

respondido sem a presença do entrevistador e que tem por objetivo coletar dados de um grupo de respondentes (MARCONI; LAKATOS, 1999).

Perguntas realizadas na pesquisa:

1) Você é professor de rede pública ou privada ?

2) Você é formado em física (licenciatura ou bacharelado)?

3) Caso tenha graduação, possui pós-graduação na área de ensino ?

4) Você sente que sua formação universitária acadêmica foi satisfatória quanto ao ensino de Termologia aplicada no cotidiano ?

5) Você se sente estimulado por seus próprios alunos a lecionar ?

6) Você possui conhecimento dominante sobre as competências e habilidades da Matriz de Referência do ENEM ?

7) Fazendo uma auto avaliação rápida, você acredita ter conhecimento básico para lecionar uma aula, adequada ao ensino médio voltada para o ENEM, sobre termologia ?

8) Você em suas aulas de termologia da uma maior ênfase a explanações teóricas ou ao desenvolvimento analítico ?

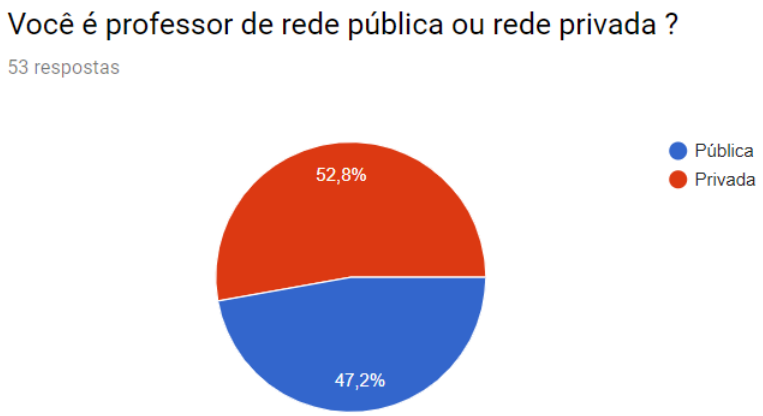
9) Em sua opinião, o aluno acha mais atrativo uma explicação física de teoria aplicada ou através de resoluções de exercícios analíticos ?

10) Você sendo convidado para elaborar uma questão para o ENEM, sua questão seria conceitual ou com resultado analítico ?

11) Atualmente você sente falta de materiais didáticos no mercado com aplicações da termologia no cotidiano ?

12) Você utiliza métodos alternativos para ensinar termologia, além de quadro e pincel ?

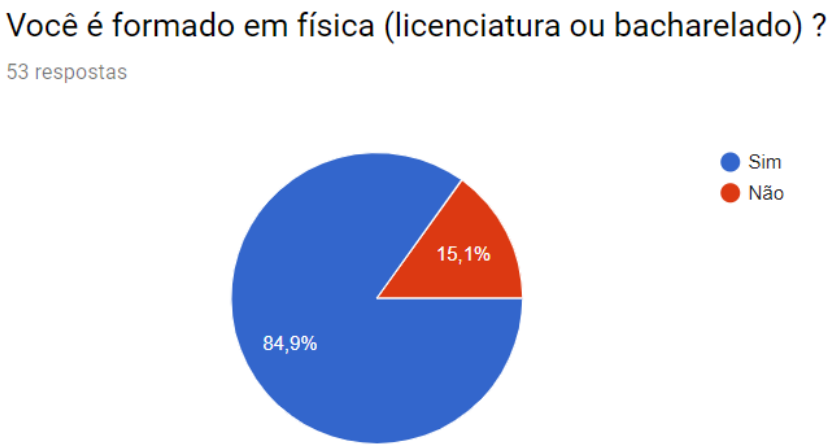
Figura 1 – Você é professor de rede pública ou privada?



Fonte: elaborada pelo autor.

A primeira parte da pesquisa mostra uma divisão homogênea com respeito à área de atuação dos professores. Praticamente metade dos professores trabalha na rede privada.

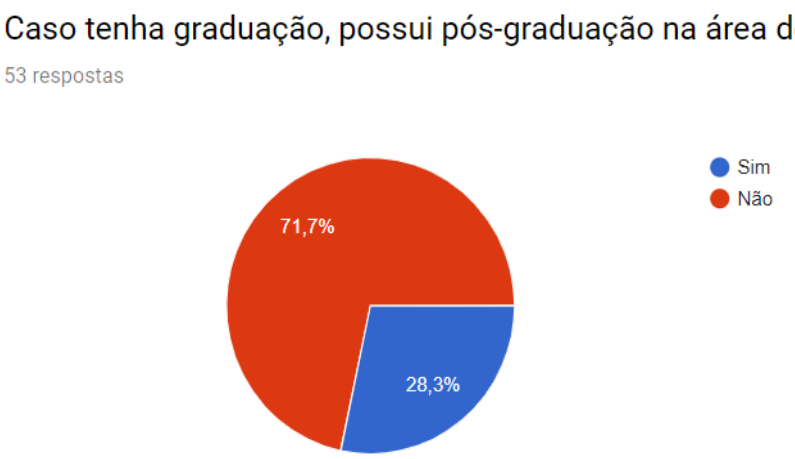
Figura 2 – Você é formado em física (licenciatura ou bacharelado)?



Fonte: elaborada pelo autor.

Observamos que a maioria dos professores que responderam a esta pesquisa possuem formação universitária.

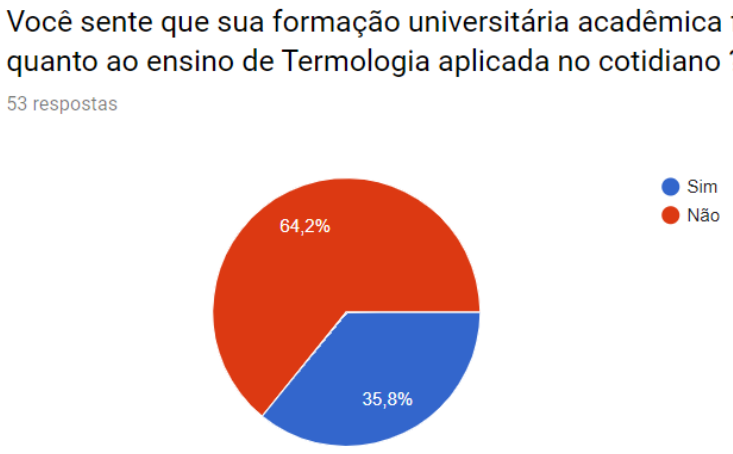
Figura 3 – Caso tenha graduação, possui pós-graduação na área de ensino?



Fonte: elaborada pelo autor.

Observamos que a maioria dos professores que responderam a esta pesquisa não possuem pós-graduação na área de ensino.

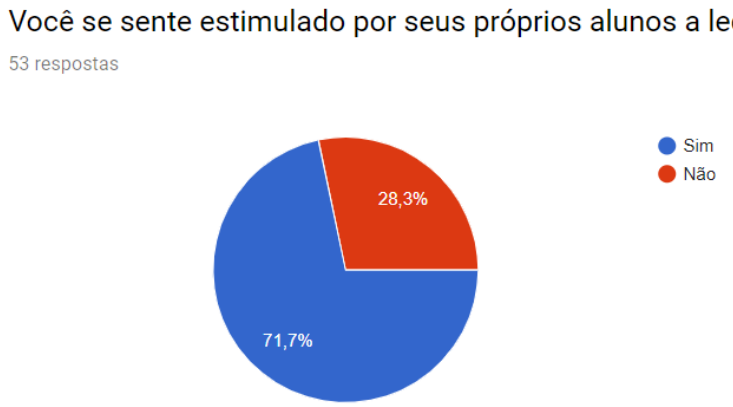
Figura 4 – Você sente que sua formação universitária acadêmica foi satisfatória quanto ao ensino de Termologia aplicada no cotidiano?



Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com as respostas, a maioria dos professores relatou que sua formação universitária acadêmica não foi satisfatória quanto ao ensino de Termologia aplicada no cotidiano.

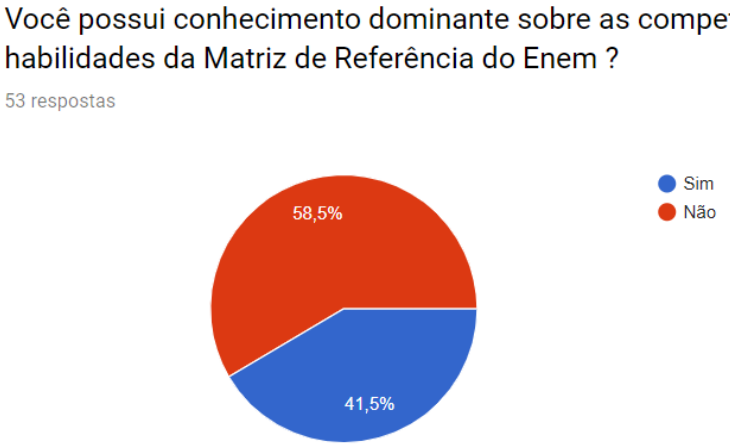
Figura 5 – Você se sente estimulado por seus próprios alunos a lecionar?



Fonte: elaborada pelo autor.

A maior parte dos professores que responderam à pesquisa se sentem estimulados por seus próprios alunos a lecionar.

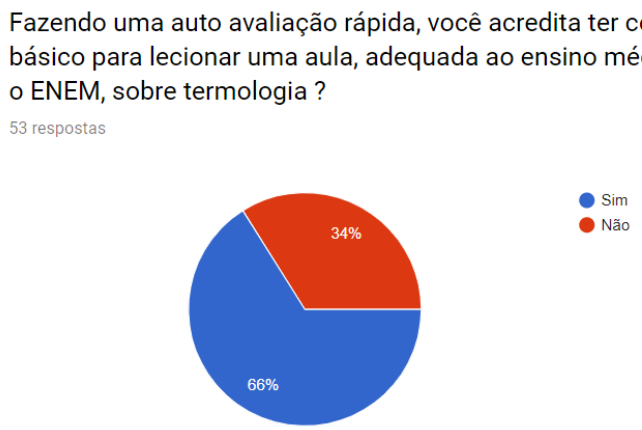
Figura 6 – Você possui conhecimento dominante sobre as competências e habilidades da Matriz de Referência do ENEM?



Fonte: elaborada pelo autor.

Observamos que a maioria dos professores que responderam a esta pesquisa não domina as competências e habilidades da Matriz de Referência do ENEM, porém certo percentual apresenta ter noções.

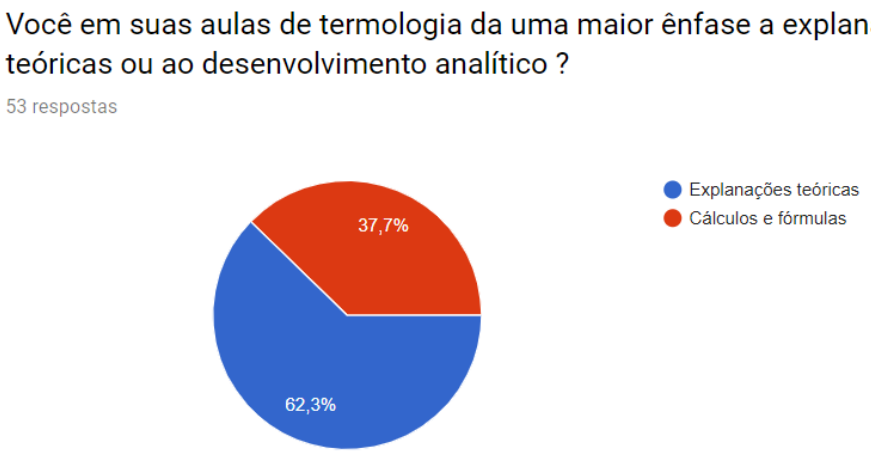
Figura 7 – Fazendo uma autoavaliação rápida, você acredita ter conhecimento básico para lecionar uma aula, adequada ao ensino médio voltada para o ENEM, sobre temologia?



Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com as respostas, a maioria dos professores acredita apresentar um conhecimento básico para lecionar uma boa aula para o ENEM sobre Termologia. Um percentual menor assume, em uma autoavaliação crítica, não ter conhecimento.

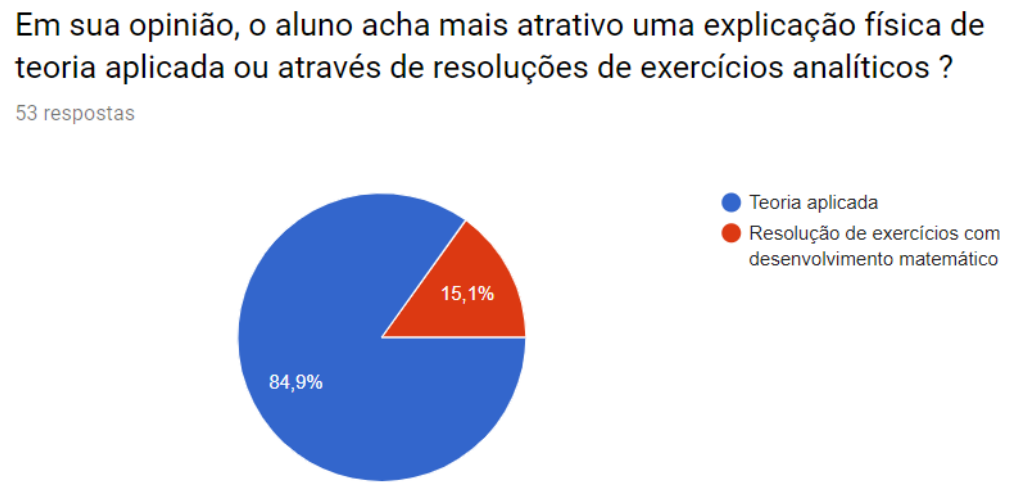
Figura 8 – Você em suas aulas de termologia dá uma maior ênfase a explanações teóricas ou ao desenvolvimento analítico?



Fonte: elaborada pelo autor.

Grande parte dos professores opta por fazer explicações teóricas em suas aulas de Termologia.

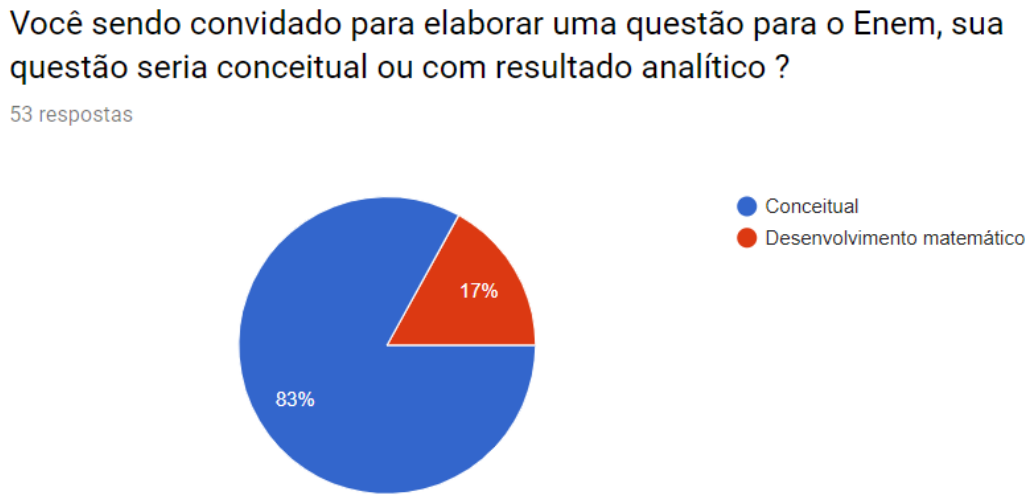
Figura 9 – Você, em suas aulas de termologia, dá uma maior ênfase a explanações teóricas ou ao desenvolvimento analítico?



Fonte: elaborada pelo autor.

Com uma grande diferença percentual, a grande maioria acredita que o aluno tenha uma maior empatia com as explanações teóricas.

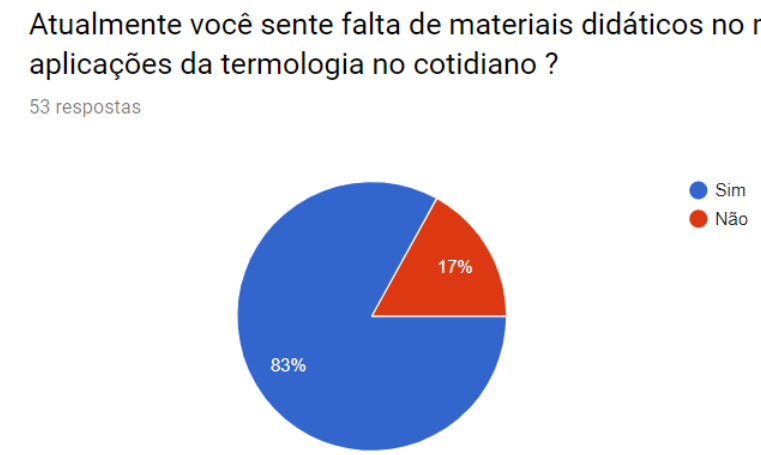
Figura 10 – Você, sendo convidado para elaborar uma questão para o ENEM, sua questão seria conceitual ou com resultado analítico?



Fonte: elaborada pelo autor.

A grande maioria dos professores optou por elaborar uma questão conceitual para o ENEM.

Figura 11 – Atualmente você sente falta de materiais didáticos no mercado com aplicações da termologia no cotidiano?



Fonte: elaborada pelo autor.

Com essa análise, percebemos certa carência desse tipo de material no mercado.

Figura 12 – Você utiliza métodos alternativos para ensinar termologia, além de quadro e pincel?

Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com esse resultado, quase metade dos professores procuram utilizar métodos alternativos para ensinar Termologia, além de quadro e pincel.

Justificando os itens citados anteriormente, constatamos o desestímulo dos docentes de Física, independente da atuação em rede pública ou privada. Observou-se que a grande maioria desses profissionais possuía formação universitária e dizia-se satisfeita quanto ao ensino na graduação de Termologia aplicada no cotidiano. Averiguou-se, também, que boa parte desses professores, tão logo concluem a graduação, iniciam a docência, incluindo o preparo de alunos do Ensino Médio para participarem do ENEM. Em contrapartida, a pesquisa aplicada demonstrou que, apesar de certo percentual apresenta ter noções sobre as competências e habilidades da Matriz de Referência do ENEM, a maioria desses educadores não as domina satisfatoriamente. Quando questionados, grande parte dos docentes participantes da pesquisa acredita apresentar um conhecimento básico para lecionar adequadamente uma aula sobre termologia para o ENEM. Um percentual menor assume, em autoavaliação, não ter conhecimento necessários para tal atuação.

Simultaneamente, notou-se a importância da consolidação de conhecimentos com o uso de questões conceituais, tanto para os alunos quanto para os professores, não só para uso cotidiano, mas também para resolução de exames teóricos. Materiais que explanem didaticamente tais conceitos físicos e suas aplicações no cotidiano são escassos, não estando disponíveis em grande variedade no mercado atual

Finalmente, de acordo com questionário, a utilização de métodos alternativos, além de quadro e pincel, foi utilizada por metade dos avaliados, como forma de facilitação do processo ensino-aprendizagem.

Diante do atual investimento na produção de produtos educacionais pelo MNPEF, para melhoria do magistério e para a instrução eficaz de discentes no País, foi elaborado este Livro.

2.2 Objetivos

Os principais objetivos deste trabalho são:

- Despertar o interesse e motivação dos estudantes dentro e fora de sala de aula com as relações de Física aplicada ao cotidiano;

- Incentivar aos professores na melhoria da qualidade de ensino;

- Estimular os professores a prepararem aulas mais diversificadas e incentivadoras, buscando inovações de ensino;

- Promover uma metodologia ativa, baseada em um livro, para aprendizagem dos conceitos de Física relacionados à Termologia;

- Fazer que o estudante-alvo saiba interpretar e conhecer brevemente o funcionamento do mundo da Termologia, fazendo paralelos lúdicos com a sociedade;

- Descrever o produto educacional elaborado, que se encontra no Apêndice.

2.3 Matriz de referência do ENEM

Pensando na otimização da prática pedagógica, podemos analisar a matriz de referência do ENEM como forma de ajudar a aumentar o rendimento da aula de Física, melhorando o planejamento e a exposição dos ensinamentos propostos voltados para as competências e as habilidades da matriz de referência.

O INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) elaborou uma matriz de referência para o ENEM que contém diversas competências e habilidades as quais podem ser utilizadas como ferramentas auxiliares para os professores em suas aulas e para que os alunos extraiam um maior rendimento dos seus estudos, seja durante a teoria, seja durante a resolução de exercícios.

Um dos tópicos mais importantes é o das aplicações da teoria de Física no cotidiano, ou seja, a análise prática do conhecimento, como embasa o Art. 3º (II, III e IX) da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB):

> O ensino será ministrado com base nos seguintes princípios:
> II - liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber;
> III - pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas;
> IX - garantia de padrão de qualidade. (BRASIL, p. 1, 1996).

A matriz de referência do ENEM para as Ciências da Natureza e suas Tecnologias

O termo matriz de referência é utilizado especificamente no contexto das avaliações em larga escala, para indicar habilidades a serem avaliadas em cada etapa da escolarização e orientar a elaboração de itens de testes e provas. Além disso, também indica a construção de escalas de proficiência que definem o que e o quanto o aluno realiza no contexto da avaliação.

Sobre a ementa de Física (Termologia), temos:

> O calor e os fenômenos térmicos - Conceitos de calor e de temperatura. Escalas termométricas. Transferência de calor e equilíbrio térmico. Capacidade calorífica e calor específico. Condução do calor. Dilatação térmica. Mudanças de estado físico e calor latente de transformação. Comportamento de Gases ideais. Máquinas térmicas.

> Ciclo de Carnot. Leis da Termodinâmica. Aplicações e fenômenos térmicos de uso cotidiano. Compreensão de fenômenos climáticos relacionados ao ciclo da água. (BRASIL, 2012, p. 18).

O chamado eixo cognitivo é a ligação de todas as áreas do conhecimento. No *site* do INEP (BRASIL, 2013), é apresentada a seguinte descrição detalhada dos eixos cognitivos:

> As novas Matrizes de Referência para o Enem apresentam os seguintes eixos cognitivos comuns a todas as áreas:
> I. Dominar linguagens (DL): dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.
> II. Compreender fenômenos (CF): construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.
> III. Enfrentar situações-problema (SP): selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.
> IV. Construir argumentação (CA): relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.
> V. Elaborar propostas (EP): recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural. (BRASIL, 2012, p. 1).

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (BRASIL, 2013), há a descrição da Competência de área 1 da seguinte forma:

> A Competência de área 1 é composta por quatro Habilidades e se refere à construção do conhecimento científico. Dentre as principais situações abordadas nos itens, apresentam-se fatos e contextos que apontam para as visões de mundo, para a natureza da ciência e para as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Assim, baseando-se em textos variados, os participantes são convidados a reconhecer as transformações da ciência e as relações dessas transformações com a sociedade. (BRASIL, 2013, p. 27).

No documento oficial do INEP (BRASIL, p. 8, 2013, grifo do autor), consta a descrição detalhada dessas quatro habilidades da competência de área 1 da seguinte forma:

> **Competência de área 1** – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.
> **H1** – Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.
> **H2** – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.
> **H3** – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

> **H4** – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

É interessante observar que os critérios de metodologia e avaliação propostos neste trabalho, baseando-se nessas competências e habilidades, são sugestões de guias para que o professor possa conduzir suas aulas e avaliações de maneira realmente conectada às novas tecnologias e ao cotidiano, levando em consideração, de fato, as habilidades de cada aluno. Em sala de aula, é inquestionável a necessidade de promover o entendimento do aluno em relação aos conceitos teóricos físicos e suas correlações com fatos cotidianos, suas aplicações diárias.

A avaliação é essencial para o professor, porque funciona como "termômetro" para medir se a metodologia utilizada em uma dada turma está funcionando ou não; por isso, a importância de ela ser realmente contínua, para que pudesse atender às mais variadas habilidades dos alunos, como afirma o Art. 24 (V – a) da LDB:

> A educação básica, nos níveis fundamental e médio, será organizada de acordo com as seguintes regras comuns:
> V - a verificação do rendimento escolar observará os seguintes critérios:
> a) avaliação contínua e cumulativa do desempenho do aluno, com prevalência dos aspectos qualitativos sobre os quantitativos e dos resultados ao longo do período sobre os de eventuais provas finais. (BRASIL, 1996, p. 9).

O uso das competências e das habilidades poderá ser uma ferramenta muito útil para o professor criar uma aula bem dinâmica, bem variada tematicamente, visando a estimular realmente tanto o próprio professor como, principalmente, o aluno a realmente gostar de estudar Física.

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (BRASIL, 2013), há a descrição da Competência de área 2 da seguinte forma:

> A Competência de área 2 é formada por três habilidades e refere-se a contextos que privilegiam o reconhecimento de avanços científicos, bem como sua identificação e aplicação em fatos cotidianos. O domínio das Habilidades dessa Competência permite que o participante resolva situações-problema, aplicando conhecimentos tradicionalmente desenvolvidos pela química, física e/ou biologia. (BRASIL, 2013, p. 27).

No documento oficial do INEP (BRASIL, 2013), consta a descrição detalhada dessas três habilidades da competência de área 2 da seguinte forma:

> **Competência de área 2** – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.
> **H5** – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.
> **H6** – Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.
> **H7** – Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida. (BRASIL, 2013, p. 8, grifo do autor).

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (BRASIL, 2013), há a descrição da Competência de área 3 da seguinte forma:

> A Competência de área 3, composta por cinco Habilidades, privilegia a compreensão da natureza como um sistema complexo e dinâmico. O participante é instado a identificar, reconhecer, compreender e analisar os desequilíbrios gerados pelas interferências nos sistemas naturais. (BRASIL, 2013, p. 27).

No documento oficial do INEP (BRASIL, 2013), consta a descrição detalhada dessas cinco habilidades da competência de área 3 da seguinte forma:

> **Competência de área 3** – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicas.
> **H8** – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.
> **H9** – Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.
> **H10** – Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.
> **H11** – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.
> **H12** – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios. (BRASIL, 2012, p. 8-9, grifo do autor).

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (BRASIL, 2013), há a descrição da Competência de área 4 da seguinte forma:

> Na Competência de área 4, composta por quatro Habilidades, o foco é a compreensão do funcionamento dos seres vivos e as relações com o meio ambiente. No caso específico dos seres humanos, fatores ambientais, sociais, históricos ou científicos, além de fatores individuais, como a idade, os hábitos e a herança biológica, devem ser compreendidos como elementos relacionados à saúde, à doença e à qualidade de vida. (BRASIL, 2013, p. 27).

No documento oficial do INEP (BRASIL, 2013), consta a descrição detalhada dessas quatro habilidades da competência de área 4 da seguinte forma:

> **Competência de área 4** – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.
> **H13** – Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.
> **H14** – Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.
> **H15** – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.
> **H16** – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos. (BRASIL, 2013, p. 9, grifo do autor).

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (BRASIL, 2013), há a descrição da Competência de área 5 da seguinte forma:

> A Competência de área 5 é formada por três Habilidades. Seu foco está na compreensão da ciência como construção social e no reconhecimento da atividade científica como produtora de procedimentos, métodos e técnicas próprias. As situações exploradas podem utilizar fontes variadas, como gráficos, tabelas, textos e imagens. (BRASIL, p. 27, 2013).

No documento oficial do INEP (BRASIL, 2013), consta a descrição detalhada dessas três habilidades da competência de área 5 da seguinte forma:

> **Competência de área 5** – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.
> **H17** – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.
> **H18** – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.
> **H19** – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental. (BRASIL, 2013, p. 9, grifo do autor).

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (BRASIL, 2013), há a descrição da Competência de área 6 da seguinte forma:

> A Competência de área 6, composta por quatro Habilidades, concentra-se na compreensão de fenômenos físicos observáveis no cotidiano. Espera-se que o participante possa, com base na utilização de conceitos da Física, resolver situações-problema que envolvem questões relativas à energia, à transmissão de informação, ao transporte, entre outras. (BRASIL, 2013, p. 28).

No documento oficial do INEP (BRASIL, 2013), consta a descrição detalhada dessas três habilidades da competência de área 6 da seguinte forma:

> **Competência de área 6** – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.
> **H20** – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.
> **H21** – Utilizar leis físicas e(ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.
> **H22** – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.
> **H23** – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas. (BRASIL, 2013, p. 10, grifo do autor).

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (BRASIL, 2013), há a descrição da Competência de área 7 da seguinte forma:

> A Competência de área 7, formada por quatro Habilidades, privilegia a utilização de conceitos da Química. Assim, espera-se que o participante aplique conhecimentos químicos em situações cotidianas para caracterização e uso de materiais e substâncias, avaliando seus riscos e benefícios para o meio ambiente e a economia. (BRASIL, 2013, p. 28).

No documento oficial do INEP (BRASIL, 2013), consta a descrição detalhada dessas quatro habilidades da competência de área 7 da seguinte forma:

> **Competência de área 7** – Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.
> **H24** – Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

> **H25** – Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.
> **H26** – Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.
> **H27** – Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios. (BRASIL, 2013, p. 7, grifo do autor).

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (BRASIL, 2013), há a descrição da Competência de área 8 da seguinte forma:

> A Competência de área 8, formada por três Habilidades, focaliza os conhecimentos construídos no âmbito da Biologia. Os participantes devem ser capazes de identificar adaptações que permitem que determinados organismos vivam em certos ambientes, interpretar experimentos que utilizam seres vivos e avaliar propostas voltadas à saúde humana e à do meio ambiente. (BRASIL, 2013, p. 28).

No documento oficial do INEP (BRASIL, 2013), consta a descrição detalhada dessas quatro habilidades da competência de área 8 da seguinte forma:

> **Competência de área 8** – Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.
> **H28** – Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.
> **H29** – Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.
> **H30** – Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente. (BRASIL, 2013, p. 10, grifo do autor).

3 FUNDAMENTOS

A fundamentação deste material é baseada na filosofia teórica de ensino e aprendizagem de Paulo Freire, voltada para leitura e interpretação da resolução de exercícios. A teoria de sequência didática de Ausubel (1980) e o construtivismo de Piaget (1970) também complementaram o desenvolvimento deste trabalho. De acordo com "O Texto didático de apoio como um produto educacional – Uma opção viável", disponível no site do MNEPF, um material mais didático e de fácil compreensão torna-se mais atrativo ao leitor (no caso, o aluno), visto que, nós, seres humanos, tendemos a gostar daquilo que compreendemos. Somada ao material didático exemplar, a condução de uma aula expositiva de maneira lúdica e prazerosa ajuda a potencializar o processo de ensino e aprendizagem. Segundo Moreira (2006, p. 19):

> A condição de que o material seja potencialmente significativo envolve dois fatores principais, quais sejam, a natureza do material, em si, e a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto a natureza do material, ele deve ser "logicamente significativo" ou ter "significado lógico", isto é, ser suficientemente não arbitrário e não aleatório, de modo que possa ser relacionado de forma substantiva e não arbitrária, as ideias correspondentemente relevantes, no domínio da capacidade humana de aprender. No que se refere a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores específicos, com os quais o novo material é relacionável. Dessa maneira, o texto didático cuja intencionalidade seja facilitar a aprendizagem significativa deve ser elaborado pensando em que medida o aluno terá ou não conhecimentos prévios sobre o dado assunto.

Pedagogia é a ciência que tem como objeto de estudo a educação, a construção do processo de ensino e aprendizagem. Em virtude de a educação vir, ao longo dos anos, sendo alvo de intensos debates e discussões, os educadores começam a abandonar o modelo "tradicional" de ensino e avaliação dos alunos e começam a se atualizar em novas propostas pedagógicas.

> Quando a criança é incentivada a ler, ela se torna ativa e está sempre disposta a desenvolver novas habilidades, querendo sempre mais. Ao contrário das crianças que não têm acesso à leitura, pois ela se prende apenas dentro de si mesma com medo do desconhecido. "A leitura, como andar, só pode ser denominada depois de um longo processo de crescimento e aprendizado. (BACHA, 1975, p. 39).

Partindo do pressuposto de que um bom educador poderá ensinar quando aprender, para tal, é preciso ter conhecimento, estudo, leituras, dialógicos e experiências trocadas sejam teóricas ou em pesquisas científicas. É importante, também, lembrar que um bom professor não se constitui apenas disso, embora tenha sua importância. Nos dias atuais, o

professor trabalha com a formação crítica do aluno, para isso, torna-se necessária a construção de várias e várias reflexões durante o processo de aprendizado. Nesse sentido, segundo Brasil (2006, p. 5), “A leitura e a escrita são fundamentais para o aprendizado de todas as matérias escolares. Por isso, em cada ano/série, o aluno precisa desenvolver mais e mais sua capacidade de ler e escrever”.

O objetivo é analisar o processo ensinar-aprender numa perspectiva humanizadora de educação que se propõe a trabalhar com a proposta de Freire.

> Ensinar um conteúdo pela apropriação ou a apreensão deste por parte dos educandos demanda a criação e o exercício de uma séria disciplina intelectual a vir sendo forjada desde a pré-escola. [...] Mas, assim como não é possível ensinar a aprender, sem ensinar um certo conteúdo através de cujo conhecimento se aprende a aprender, não se ensina igualmente a disciplina de que estou falando a não ser na e pela prática cognoscente de que os educandos vão se formando sujeitos cada vez mais críticos. (FREIRE, 2006, p. 82).

3.1 Fundamentação teórica de ensino

Atualmente, o modelo tradicional de ensino ainda é muito utilizado por diversos educadores em escolas de Ensino Fundamental e Médio. Segundo Carraher (1986), tal modelo de educação trata o conhecimento como um conjunto de informações que são simplesmente transmitidas dos professores aos alunos, o que nem sempre resulta em aprendizado efetivo. Basicamente funciona como se os alunos fizessem papel de ouvintes e, muitas vezes, os conteúdos recebidos não são totalmente absorvidos, e sim apenas memorizados por um pequeno intervalo de tempo. Dessa forma, é esquecido em algumas semanas ou meses, comprovando a não efetivação do processo de aprendizado. A memória de curto prazo foi estudada por James (1890), justificando que um aluno, ao armazenar muitas informações em um curto intervalo de tempo, não consegue muitas vezes ter um aprendizado significativo, por apenas decorar a informação.

A proposta pedagógica da aplicação deste trabalho é baseada na pedagogia não diretiva descrita por Barra (2009), pois o professor deve ser visto como um facilitador do conhecimento, permitindo que o aluno que já traz um saber possa organizar ou, ainda, complementar tais conteúdos prévios. Nesse tipo de proposta, há um crescimento mútuo de professor e aluno.

Ausubel (1980), por sua vez, aborda a aprendizagem cognitiva como uma explicação teórica do processo. O autor defende a união da organização e integração, como

influência no processo de aprendizagem mais profunda, a fim de construir novas ideias e novos formatos.

Segundo Ausubel (1980), a estrutura cognitiva é o conjunto hierarquicamente organizado de todos os saberes, ideias e conceitos de um indivíduo. O aprendizado só ocorrerá se o aluno estiver disposto a aprender e se os novos saberes se relacionarem de maneira lógica e relevante com os conhecimentos que já fazem parte da estrutura cognitiva do aluno, ou seja, de maneira não arbitrária.

A epistemologia piagetiana trabalha o sujeito como um participante do processo de conhecimento, envolvendo compreensão, criação, construção e reconstrução. Muitas vezes, o conhecimento não é recebido pronto por ele, e sim elaborado.

> A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal). (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 241).

O livreto, então, surge como referência na teoria da aprendizagem significativa, corroborando o entendimento de que os conhecimentos adquiridos em cada etapa são úteis para desenvolver conceitos nos capítulos seguintes, construindo, assim, um raciocínio de aprendizado mais sólido e construtivista, promovendo, dessa forma, compreensão do processo pelo aluno.

> [...] os conhecimentos derivam da ação, não no sentido de meras respostas associativas, mas no sentido muito mais profundo da associação do real com as coordenações necessárias e gerais da ação. Conhecer um objeto é agir sobre ele e transformá-lo, apreendendo os mecanismos dessa transformação vinculados com as ações transformadoras. (PIAGET, 1970, p. 30).

Além disso, percebemos que o processo de aprendizagem significativa necessita de motivação por parte do aluno. O entendimento do conhecimento como aplicável em situação prática facilita sua absorção e motiva reflexões. Dessa forma, o livreto proposto demonstra, por meio de situações práticas, conceitos termológicos, aguçando, assim, a curiosidade e a, interatividade do público estudantil.

Um exemplo bem interessante a ser citado é o ensino baseado em jogos. A aprendizagem desse tipo é uma atividade que desperta e alimenta o interesse do aluno sobre o conteúdo através da participação coletiva (formação de grupos ou individual), da diversão e da emoção presentes durante o jogo. Segundo Guimarães (2009, p. 198), “[...]ao ensinar

ciência, no âmbito escolar, deve-se também levar em consideração que toda observação não é feita num 19 vazio conceitual, mas a partir de um corpo teórico que orienta a observação".

Nesse sentido, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) que a essência do processo de aprendizagem significativa é de que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal).

> O ato de ler faz com que o indivíduo tenha respostas para o mundo e para o que está acontecendo ao seu redor, ou seja, é um despertar de curiosidades para amantes da física (alunos e professores). Assim a produção de leitura consiste no processo de interpretação desenvolvido por um sujeito-leitor que, defrontando-se com um texto, analisa, questiona com o objetivo de processar seu significado projetando sobre ele sua visão de mundo para estabelecer uma interação crítica com o texto. (INDURSKY, ZINN, 1985, p. 56).

Em contrapartida à necessidade exposta anteriormente, percebemos certo comodismo de muitos docentes frente ás suas exposições. Não é difícil perceber, em nosso cotidiano, que muitos educadores e professores esquecem o que aprenderam durante sua formação, como métodos inovadores e dinâmicos, com a utilização das tecnologias ou de diversas formas de ensinar. Eles são simplesmente levados pelo conformismo, gerando, assim, o hábito de lecionar do mesmo modo tradicionalmente em todas as aulas. Tal fato foi confirmado na pesquisa da Figura 12.

Apesar dos avanços na educação, como inserção de suportes tecnológicos como projetores, computadores, internet, entre outros, ainda há muito receio em inovar na educação e inserir tecnologia no ambiente educacional, devido à falta de aperfeiçoamento do educador e ao medo da alienação e da praticidade desses meios na vida do educando.

Outro aspecto importante que poodemos retornar para analisar é a pesquisa apontada pela figura 4. De acordo com as respostas, a maioria dos professores relata que a sua formação universitária acadêmica não foi satisfatória quanto ao ensino de Termologia aplicada no cotidiano. Assim, a partir desse embasamento teórico pedagógico e seus estudos, buscou-se incentivo para elaborar um material didático atrativo capaz de preencher todos esses estímulos para agradar o público docente e discente, facilitando a transmissão de conceitos termológicos.

3.2 Fundamentação teórica de Termologia

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma metodologia que recentemente tem conquistado um espaço maior em diversas instituições educacionais. A ABP desperta a curiosidade e um raciocínio prévio do leitor, contribuindo, assim, para a formação de novas ideias. É como se estivéssemos preparando o cérebro para receber novas informações. Segundo Barrows (1968), a ABP é um modelo de aprendizagem que, a partir dos problemas, promove uma aprendizagem transdisciplinar centrada no aluno (leitor), com o professor (autor) sendo um facilitador do processo na produção desse conhecimento. Os problemas funcionam como estímulos para aperfeiçoar a aprendizagem e o desenvolvimento das habilidades de pesquisa e resolução.

Esse embasamento teórico também foi usado para produzir o produto educacional, pois Leite e Esteves (2005) definem a ABP como uma trajetória capaz de levar o leitor (aluno) para a aprendizagem. Ao longo do caminho, o leitor procura solucionar problemas a partir da sua área de conhecimento prévio, incluindo também outras áreas e construindo, assim, um conjunto de relações de conteúdos interligados, com o foco na aprendizagem, visto que é possível desempenhar um papel ativo no processo de investigação e formação do conteúdo investigado.

Segundo Delisle (2000, p. 5), a ABP é “uma técnica de ensino que educa apresentando aos alunos uma situação que leva a um problema que tem de ser resolvido”.

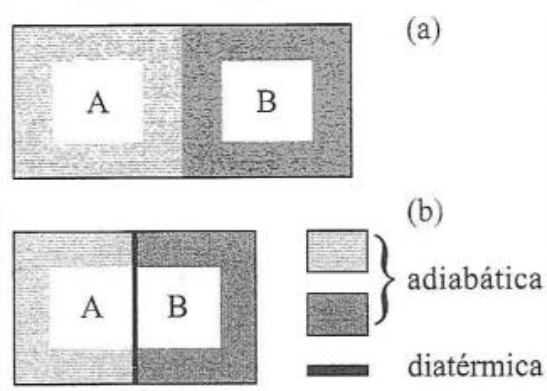
Dessa forma, a fundamentação teórica de Termologia exposta no produto proposto possui um maior direcionamento para alguns professores de Física que não estão bem familiarizados com o assunto a nível de graduação, de forma que possam se reciclar, relembrando algumas análises interessantes e se embasando para ministrar suas futuras aulas com mais bagagem no domínio do conteúdo e maior segurança. O produto permite ao leitor acompanhar essa fundamentação teórica de forma mais organizada, além de permitir, ao longo da leitura, o contato com alguns problemas propostos e suas respectivas resoluções, facilitando sua compreensão.

3.2.1 Temperatura

Inicialmente, é importante esclarecer um pouco o conceito de temperatura, para logo diferenciar de calor. O conceito de temperatura pode ser considerado abstrato por alguns autores e está associado a uma propriedade comum de sistemas em equilíbrio térmico. A sensação subjetiva de temperatura ou mesmo a chamada sensação térmica não fornece um método confiável de aferição. Consideremos dois sistemas isolados A e B, onde cada um

deles, de forma independentemente, atinge o equilíbrio térmico. Depois de colocá-los em contato e retirar a parede adiabática (que impossibilita a troca de calor), observamos que, após algum tempo, A estará em equilíbrio térmico com B e B, consequentemente, também estará em equilíbrio térmico com A.

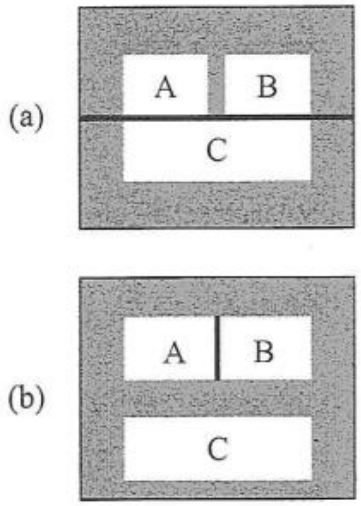
Figura 13 – a) Sistema isolado termicamente com dois corpos A e B e com paredes adiabáticas. Cada um em equilíbrio térmico com seu respectivo ambiente; b) A e B são colocados em contato até atingirem o equilíbrio térmico



Fonte: Google Imagens.

Realizando o mesmo experimento, mas desta vez incluindo um terceiro corpo, podemos concluir que, se o corpo A está em equilíbrio térmico com o corpo B e o corpo B também está em equilíbrio térmico com o corpo C, conclui-se, então, que A encontra-se em equilíbrio térmico com C. Essa é a chamada Lei Zero da Termodinâmica.

Figura 14 – a) Sistema com paredes adiabáticas mostra C em equilíbrio térmico com A e com B. b) Após o contato com C, A e B são colocados em contato até atingirem o equilíbrio térmico



Fonte: Google Imagens.

O conceito intuitivo de temperatura leva à ideia de que dois sistemas isolados em equilíbrio térmico entre si possuem a mesma temperatura. Por conta da Lei Zero da Termodinâmica, é possível realizar medidas com o uso de um termômetro.

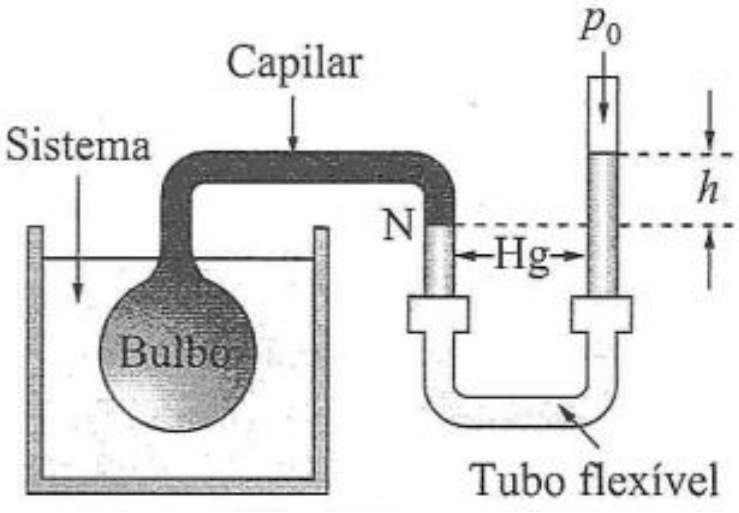
Curiosidade: o termômetro mais usual é o de mercúrio, que é formado por um tubo cilíndrico de vidro fechado e evacuado, com um bulbo numa extremidade, contendo mercúrio. A quantidade de mercúrio é medida através da coluna é associada, então, com a temperatura.

Figura 15 – Termômetro tradicional de mercúrio

Fonte: Google Imagens.

Outro termômetro interessante é o a gás hidrogênio, medido a volume constante. Observe a Figura 16.

Figura 16 – Termômetro a gás de volume constante

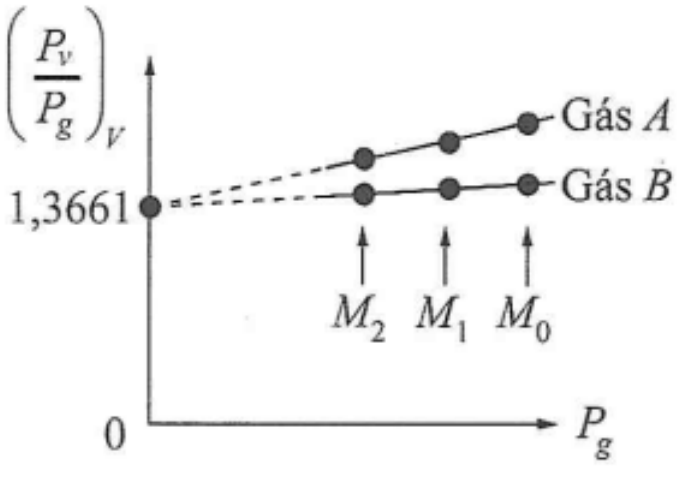


Fonte: Google Imagens.

Para medir a pressão P, devemos colocar o bulbo em contato com o corpo do qual queremos obter a temperatura.

Fazendo um gráfico com ponto de vapor e ponto de gelo a volume constante, verifica-se, experimentalmente, que os pontos tendem a cair sobre uma reta conforme a Figura 17. Observe que, para diferentes gases, as retas possuem diferentes inclinações, mas atingem o limite do ponto de gelo tendendo a zero, a função da massa do gás tenderia a zero, o que não pode obviamente ser atingido, dessa forma, o resultado experimental é de que toda as retas interceptam o eixo das ordenadas no mesmo ponto.

Figura 17 – Comparação gráfica com gases diferentes



Fonte: Google Imagens.

Fazendo o limite citado, encontramos:

$$\lim_{P_g \to 0}\left(\frac{P_v}{P_g}\right) \equiv \frac{T_v}{T_g} \approx 1{,}3661$$

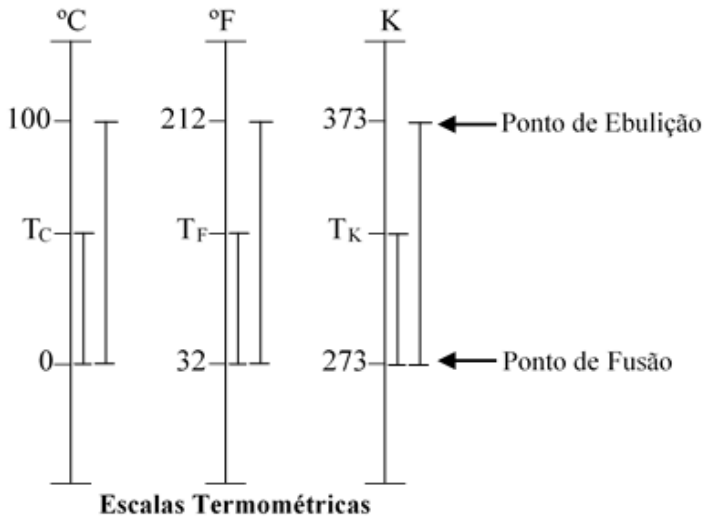
Esse resultado define a razão das temperaturas absolutas do vapor e gelo.

Ponto de fusão e ebulição da água

A água em pressão de 1 atm, congela a esses valores.	A água em pressão de 1 atm, evapora nesses valores.
0 ºC 32 ºF 273 K	100 ºC 212 ºF 373 K

Dessa forma, podemos montar nossas escalas para estabelecer uma relação entre elas:

Figura 18 – Comparação das escalas termométricas



Fonte: elaborada pelo autor.

Observe que, devido à proporção, sendo as funções de temperaturas lineares, podemos escrever:

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32} = \frac{T_K - 273}{373 - 273}$$

Fazendo as devidas subtrações:

$$\frac{T_C}{100} = \frac{T_F - 32}{180} = \frac{T_K - 273}{100}$$

Dividindo todos os denominadores por 20, temos:

$$\boxed{\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}}$$

Para uma transformação de temperatura entre as escalas Celsius e Fahrenheit, devemos usar:

$$\boxed{\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}}$$

Para uma transformação de temperatura entre as escalas Fahrenheit e Kelvin, devemos usar:

$$\frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

Para uma transformação de temperatura entre as escalas Celsius e Kelvin, simplificando a expressão, temos:

$$T_C = T_K - 273$$

3.2.2 Dilatação térmica

O fenômeno da dilatação térmica está presente em nossas rotinas diárias, por exemplo para os engenheiros que evitam acidentes em trilhos de trem, deixando folgas ao longo das linhas do trilho, conforme se observa na Figura 19.

Figura 19 – Trilhos distorcidos devido a dilatação térmica

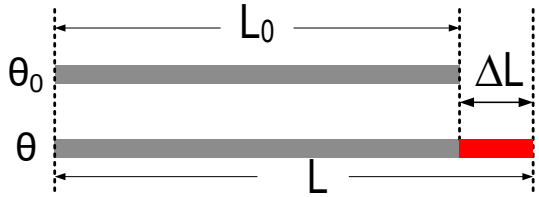
Fonte: Google Imagens.

Para entender como ocorre a dilatação térmica, considere os átomos que são mantidos juntos em uma estrutura regular através de forças elétricas e conectados através de molas. Para uma determinada temperatura, os átomos estão vibrando com uma amplitude de oscilação; quando a temperatura é elevada, os átomos vibram com amplitude maior e as

distâncias médias entre eles aumentam, produzindo um maior espaçamento através do corpo inteiro.

Observamos o caso de uma barra simples:

Figura 20 – Barra linear sofrendo dilatação



Fonte: elaborada pelo autor.

$$\alpha = \frac{\text{Acréscimo de comprimento}}{\text{Comprimento original} \cdot \text{variação de temperatura}}$$

$$\boldsymbol{\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta \theta}}$$

Se L_0 e L são os comprimentos nas temperaturas θ_0 e θ, podemos escrever $\Delta L = L - L_0$ e $\Delta\theta = \theta - \theta_0$. Assim temos:

$$\alpha = \frac{L - L_0}{L_0 \cdot \Delta\theta}$$

O comprimento final pode ser expresso por:

$$\boldsymbol{L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)}$$

OBS: O coeficiente de dilatação linear pode ser escrito na forma diferencial da seguinte forma:

$$\boldsymbol{\alpha = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{dL}{d\theta}}$$

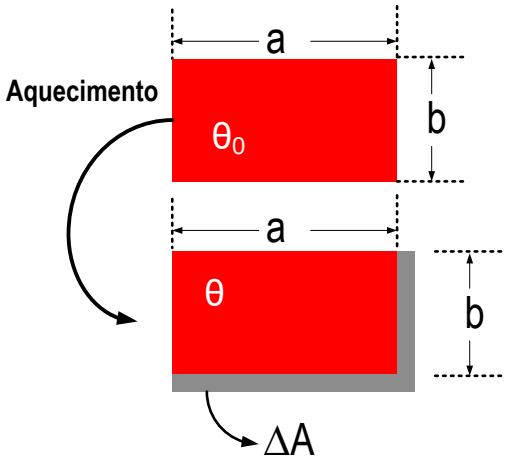
Essa equação pode ser aplicada para pequenos valores de variação de temperatura $\Delta\theta$ ($\Delta\theta < 100°C$); a dilatação do material em geral pode ser considerada uniforme. Para grandes variações de temperatura $\Delta\theta$, o comprimento final pode ser escrito na forma:

$$\mathbf{L = L_0 \cdot (1 + \alpha_1 \cdot \Delta\theta + \alpha_2 \cdot \Delta\theta^2 + \cdots)}$$

onde $\alpha_1 > \alpha_2 > \cdots$

Observamos agora o caso de uma placa metálica:

Figura 21 – Chapa metálica sofrendo dilatação em um plano



Fonte: elaborada pelo autor.

$$\beta = \frac{\text{Acréscimo de área}}{\text{Área original} \cdot \text{variação de temperatura}}$$

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \cdot \Delta\theta}$$

Se A_0 e A são as áreas nas temperaturas θ_0 e θ, podemos escrever $\Delta A = A - A_0$ e $\Delta\theta = \theta - \theta_0$. Assim temos:

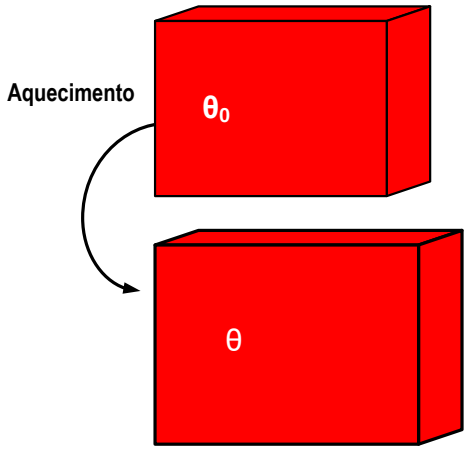
$$\beta = \frac{A - A_0}{A_0 \cdot \Delta\theta}$$

A área final pode ser expressa por:

$$A = A_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta\theta)$$

Analisaremos agora um corpo tridimensional:

Figura 22 – Paralelepípedo sofrendo dilatação



Fonte: elaborada pelo autor.

$$\gamma = \frac{\text{Acréscimo de volume}}{\text{Volume original} \cdot \text{variação de temperatura}}$$

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta\theta}}$$

Se V_0 e V são os volumes nas temperaturas θ_0 e θ, podemos escrever $\Delta V = V - V_0$ e $\Delta\theta = \theta - \theta_0$. Temos:

$$\gamma = \frac{V - V_0}{V_0 \cdot \Delta\theta}$$

O volume final pode ser expresso por:

$$\boldsymbol{V = V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta\theta)}$$

Nota importante: Relação entre α, β e γ.

1º caso: Considere uma película de comprimento a e largura b, assim a área superficial da película é:

$$\mathrm{A} = \mathrm{a} \cdot \mathrm{b}$$

Para uma pequena variação na área (ΔA), podemos escrever:

$$\frac{\Delta \mathrm{A}}{\mathrm{A}} = \frac{\Delta \mathrm{a}}{\mathrm{a}} + \frac{\Delta \mathrm{b}}{\mathrm{b}}$$

Dividindo-se ambos os membros da equação por $\Delta\theta$, obtemos:

$$\frac{\Delta \mathrm{A}}{\mathrm{A} \cdot \Delta\theta} = \frac{\Delta \mathrm{a}}{\mathrm{a} \cdot \Delta\theta} + \frac{\Delta \mathrm{b}}{\mathrm{b} \cdot \Delta\theta}$$

Logo:

$$\beta = \alpha_1 + \alpha_2$$

Onde α_1 e α_2 são os coeficientes de dilatação térmica linear ao longo da largura e do comprimento da película.

Para materiais homogêneos e isotrópicos, os coeficientes de dilatação térmica linear são idênticos em todas as direções ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$), logo:

$$\boldsymbol{\beta = 2\alpha}$$

2º caso: Considere um paralelepípedo de comprimento a, largura b e altura c, assim o volume pode ser escrito:

$$\mathrm{V} = \mathrm{a} \cdot \mathrm{b} \cdot \mathrm{c}$$

Para uma pequena variação no volume (ΔV), podemos escrever:

$$\frac{\Delta \mathrm{V}}{V} = \frac{\Delta \mathrm{a}}{\mathrm{a}} + \frac{\Delta \mathrm{b}}{\mathrm{b}} + \frac{\Delta \mathrm{c}}{c}$$

Dividindo-se ambos os membros da equação por $\Delta\theta$, obtemos:

$$\frac{\Delta V}{V \cdot \Delta\theta} = \frac{\Delta a}{a \cdot \Delta\theta} + \frac{\Delta b}{b \cdot \Delta\theta} + \frac{\Delta c}{c \cdot \Delta\theta}$$

Logo:

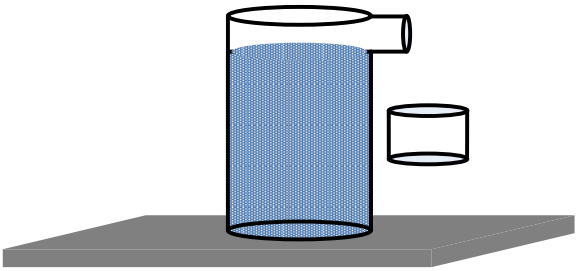
$$\gamma = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$$

Para materiais homogêneos e isotrópicos, os coeficientes de dilatação térmica linear são idênticos em todas as direções ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha$), logo:

$$\boldsymbol{\gamma = 3\alpha}$$

Quando um líquido é aquecido, o recipiente que o contém se expande e a dilatação do líquido observada é apenas uma dilatação aparente do líquido.

Figura 23 – Recipiente com líquido prestes a sofrer dilatação e extravasar



Fonte: elaborada pelo autor.

Então:

$$\Delta V_{REAL} = \Delta V_{APARENTE} + \Delta V_{RECIPIENTE}$$

Se V_0 e V_t são os respectivos volumes do líquido nas temperaturas 0℃ e t℃, então:

$$\gamma_{REAL} = \frac{\Delta V_{REAL}}{V_0 \cdot \Delta\theta}$$

onde $\Delta V_{REAL} = V_t - V_0$ e $\Delta\theta = t - 0 = t$

$$\gamma_{REAL} = \frac{V_t - V_0}{V_0 \cdot t}$$

$$V_t = V_0 \cdot (1 + \gamma_{REAL} \cdot t)$$

Vejamos o volume do líquido após a dilatação.

Notas importantes:

a) Relação entre os coeficientes de dilatação volumétrica:

Se γ_{AP} e γ_{REC} são os coeficientes de dilatação aparente do líquido e o coeficiente de dilatação do recipiente, respectivamente, temos:

$$\gamma_{REAL} = \gamma_{AP} + \gamma_{REC}$$

Em exercícios, o ***volume extravasado*** é dado por:

$$\boldsymbol{\Delta V_{APARENTE} = V_0 \cdot \gamma_{AP} \cdot \Delta\theta}$$

Variação no período de um pêndulo simples:

Se L_0 é o comprimento do pêndulo em 0°C, então o período é dado por:

$$T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L_0}{g}}$$

Para uma temperatura **t**, o período do pêndulo é dado por:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Considerando a dilatação do fio podemos escrever:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$$

Onde:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)}{g}}$$

$$T = T_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)^{\frac{1}{2}}$$

Usando a aproximação: $(1 + x)^n \cong 1 + n \cdot x$

$$T = T_0 \cdot \left(1 + \frac{\alpha \cdot t}{2}\right)$$

$$\frac{T}{T_0} - 1 = \frac{\alpha \cdot t}{2}$$

$$\frac{T - T_0}{T_0} = \frac{\alpha \cdot t}{2}$$

$$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{\alpha \cdot t}{2}$$

$$\Delta T = \left(\frac{\alpha \cdot t}{2}\right) \cdot T_0$$

Notas:

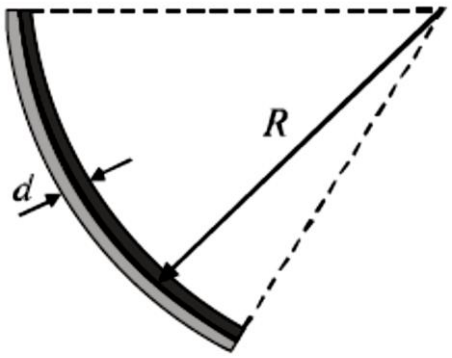
1º caso: se a temperatura aumenta, o período aumenta e o relógio oscila lentamente. Em consequência, o relógio se atrasará.

2º caso: se a temperatura diminui, o período diminui e o relógio oscila rapidamente. Em consequência, o relógio se adiantará.

Estudo da curvatura de uma lâmina bimetálica

Exemplo: Uma lâmina bimetálica é constituída por uma junção de duas lâminas retilíneas que têm o mesmo comprimento quando estão à temperatura T. Ao aumentar sua temperatura para $\mathbf{T + \Delta T}$, a lâmina se curva, formando um arco de circunferência de espessura total **d** (FIGURA 24). Supondo que os coeficientes de dilatação linear das lâminas sejam respectivamente iguais α_1 e α_2, com $\boldsymbol{\alpha_2 > \alpha_1}$, e que as espessuras de cada lâmina, após a dilatação, sejam iguais, vamos deduzir a expressão do raio de curvatura da junção entre as lâminas. Tal exemplo está contido no livro *Física Básica*, de Moysés, e também na Olimpíada Brasileira de Física (2016).

Figura 24 – Lâmina bimetálica distorcida devido a dilatação



Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução:

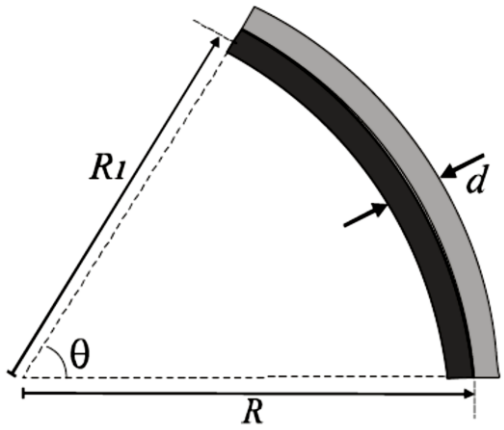
Suponha que as duas lâminas tenham, à temperatura **T**, o mesmo comprimento $\mathbf{L_0}$. Ao serem aquecidas, ambas sofrerão dilatação térmica e terão novos comprimentos dados por:

$$L_1 = L_0 \cdot (1 + \alpha_1 \cdot \Delta T)$$

$$L_2 = L_0 \cdot (1 + \alpha_2 \cdot \Delta T)$$

Como estão coladas uma na outra e como a lâmina 2 dilata mais do que a 1 (pois $\boldsymbol{\alpha_2 > \alpha_1}$), a lâmina resultante irá se curvar em um arco de circunferência, cujo raio da lâmina externa é $\mathbf{R_2}$ e da lâmina interna é $\mathbf{R_1}$ (FIGURA 25).

Figura 25 – Análise geométrica da lâmina bimetálica distorcida devido a dilatação



Fonte: elaborada pelo autor.

Ambas subtendem o mesmo ângulo θ dado por:

$$\theta = \frac{L_1}{R_1} = \frac{L_2}{R_2} \rightarrow R_2 = \frac{L_2}{L_1} \cdot R_1$$

Como $R_2 = R_1 + \frac{d}{2}$, teremos:

$$R_1 = \frac{d}{2} \cdot \left(\frac{L_1}{L_2 - L_1}\right)$$

$$R_1 = \frac{d}{2} \cdot \left[\frac{1 + \alpha_1 \cdot \Delta T}{(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \Delta T}\right]$$

O raio da junção é:

$$R = R_1 + \frac{d}{4}$$

O que nos leva a:

$$R = \frac{d}{4} \cdot \left[\frac{2 \cdot (1 + \alpha_1 \cdot \Delta T)}{(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \Delta T} + 1\right]$$

Finalmente:

$$\mathbf{R = \frac{d}{4} \cdot \left[\frac{2 + (\alpha_2 + \alpha_1) \cdot \Delta T}{(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \Delta T}\right]}$$

Estudo da variação da inércia rotacional de um sólido:

Para pequenas variações de temperatura $\Delta\theta$, a variação do comprimento de uma barra é dada por:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

E a mudança no raio de um disco ou uma esfera é dada por:

$$\Delta R = R_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

1º caso: Barra homogênea

O momento de inércia de uma barra homogênea em torno de um eixo é dado por:

$$I = K \cdot L^2$$

Onde K é uma constante cujo valor varia com o eixo de rotação. Para uma pequena variação de temperatura, podemos escrever:

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{2 \cdot \Delta L}{L_0}$$

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{2 \cdot L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta}{L_0}$$

$$\frac{\Delta I}{I} = 2 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

2º caso: Disco homogêneo

O momento de inércia de um disco ou anel em torno de um eixo é dado por:

$$I = K \cdot R^2$$

Onde K é uma constante cujo valor varia com o eixo de rotação. Para uma pequena variação de temperatura, podemos escrever:

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{2 \cdot \Delta R}{R_0}$$

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{2 \cdot R_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta}{R_0}$$

$$\frac{\Delta I}{I} = 2 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

3º caso: Esfera homogênea

O momento de inércia de um disco ou anel em torno de um eixo é dado por:

$$I = K \cdot R^2$$

Onde K é uma constante cujo valor varia com o eixo de rotação. Para uma pequena variação de temperatura, podemos escrever:

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{2 \cdot \Delta R}{R_0}$$

O volume da esfera é dado por:

$$\mathrm{V} = \frac{4\pi}{3} \cdot \pi \cdot \mathrm{R}^3$$

$$\frac{\Delta \mathrm{V}}{\mathrm{V}} = 3 \cdot \frac{\Delta \mathrm{R}}{\mathrm{R}_0}$$

$$\frac{\Delta \mathrm{R}}{\mathrm{R}_0} = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\Delta \mathrm{V}}{\mathrm{V}}\right)$$

$$\frac{\Delta \mathrm{R}}{\mathrm{R}_0} = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\Delta \mathrm{V}}{\mathrm{V}_0}\right) = \frac{1}{3} \cdot \frac{\mathrm{V}_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta}{\mathrm{V}_0}$$

$$\frac{\Delta \mathrm{R}}{\mathrm{R}_0} = \frac{\gamma \cdot \Delta \mathrm{T}}{3} = \alpha \cdot \Delta\theta$$

$$\frac{\Delta \mathrm{I}}{\mathrm{I}} = 2 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

Concluímos, então, que a variação percentual do momento de inércia de um objeto para pequenas variações de temperatura é dada por:

$$\frac{\Delta \mathrm{I}}{\mathrm{I}} = 2 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

Variação da densidade de uma substância com a temperatura

Suponha que ρ_0 é a densidade de uma substância a 0℃. Em outra temperatura, a densidade é igual a ρ_T. Considerando que a massa da substância não varia, assim podemos escrever:

$$\rho_0 \cdot V_0 = \rho_T \cdot V_T$$

Quando V_0 e V_T são os respectivos volumes da substância nas temperaturas 0℃ e T℃, respectivamente:

$$V_T = \mathrm{V_0} \cdot (1 + \gamma \cdot \mathrm{T})$$

Dessa forma, obtemos:

$$\rho_0 \cdot \mathrm{V_0} = \rho_\mathrm{T} \cdot \mathrm{V_0} \cdot (1 + \gamma \cdot \mathrm{T})$$

$$\rho_\mathrm{T} = \frac{\rho_0}{(1 + \gamma \cdot \mathrm{T})}$$

Rescrevendo:

$$\rho_\mathrm{T} = \rho_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \mathrm{T})^{-1}$$

Para pequenos valores de γ, podemos aproximar por:

$$\rho_\mathrm{T} \cong \rho_0 \cdot (1 - \gamma \cdot \mathrm{T})$$

Sendo ρ_1 e ρ_2 as respectivas densidades nas temperaturas T_1 e T_2, respectivamente, então podemos escrever:

$$\rho_1 \cdot \mathrm{V_1} = \rho_2 \cdot \mathrm{V_2}$$

$$\rho_1 \cdot \mathrm{V_0} \cdot (1 + \gamma \cdot \mathrm{T_1}) = \rho_2 \cdot \mathrm{V_0} \cdot (1 + \gamma \cdot \mathrm{T_2})$$

$$\rho_1 = \rho_2 \cdot \frac{(1 + \gamma \cdot \mathrm{T_2})}{(1 + \gamma \cdot \mathrm{T_1})}$$

$$\rho_1 = \rho_2 \cdot (1 + \gamma \cdot \mathrm{T_2}) \cdot (1 - \gamma \cdot \mathrm{T_1})$$

Desprezando-se γ^2 por ter um valor muito pequeno:

$$\rho_1 = \rho_2 \cdot [1 + \gamma \cdot (T_2 - T_1)]$$

$$\gamma = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2 \cdot (T_2 - T_1)}$$

Peso aparente de um corpo em determinada temperatura

Suponha que um corpo de peso P é submerso em um líquido, o peso aparente de um corpo em uma temperatura T é dado por:

$$P_{AP} = P - E_T$$

Onde E_T é uma força de empuxo exercida pelo líquido.

Em $T = 0℃$, o empuxo é dado por:

$$E_0 = \rho_0 \cdot V_0 \cdot g$$

Onde ρ_0 é a densidade do líquido e V_0 é o volume do corpo em $T = 0℃$.

Em $T = t℃$, o empuxo é dado por:

$$E_T = \rho_T \cdot V_T \cdot g$$

Na expressão anterior, V_T é o volume do corpo em $T = t℃$, assim:

$$V_T = V_0 \cdot (1 + \gamma_s \cdot t)$$

Aqui, γ_s é o coeficiente de dilatação volumétrica do corpo e ρ_T é a densidade do líquido em $T = t℃$, que é dada por:

$$\rho_T = \frac{\rho_0}{1 + \gamma_L \cdot t}$$

Na expressão anterior, γ_L é o coeficiente de dilatação volumétrica do líquido.

$$E_T = V_0 \cdot (1 + \gamma_s \cdot t) \cdot \left(\frac{\rho_0}{1 + \gamma_L \cdot t}\right) \cdot g$$

$$E_T = \rho_0 \cdot V_0 \cdot g \cdot (1 + \gamma_s \cdot t) \cdot (1 + \gamma_L \cdot t)^{-1}$$

$$E_T \cong E_0 \cdot (1 + \gamma_s \cdot t) \cdot (1 - \gamma_L \cdot t)$$

$$E_T \cong E_0 \cdot (1 + \gamma_s \cdot t - \gamma_L \cdot t - \gamma_s \cdot \gamma_L \cdot t^2)$$

Desprezando o termo $\gamma_s \cdot \gamma_L \cdot t^2$, por ser muito pequeno se comparado aos demais termos, temos:

$$E_T \cong E_0 \cdot [1 - (\gamma_L - \gamma_S) \cdot t]$$

Logo, o peso aparente é dado por:

$$P_{AP} = P - E_0 \cdot [1 - (\gamma_L - \gamma_S) \cdot t]$$

Concluímos que um aumento de temperatura do sistema à força de empuxo (caso prático, pois o coeficiente de dilatação do líquido é maior que o coeficiente de dilatação do sólido) diminui e o peso aparente aumenta, se $\gamma_L = \gamma_S$, $P_{AP} = P - E_0$ para todas as temperaturas.

3.2.3 Quantidade de Calor

Calor e temperatura são dois conceitos considerados abstratos por diversos estudiosos do ramo da Termologia e inclusive confundidos popularmente. É comum, em dias ensolarados, pessoas as ruas resmungarem dizendo “estou com calor”, onde fisicamente essa expressão parece não fazer muito sentido. O calor será definido aqui, como na maioria dos livros do ensino superior, sendo a grandeza física responsável por expressar a energia em trânsito que flui espontaneamente do corpo de maior temperatura para o corpo de menor

temperatura, ocorrendo devido a uma diferença de temperatura, até que seja atingido o equilíbrio térmico (mesma temperatura).

Perceba que é extremamente importante diferenciar calor e temperatura. A temperatura depende do estado físico de um material, e sua descrição quantitativa indica se o material está quente ou frio. Na Física, o termo "calor" sempre se refere a uma transferência de energia de um corpo ou um sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura entre eles, nunca indica a quantidade de energia contida em um sistema particular. Podemos alterar a temperatura de um corpo fornecendo calor ou retirando "calor" do corpo, ou retirando ou fornecendo outras formas de energia, tais como a energia mecânica. Quando dividimos um corpo em duas metades, cada metade possui a mesma temperatura do corpo inteiro; porém, para aumentar a temperatura de cada metade até um mesmo valor final, devemos fornecer a metade da energia que seria transferida ao corpo inteiro (YOUNG, 2008).

Observação: A caloria (abreviada como *cal*) é definida como a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água em 1℃. A relação entre caloria e *joule* é dada por:

1 cal = 4,186J e 1Btu=252cal=1055J

Vamos expressar a quantidade de calor pela letra Q, quando um corpo tiver uma variação de temperatura ΔT. A quantidade de calor de um corpo de massa m depende também das características de formação desse material, sendo possível relacionar as grandezas citadas acima por:

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

(calor para mudar a temperatura de um corpo de massa m)

Onde c é chamada de calor específico ou capacidade calorífica específica do material.

Para uma variação de temperatura infinitesimal **dT** e uma correspondente quantidade de calor **dQ**, temos:

$$dQ = m \cdot c \cdot dT$$

$$c = \frac{1}{m}\frac{dQ}{dT}$$

Nas equações, Q(dQ) e $\Delta\mathbf{T}$ (dT) podem assumir valores positivos ou negativos. Para uma variação de temperatura maior que zero, temos um ganho de calor; para uma variação de temperatura menor que zero, temos uma perda de calor.

Se o intervalo de temperatura entre a temperatura inicial T_i e a temperatura final T_f é suficientemente grande para que seja preciso levar em conta a variação do calor específico com a temperatura, $c = c(T)$, daí

$$Q = m\int_{T_i}^{T_f} c(T)dT = m\bar{c}(T_f - T_i)$$

Onde $\bar{c}$ e, por definição, o calor específico médio entre as temperaturas T_i e T_f.

Atenção: Lembre que dQ não representa nenhuma variação ou quantidade de calor contida no corpo; esse conceito não faz sentido. O calor é sempre uma energia em trânsito que ocorre em virtude de uma diferença de temperatura. Não existe nenhuma "quantidade de calor em um corpo". O termo calor específico não é muito apropriado, porque ele pode sugerir a ideia equivocada de que um corpo pode conter uma certa quantidade de calor.

Dado importante: o calor específico da água é aproximadamente igual a

$$\mathbf{4186\,J/kg\cdot K = 1\,cal/g\cdot ℃}$$

Vamos fornecer alguns exemplos de calorimetria (cálculos envolvendo troca de calor**). Quando ocorre troca de calor entre dois corpos isolados do meio ambiente, o calor perdido por um dos corpos deve ser igual ao calor ganho pelo outro corpo**, desse modo, a quantidade de calor total desse sistema deve ser nula.

Exemplo resolvido: Um corpo de massa $\mathbf{m_A}$ e temperatura inicial $\mathbf{T_A}$ e calor específico é $\mathbf{c_A}$ é colocado em contato térmico com outro corpo de massa $\mathbf{m_B}$ e temperatura inicial $\mathbf{T_B}$ ($T_A > T_B$) e calor específico é $\mathbf{c_B}$**.** Considerando as trocas de calor entre os corpos (não havendo mudança de fase), determine:

a) a temperatura de equilíbrio atingida pelos corpos e, em seguida, generalize o resultado por **n** corpos;

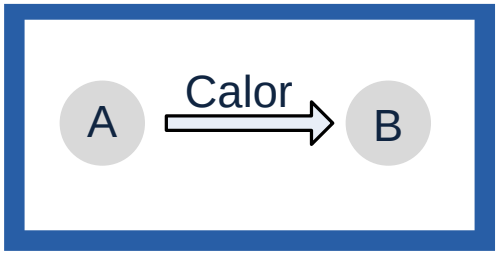
b) o caso particular em que os calores específicos são iguais;

c) o caso particular em que as massas dos corpos são iguais;

Resolução:

a) Pelo princípio de conservação da energia, podemos afirmar que, para um sistema termicamente isolado, a soma algébrica das quantidades de calor trocadas é nula.

Figura 26 – Dois corpos A e B com diferentes temperaturas



Fonte: elaborada pelo autor.

$$Q_A + Q_B = 0$$

$$m_A \cdot c_A \cdot (T - T_A) + m_B \cdot c_B \cdot (T - T_B) = 0$$

$$T = \frac{m_A \cdot c_A \cdot T_A + m_B \cdot c_B \cdot T_B}{m_A \cdot c_A + m_B \cdot c_B}$$

Generalizando:

$$T = \frac{m_A \cdot c_A \cdot T_A + m_B \cdot c_B \cdot T_B + \cdots + m_N \cdot c_N \cdot T_N}{m_A \cdot c_A + m_B \cdot c_B + \cdots + m_N \cdot c_N}$$

b) De acordo com o enunciado, temos:

$$c_A = c_B = \cdots = c_N$$

$$T = \frac{m_A \cdot T_A + m_B \cdot T_B + \cdots + m_N \cdot T_N}{m_A + m_B + \cdots + m_N}$$

c) De acordo com o enunciado, temos:

$$m_A = m_B = \cdots = m_N$$

$$T = \frac{c_A \cdot T_A + c_B \cdot T_B + \cdots + c_N \cdot T_N}{c_A + c_B + \cdots + c_N}$$

Exemplo resolvido: (**OLIMPÍADA DE FÍSICA DA COLÔMBIA**) Uma esfera metálica de massa m_1, calor específico c_1 e coeficiente de dilatação linear $\boldsymbol{\alpha}$, tem raio r_0 a uma temperatura T_1. Tal esfera é imersa em um líquido de massa m_2 e calor específico c_2, que se encontra a temperatura $T_2 > T_1$. Supondo que o recipiente que contém o líquido está isolado termicamente, determine o raio da esfera no momento do equilíbrio térmico.

Resolução:

Usando **lei geral das trocas de calor:**

$$\sum Q = 0$$

Podemos obter:

$$T = \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot T_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot T_2}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2}$$

Tratando-se a dilatação do anel como uma dilatação linear do raio, temos:

$$R = r_0 \cdot [1 + \alpha \cdot \Delta T]$$

$$R = r_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_1)]$$

$$R = r_0 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\frac{m_1 \cdot \boldsymbol{c_1} \cdot \boldsymbol{T_1} + m_2 \cdot \boldsymbol{c_2} \cdot T_2}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2} - T_1\right)\right]$$

$$R = r_0 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\frac{m_2 \cdot c_2 \cdot (T_2 - T_1)}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2}\right)\right]$$

1) Em um sistema termicamente isolado, a temperatura de equilíbrio é sempre maior que a menor temperatura e sempre menor que a maior temperatura dos corpos (sistemas) colocados em contato térmico.

$$\mathrm{T_{maior}} > \mathrm{T_{equilíbrio}} > \mathrm{T_{menor}}$$

2) Simplificadamente, podemos dizer que um corpo apresenta uma energia interna dada pela soma da energia potencial de agregação e a energia cinética de vibração. A energia potencial de agregação é a energia que mantém a estrutura do corpo agregada (estado físico), enquanto a energia cinética de vibração está relacionada à temperatura do corpo (iremos detalhar o assunto em Teoria Cinética dos Gases).

3) **Capacidade térmica de um corpo**: é numericamente igual à quantidade de calor que o corpo (sistema) troca com o meio quando a temperatura do sistema sofre uma variação unitária.

$$\mathrm{C} = \frac{\mathrm{Q}}{\Delta \mathrm{T}}$$

Unidade: (C)=J/K

A capacidade térmica é uma característica do corpo; massas diferentes da mesma substância apresentam capacidades térmicas diferentes.

Detalhe: A capacidade térmica de um sistema composto vale a soma das capacidades térmicas dos componentes do sistema.

4) **Calor específico**: é uma característica da substância que constitui o corpo, e não simplesmente do corpo. Ou seja, o calor específico não depende da massa.

Quanto menor o calor específico de uma substância, menor será a quantidade de calor necessária para elevar sua temperatura.

Detalhe: A variedade alotrópica tem influência no calor específico. Alguns elementos químicos podem cristalizar-se em duas ou mais formas diferentes. Essa propriedade chama-se alotropia, e cada uma das formas constitui uma variedade alotrópica. Entre os elementos que apresentam essa propriedade, podemos citar o carbono, o enxofre e o fósforo. As diferentes variedades alotrópicas do carbono apresentam os seguintes calores específicos:

$$\mathbf{c_{diamante} = 0,147\ cal/g \cdot ℃}$$
$$\mathbf{c_{grafite} = 0,242\ cal/g \cdot ℃}$$
$$\mathbf{c_{carvão} = 0,240\ cal/g \cdot ℃}$$

5) **Calorímetro:** é um recipiente onde usualmente os corpos são colocados com o objetivo de trocar calor. É uma importante ferramenta experimental na medição do calor específico dos corpos. Os calorímetros são, teoricamente, isolados do meio exterior para evitar trocas de calor entre o meio externo e o seu conteúdo, por serem essas quantidades de calor difíceis de medir. No entanto, nada impede que seja introduzida ou retirada do interior do calorímetro qualquer quantidade de calor mensurável.

Calorímetros ideais: são aqueles que não participam das trocas de calor em seu interior, isto é, possuem capacidade térmica nula ou desprezível.

Sugestão para a solução de problemas de calorimetria:

Sugestão 1: Para evitar confusão acerca dos sinais algébricos ao calcular quantidades de calor, use as equações anteriores consistentemente para cada corpo, lembrando que cada valor de Q é positivo quando o calor entra em um corpo e negativo quando ele sai do corpo. **A soma algébrica de todos os valores de Q deve ser igual a zero.**

Sugestão 2: Quando você necessita encontrar uma temperatura desconhecida, represente-a por um símbolo algébrico tal como T. A seguir, quando o corpo possui uma temperatura inicial de 20℃, a variação de temperatura do corpo é dada por $\mathbf{\Delta T = T_{final} - T_{inicial} = T - 20}$ (não ΔT=20-T).

Exemplo resolvido: (**AFA-97**) Um certo calorímetro contém 80 gramas de água à temperatura de 15℃. Adicionando-se à água do calorímetro 40 gramas de água a 50℃, observa-se que a temperatura a temperatura do sistema ao ser atingido o equilíbrio o equilíbrio, é de 25℃. Pode-se afirmar que a capacidade térmica do calorímetro, em $cal/℃$, é igual a:

a) 5

b) 10

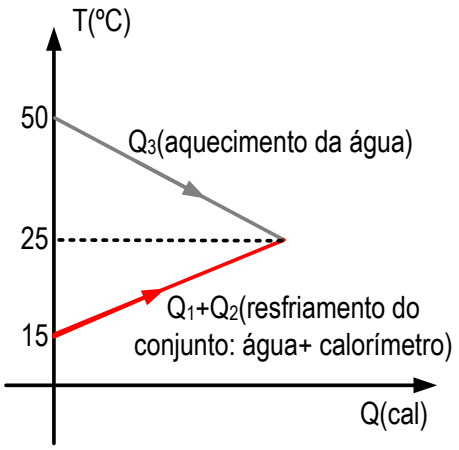
c) 15

d) 20

Resolução:

Na situação física proposta, percebemos que o calorímetro nesse caso participa das trocas de calor. Inicialmente, o conjunto calorímetro + água está em equilíbrio térmico a 15ºC e, em seguida, ao ser colocada água a 50ºC, haverá troca de calor até que o equilíbrio térmico seja atingido.

Figura 27 – Gráfico de dois corpos atingindo o equilíbrio térmico



Fonte: elaborada pelo autor.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

$$C_{CAL} \cdot (T - T_1) + m_1 \cdot c_1 \cdot (T - T_1) + m_2 \cdot c_2 (T - T_2) = 0$$

$$C_{CAL} \cdot 10 + 80 \cdot 10 + 40 \cdot (-25) = 0$$

$$C_{CAL} \cdot 10 = 200$$

$$C_{CAL} = 20\ cal/°\text{C}$$

A Quantidade de Calor Latente

Utilizamos a palavra fase para designar qualquer estado específico da matéria, tal como o de um sólido, um líquido ou um gás. O composto H_2O existe na fase sólida como gelo, na fase líquida como água e na fase gasosa como vapor d'água. A mudança de uma fase para outra pode também ser chamada de transição de fase. **Para uma dada pressão, a transição de fase ocorre para uma temperatura definida, sendo usualmente acompanhada por uma emissão ou absorção de calor e por uma variação de volume e de densidade.**

Um exemplo de mudança de fase, por exemplo, é a liquefação do gelo. Quando fornecemos energia térmica em trânsito (calor) ao gelo a 0℃ na pressão atmosférica normal, a temperatura do gelo não se altera, ou seja, não aumenta. Diferentemente, uma parcela do gelo derrete e é convertida em água (estado líquido). Dessa forma, sendo um processo lento, a temperatura é mantida constante até que todo o gelo seja fundido. A energia usada nesse sistema não é para fazer sua temperatura aumentar, mas sim para propor uma mudança da fase de sólido para líquido.

É necessário usar $3{,}34 \cdot 10^5$J (aproximadamente) de calor para converter 1kg de gelo a 0℃ em 1 kg de água líquida a 0℃, mantendo-se constante a pressão atmosférica. O calor necessário por unidade de massa denomina-se calor de fusão (algumas vezes chamado de calor latente de fusão), designado por L_f. Para a água submetida a uma pressão atmosférica normal, o calor de fusão é por

$$\mathbf{L_f = 3,34 \cdot 10^5\ J/kg = 79,6\ cal/g}$$

Generalizando, para liquefazer a massa m de um sólido cujo calor de fusão é L_f, é necessário fornecer ao material uma quantidade de calor Q dada por

$$\mathbf{Q = m \cdot L_f}$$

Esse processo é reversível. Para congelar a água líquida a 0℃, devemos remover calor da água; o módulo do calor é o mesmo, mas, neste caso, Q é negativo, porque estamos removendo "calor", e não adicionando calor. Para englobar essas duas possibilidades e para incluir outras transições de fase, podemos escrever:

$$\mathbf{Q = \pm m \cdot L}$$

(transferência de calor em uma transição de fase)

O sinal positivo (calor entrando no sistema) é usado em transições de fase endotérmicas, e o sinal negativo (calor saindo do sistema) é usado em transições de fase exotérmicas.

Detalhe: Em problemas nos quais ocorre uma transição de fase, tal como no caso da fusão do gelo, você pode não saber previamente se todo material sofre uma transição de fase ou se somente parte muda de fase. Podemos sempre supor uma hipótese ou outra, e, quando o cálculo resultante resulta um absurdo (tal como uma temperatura final maior ou menor que todas as temperaturas iniciais), você conclui que a hipótese inicial estava errada. Refaça os cálculos e tente novamente. A sugestão para resolver esse tipo de problema é elaborar gráficos da quantidade de calor envolvida em função da temperatura associado com as expressões algébricas.

Exemplo resolvido: (**OLIMPÍADA DE FÍSICA DA COLÔMBIA**) Quantos cubos de gelo de 20 g, cuja temperatura inicial é de -10℃, precisam ser colocados em 1,0 litro de chá quente, com temperatura inicial de 90℃, para que a mistura final tenha a tenha a temperatura de 10℃? Suponha que todo o gelo estará derretido na mistura final e que o calor específico do chá seja o mesmo da água.

Dados:

$L_{fusão} = 79{,}5\,\frac{cal}{g}\,(do\ gelo)$

$c_{(gelo)} = 0{,}53\,\frac{cal}{g \cdot ℃}$

$c_{água} = 1\,\frac{cal}{g \cdot ℃}$

Considere que a densidade do chá é igual à do chá.

a) 30 cubos de gelo.

b) 42 cubos de gelo.

c) 50 cubos de gelo.

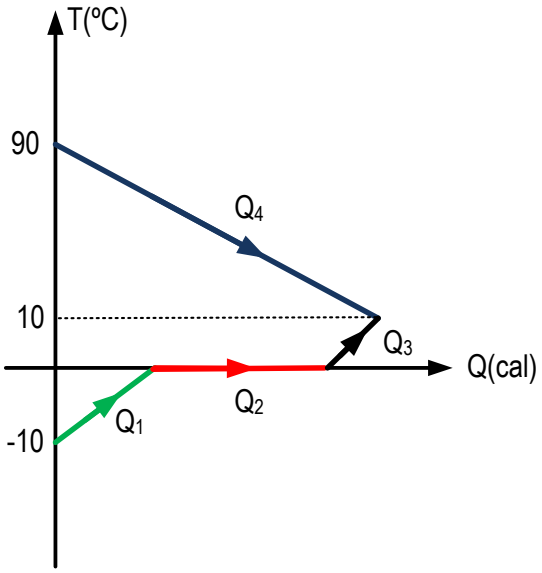
d) 55 cubos de gelo.

e) 60 cubos de gelo.

Resolução:

Representamos um esboço de resfriamento e aquecimento do chá e do gelo respectivamente:

Figura 28 – Gráfico de dois corpos atingindo o equilíbrio térmico



Fonte: elaborada pelo autor.

Observe a mudança de fase até chegar na temperatura de equilíbrio.

Vamos dividir por etapas o cálculo das quantidades de calor envolvidas no processo:

- Aquecimento do gelo de -10ºC a 0ºC: **Q_1;**
- Fusão dos cubos de gelo a 0ºC: **Q_2;**
- Aquecimento da porção de água correspondente ao gelo derretido: **Q_3;**

- Resfriamento do chá de 90ºC até 10ºC: **Q_4;**

Vamos representar por **n** o número de cubos de gelo:

$$Q_1 = n \cdot 20 \cdot 0{,}53 \cdot 10 = 106n\ (cal)$$
$$Q_2 = n \cdot 20 \cdot 79{,}5 = 1590n\ (cal)$$
$$Q_3 = n \cdot 20 \cdot 10 = 200n(cal)$$
$$Q_4 = 1000 \cdot 1 \cdot (-80) = -80000(cal)$$

Usando a lei geral das trocas de calor, obtemos:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0$$

$$1896 \cdot n = 80000$$
$$n \approx 42$$

4 METODOLOGIA

No presente capítulo, será abordado o cronograma metodológico empregado no referente trabalho: planejamento, construção e aplicação do produto educacional dentro ou fora da sala de aula.

A metodologia deste trabalho está de acordo com os princípios freireanos. A organização e a leitura apresentadas no produto educacional de acordo com Ausbel (1980) juntamente com a boa desenvoltura do professor em sala de aula baseada nos princípios de Piaget, formando uma combinação de ensino e aprendizagem importante para o aluno com as principais propostas, trazendo-as para os desafios de aprender-ensinar impostos pelo mundo contemporâneo.

> Se nossas escolas, desde a mais tenra idade de seus alunos se entregassem ao trabalho de estimular neles o gosto da leitura e o da escrita, gosto que continuasse a ser estimulado durante todo o tempo de sua escolaridade, haveria possivelmente um número bastante menor de pós-graduandos falando de sua insegurança ou de sua incapacidade de escrever. (FREIRE, 1997, p. 25).

4.1 O produto educacional

O produto educacional consiste em um livreto de Termologia com teoria, problemas resolvidos e problemas propostos. Ele surgiu devido às listas de exercícios e às poucas teorias mistas com base em livros trabalhados em cursinhos em 2015. Além desses problemas, ao longo do material, existe uma série de testes rápidos com perguntas e suas respectivas respostas, poucas páginas à frente. Ao longo do período que se seguiu, a cada ano, eu lia, revisava, adicionava ou retirava algo. Aos poucos, fui construindo um material didático. Com o início do mestrado e a proposta do produto educacional, decidi intensificar a organização do material e, desde então, fui lapidando-o aos poucos à medida que realizava testes (aplicando aos alunos e observando o rendimento em seus estudos). Ao final, o leitor tem a possibilidade de realizar um autoteste por meio de um simulado proposto com as respectivas soluções disponibilizadas.

Atualmente, essa maravilhosa obra com conjunto de capítulos de Termologia está direcionada para alunos que buscam aprender, como também revisar tal conteúdo de maneira leve, divertida e intuitiva. Também é destinada aos professores que buscam se reciclar em Termologia, com leitura descontraída e diferenciada.

No início, o produto educacional contém uma orientação detalhada para uso do material (tutorial para o professor) com a finalidade de extrair o rendimento máximo e também uma sugestão de estudo para o aluno, para que possa absorver o conteúdo e exercitar as questões de forma mais eficiente.

O livreto possui 3 capítulos de Termologia, com teoria detalhada em ordem didática, testes rápidos e comentados, exercícios resolvidos e propostos e atividades para casa, além de simulados e sugestões de estudo em cada capítulo. Todos padronizados e organizados para facilitar a leitura ea compressão do estudante e do professor. Ressalta-se, também, a importância de o material ser aplicado com o professor realizando o tutorial com toda dedicação e incentivo para os alunos. Os capítulos são:

1) Termometria
2) Dilatação Térmica
3) Quantidade de Calor

O professor, além de ter um papel fundamental no ensino, também é um aprendiz, pois “não há docência sem discência” (Freire, 2001).

De acordo com o psiquiatra americano William Glasser e sua teoria para educação, nós aprendemos:

- 10% quando lemos;
- 20% quando ouvimos;
- 30% quando observamos;
- 50% quando vemos e ouvimos;
- 70% quando discutimos com outros;
- 80% quando fazemos;
- 95% quando ensinamos aos outros.

Figura 29 – Imagem da pirâmide de aprendizagem de William Glasser

Fonte: https://i.pinimg.com/originals/08/9c/08/089c0872830b65ef298cc4d64f4df986.png

4.2 Aplicação do produto educacional

Inicialmente, foi aplicado um teste para diagnosticar os embasamentos prévios teóricos dos alunos, chamado de avaliação. A aplicação ocorreu nos primeiros momentos de aula, com cinco questionamentos relacionados ao conteúdo a ser ministrado, tendo como principal objetivo perceber a situação prévia e iniciar contato de modo a introduzir novos subsunçores para ampliar conhecimentos.

As perguntas realizadas foram do tipo pesquisas de sondagem, por exemplo: Para você o que é o calor? Para você, o que é temperatura? O que você entende por dilatação térmica? Você pode citar exemplos da dilatação térmica no seu cotidiano? O que você entende por equilíbrio térmico?

Após a avaliação I, foi explicado, em sala de aula, o cronograma de Termologia básica a ser estudado e então apresentado aos alunos o produto educacional.

A aplicação do produto foi realizada em duas turmas do 1º ano do Ensino Médio no Instituto Federal do Ceará (IFCE), no campus de Tauá, com um grupo no início de janeiro de 2020 até final de março de 2020. Cada turma teve aula com o mesmo conteúdo programático de Termologia durante aproximadamente quatro meses, valendo ressaltar que cada uma continha o mesmo número de alunos, mais precisamente 6 alunos.

O fator motivador para escolha desse grupo foi a inclusão social, visto que, em muitos municípios do interior cearense, existe um deficit de aprendizado, seja por falta de

material adequado, seja por escassez de profissionais capacitados para executar essa magnífica profissão de magistério.

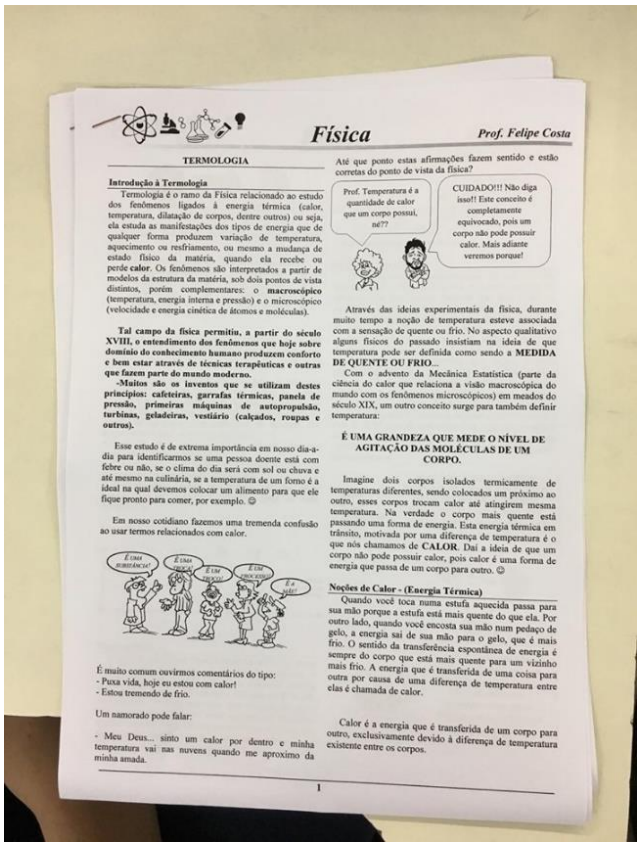
Inicialmente, os alunos responderam a um questionário básico de conhecimentos prévios para servir como termômetro ao iniciar o trabalho. Dois grupos foram escolhidos e então unificados, devido à ausência de grande divergência de conteúdos básicos, visto que não houve discrepância dos dados em relação ao nível de conhecimentos básicos.

Os alunos tiveram acesso ao livro *Tópicos de Física*, vol.2, como livro texto, pois era disponibilizado na biblioteca da instituição. Sendo assim, o produto educacional foi usado de forma complementar, baseado em cada aula ministrada.

Ao longo das aulas expositivas, com quadro, pincel e material impresso, foi separado um momento para leitura do material, resolução de exercícios e tira-dúvidas. No fim de cada encontro, realizou-se um debate com o intuito de aplicar os conceitos trabalhados em sala de aula com situações típicas do cotidiano.

Durante a elaboração do produto, procurou-se utilizar linguagem fácil e ditática para tornar a leitura fluida. A utilização de vocabulário habitual aproxima o leitor e facilicita sua compreensão. Dessa forma, no decorrer da aplicação do produto, pôde-se receber retorno de vários alunos, relatando que o texto do material estava semelhante às falas em sala de aula, tendo eles, assim, a impressão de que estavam interagindo com o professor por meio dos textos (leitura). Além disso, diante do linguajar semelhante já utilizado em sala de aula, conseguimos reforçar os vínculos de memória e aprendizagem de forma mais eficiente.

Figura 30 – Imagem do capítulo 1 do produto educacional na mesa de um aluno



Física — Prof. Felipe Costa

TERMOLOGIA

Introdução à Termologia

Termologia é o ramo da Física relacionado ao estudo dos fenômenos ligados à energia térmica (calor, temperatura, dilatação de corpos, dentre outros) ou seja, ela estuda as manifestações dos tipos de energia que de qualquer forma produzem variação de temperatura, aquecimento ou resfriamento, ou mesmo a mudança de estado físico da matéria, quando ela recebe ou perde **calor**. Os fenômenos são interpretados a partir de modelos da estrutura da matéria, sob dois pontos de vista distintos, porém complementares: o **macroscópico** (temperatura, energia interna e pressão) e o microscópico (velocidade e energia cinética de átomos e moléculas).

Tal campo da física permitiu, a partir do século XVIII, o entendimento dos fenômenos que hoje sobre domínio do conhecimento humano produzem conforto e bem estar através de técnicas terapêuticas e outras que fazem parte do mundo moderno.

-Muitos são os inventos que se utilizam destes princípios: cafeteiras, garrafas térmicas, panela de pressão, primeiras máquinas de autopropulsão, turbinas, geladeiras, vestiário (calçados, roupas e outros).

Esse estudo é de extrema importância em nosso dia-a-dia para identificarmos se uma pessoa doente está com febre ou não, se o clima do dia será com sol ou chuva e até mesmo na culinária, se a temperatura de um forno é a ideal na qual devemos colocar um alimento para que ele fique pronto para comer, por exemplo. ☺

Em nosso cotidiano fazemos uma tremenda confusão ao usar termos relacionados com calor.

É muito comum ouvirmos comentários do tipo:
- Puxa vida, hoje eu estou com calor!
- Estou tremendo de frio.

Um namorado pode falar:

- Meu Deus... sinto um calor por dentro e minha temperatura vai nas nuvens quando me aproximo da minha amada.

Até que ponto estas afirmações fazem sentido e estão corretas do ponto de vista da física?

Através das ideias experimentais da física, durante muito tempo a noção de temperatura esteve associada com a sensação de quente ou frio. No aspecto qualitativo alguns físicos do passado insistiam na ideia de que temperatura pode ser definida como sendo a **MEDIDA DE QUENTE OU FRIO**...

Com o advento da Mecânica Estatística (parte da ciência do calor que relaciona a visão macroscópica do mundo com os fenômenos microscópicos) em meados do século XIX, um outro conceito surge para também definir temperatura:

É UMA GRANDEZA QUE MEDE O NÍVEL DE AGITAÇÃO DAS MOLÉCULAS DE UM CORPO.

Imagine dois corpos isolados termicamente de temperaturas diferentes, sendo colocados um próximo ao outro, esses corpos trocam calor até atingirem mesma temperatura. Na verdade o corpo mais quente está passando uma forma de energia. Esta energia térmica em trânsito, motivada por uma diferença de temperatura é o que nós chamamos de **CALOR**. Daí a ideia de que um corpo não pode possuir calor, pois calor é uma forma de energia que passa de um corpo para outro. ☺

Noções de Calor - (Energia Térmica)

Quando você toca numa estufa aquecida passa para sua mão porque a estufa está mais quente do que ela. Por outro lado, quando você encosta sua mão num pedaço de gelo, a energia sai de sua mão para o gelo, que é mais frio. O sentido da transferência espontânea de energia é sempre do corpo que está mais quente para um vizinho mais frio. A energia que é transferida de uma coisa para outra por causa de uma diferença de temperatura entre elas é chamada de calor.

Calor é a energia que é transferida de um corpo para outro, exclusivamente devido à diferença de temperatura existente entre os corpos.

1

Fonte: elaborada pelo autor.

Em outra etapa do processo, foi aplicado um teste para os alunos chamado de Avaliação II e analisados seus resultados. O teste consistiu em dez questões de múltipla escolha de nível intermediário, comparadas ao material complementar, sendo a pontuação de 0 a 10. Os processos utilizados não possuíam identificação dos alunos, para que suas respostas fossem as mais espontâneas possíveis.

Finalmente, foi realizada uma pesquisa *online* através do Google formulário (Avaliação III) sobre o produto aplicado com os alunos de forma que eles não precisassem se identificar para evitar qualquer tipo de indução ou falso resultado. Essa última avaliação sobre o material didático complementar foi proposta para os alunos como forma de questionário, com o intuito de verificar a eficácia do material e também obter sugestões sobre o ele. A Avaliação III se resume basicamente a um questionário sobre o livreto de Termologia.

5 AVALIAÇÕES E RESULTADOS

Nesse capítulo, vamos detalhar as avaliações e os resultados envolvidos no processo de aplicação do produto. Tanto a pesquisa **qualitativa quanto** a **quantitativa** têm por preocupação o ponto de vista do indivíduo: a primeira considera a proximidade do sujeito, por exemplo, por meio da entrevista; na segunda, essa proximidade é medida por meio de materiais e métodos empíricos (KNECHTEL, 2014, grifo nosso).

De acordo com a pesquisa quali-quantitativa realizada em três processos, temos as seguintes análises e seus respectivos resultados.

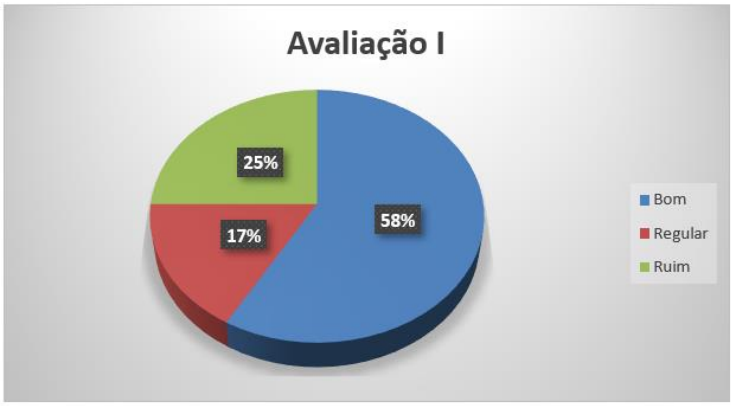
Avaliação I – Avaliação básica sobre conteúdos prévios

As perguntas desta avaliação foram:

1) Para você o que é o calor?
2) Para você, o que é temperatura?
3) O que você entende por dilatação térmica?
4) Você pode citar exemplos da dilatação térmica no seu cotidiano?
5) O que você entende por equilíbrio térmico?

O gráfico abaixo da Figura 31 mostra o resultado.

Figura 31 – Avaliação I



Fonte: elaborada pelo autor.

Com base nessa análise gráfica, concluímos que, dos 12 alunos, 58% apresentam bons conhecimentos prévios sobre o conteúdo, 17% regulares e 25% mostraram uma defasagem no conhecimento prévio sobre os conteúdos a serem trabalhados.

O percentual de 58% é de alunos que possuem um bom conhecimento prévio dos assuntos futuros. Acredita-se que podem ter visto algum assunto semelhante no ano de estudo anterior ou realmente que tenham uma boa noção do conteúdo através de ideias âncoras anteriores. Os percentuais de 17% e 25% podem ser justificados pela falta de interesse no assunto visto anteriormente ou, inclusive, por serem alunos novatos vindos de outra escola, podem não ter tido contato algum com tais conteúdos.

Avaliação II – Teste com problemas de termologia

Nesse teste, tivemos as seguintes questões com suas respectivas respostas e soluções, para que possam servir como uma sugestão de um material de apoio para o professor leitor deste trabalho:

Questão 1 (S1 - IFSUL 2020) João, buscando aprimorar seus conhecimentos em língua inglesa, resolveu fazer um intercâmbio nos Estados Unidos da América. Pesquisando sobre a cultura do país, tomou conhecimento de que a escala Fahrenheit é muito utilizada. Assim, ficou curioso para saber detalhes a respeito dessa escala de temperatura e listou, na tabela abaixo, algumas informações que poderiam ser importantes em sua estadia fora do Brasil.

	Temperatura em $^{\circ}C$	Temperatura em $^{\circ}F$
Ponto de ebulição da água	100	212
Temperatura média normal do corpo humano	37	X
Nível de temperatura confortável	20	Y
Ponto de congelamento da água	0	32
Zero da escala Farenheit	Aproximadamente Z	0

Considerando que a tabela montada por João refere-se a valores de temperatura relacionados à pressão igual a $1\,atm$, os valores de X, Y e Z, valem,

a) $X = 98,6; Y = 68; Z = -17,8$

b) $X = 66,6; Y = 36; Z = 2,22$

c) $X = 66,6;\ Y = 68;\ Z = -17,8$

d) $X = 98,6;\ Y = 36;\ Z = 2,22$

Resposta: [A]

A equação que relaciona as temperaturas nas escalas Celsius (C) com a Fahrenheit (F) é:

$$\frac{F-32}{9} = \frac{C}{5}$$

Para a temperatura de $37\,°C$:

$$\frac{F-32}{9} = \frac{37}{5} \Rightarrow F = \frac{9}{5}\cdot 37 + 32 \therefore F = 98,6\,°F$$

Para a temperatura de $20\,°C$:

$$\frac{F-32}{9} = \frac{20}{5} \Rightarrow F = \frac{9}{5}\cdot 20 + 32 \therefore F = 68\,°F$$

Para a temperatura de $0\,°F$:

$$\frac{0-32}{9} = \frac{C}{5} \Rightarrow C = -\frac{32}{9}\cdot 5 \therefore C = -17,8\,°C$$

Questão 2 (G1 - IFCE 2019) Uma temperatura na escala Fahrenheit é expressa por um número que é o triplo do correspondente na escala Celsius. Essa temperatura na escala Fahrenheit é

a) 20.

b) 60.

c) 40.

d) 80.

e) 100.

Resposta: [D]

A relação entre as escalas de temperatura Celsius e Fahrenheit é dada pela seguinte expressão:

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$$

Da informação fornecida entre as escalas, tira-se uma equação para substituir a temperatura Celsius e calcula-se o valor correspondente na escala Fahrenheit.

$$F = 3C \therefore C = \frac{F}{3}$$

Substituindo:

$$\frac{\frac{F}{3}}{5} = \frac{F-32}{9} \Rightarrow \frac{F}{15} = \frac{F-32}{9}$$
$$9F = 15(F-32) \Rightarrow 9F = 15F - 480$$
$$6F = 480 \Rightarrow F = \frac{480}{6} \therefore F = 80°F$$

Questão 3 (Mackenzie 2019) ***SONHOS SOB CHAMAS***

Figura 32 – Imagem do desastre no centro de treinamento do Flamengo

Fonte: Super Pro.

Na madrugada da sexta-feira do dia 08 de fevereiro de 2019, dez sonhos deixaram de existir sob as chamas do Ninho do Urubu, centro de treinamento do Clube de Regatas do

Flamengo, no Rio de Janeiro. Eram adolescentes, aspirantes a craques de futebol, que dormiam no alojamento do clube e foram surpreendidos pelas chamas advindas do aparelho de ar condicionado que, em poucos minutos, fizeram a temperatura local atingir valores insuportáveis ao ser humano. Essa temperatura na escala Celsius tem a sua correspondente na escala Fahrenheit valendo o seu dobro, adicionado de catorze unidades.

Com bases nos dados fornecidos, é correto afirmar que o valor absoluto da temperatura citada vale

a) 162
b) 194
c) 273
d) 363
e) 294

Resposta: [D]

Através do enunciado, temos a relação entre a escala Celsius e a Fahrenheit, como:

$$F = 2C + 14$$

Assim, usando a equação acima na relação entre as escalas termométricas abaixo, obtemos a temperatura na escala Celsius.

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} \Rightarrow \frac{C}{5} = \frac{2C + 14 - 32}{9} \Rightarrow 9C = 10C - 90 \therefore C = 90°C$$

A temperatura absoluta, na escala Kelvin, será:

$$C = K - 273 \Rightarrow 90 = K - 273 \therefore K = 363\,K$$

Questão 4 (G1 - IFCE 2019) Em uma atividade de laboratório, um aluno do IFCE dispõe dos materiais listados na tabela a seguir. Se o professor pediu a ele que selecionasse, dentre as opções, aquele material que possibilita maior dilatação volumétrica para uma mesma variação de temperatura e um mesmo volume inicial, a escolha **correta** seria

Material	Coeficiente de dilatação linear (α) em $^{\circ}C^{-1}$
Aço	$1{,}1 \cdot 10^{-5}$
Alumínio	$2{,}4 \cdot 10^{-5}$
Chumbo	$2{,}9 \cdot 10^{-5}$
Cobre	$1{,}7 \cdot 10^{-5}$
Zinco	$2{,}6 \cdot 10^{-5}$

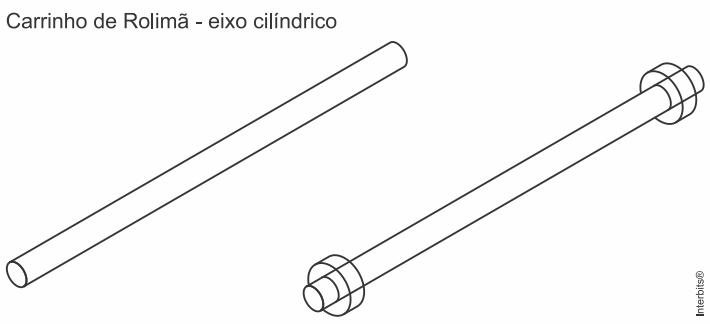
a) alumínio.
b) chumbo.
c) aço.
d) cobre.
e) zinco.

Resposta: [B]

O material que possibilita maior dilatação é o de maior coeficiente, no caso, o chumbo.

Questão 5 (ACAFE 2019) Brinquedo das “antigas”, o carrinho de rolimã é o nome dado a um carrinho, geralmente construído de madeira com um eixo móvel montado com rolamentos de aço (dispensados por mecânicas de automóveis), utilizado para controlar o carrinho enquanto este desce pela rua.

Figura 33 – Ilustração dos eixos de um carrinho de Rolimã



Fonte: Super Pro.

Ao construir devemos encaixar firmemente os rolamentos no eixo cilíndrico de determinado metal com diâmetro um pouco maior que o diâmetro interno do rolamento de aço. Para esse procedimento aquecemos ambos para o encaixe e depois resfriamos. Sendo assim, o coeficiente de dilatação do metal utilizado em relação ao coeficiente de dilatação do aço deve ser:

a) igual ou maior
b) maior
c) igual
d) menor

Resposta: [D]

O coeficiente de dilatação do metal deve ser menor que o do aço, pois, após o resfriamento, o aço se contrai mais que o metal, ficando preso mais firmemente.

Questão 6 (Mackenzie 2019) Desertos são locais com temperaturas elevadas, extremamente áridos e de baixa umidade relativa do ar. O deserto do Saara, por exemplo, apresenta uma elevada amplitude térmica. Suas temperaturas podem ir de $-10\,°C$ até $50\,°C$ ao longo de um único dia.

Figura 34 – Imagem de satélite emitida pela NASA

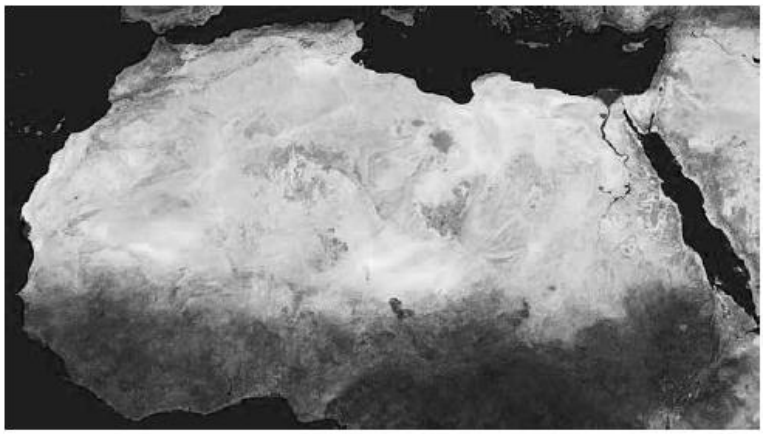


Imagem de satélite do Saara pelo NASA World Wind

Fonte: Super Pro.

Uma chapa de ferro, cujo coeficiente de dilação linear é igual a $1{,}2 \cdot 10^{-5}\ ^\circ C^{-1}$, é aquecida sendo submetida a uma variação de temperatura, que representa a amplitude térmica do deserto do Saara, no exemplo dado anteriormente. Considerando sua área inicial igual a $5\ m^2$, o aumento de sua área, em m^2, é de

a) $2{,}0 \cdot 10^{-6}$

b) $4{,}0 \cdot 10^{-3}$

c) $3{,}6 \cdot 10^{-3}$

d) $7{,}2 \cdot 10^{-3}$

e) $3{,}6 \cdot 10^{-6}$

Resposta: [D]

Da expressão da dilatação superficial dos sólidos:

$$\Delta A = A_0\, 2\alpha \Delta T \Rightarrow \Delta A = 5 \cdot 2 \cdot 1{,}2 \times 10^{-5} (50 - (-10)) \Rightarrow \boxed{\Delta A = 7{,}2 \times 10^{-3}\ m^2.}$$

Questão 7 (UFJF-PISM 2 2019) Nos tratamentos dentários deve-se levar em conta a composição dos materiais utilizados nos restaurados, de modo a haver compatibilidade entre estes e a estrutura dos dentes. Mesmo quando ingerimos alimentos muito quentes ou muito frios, espera-se não acontecer tensão excessiva, que poderia até vir a causar rachaduras nos

dentes.

Entre as afirmativas a seguir, qual a mais adequada para justificar o fato de que efeitos desagradáveis dessa natureza podem ser evitados quando:

a) o calor específico do material do qual são compostos os dentes tem um valor bem próximo do calor específico desses materiais.

b) o coeficiente de dilatação do material do qual são compostos os dentes tem um valor bem próximo do coeficiente de dilatação desses materiais.

c) a temperatura do material de que são compostos os dentes tem um valor bem próximo da temperatura desses materiais.

d) a capacidade térmica do material de que são compostos os dentes tem um valor bem próximo da capacidade térmica desses materiais.

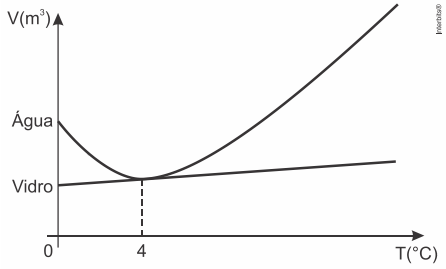
e) o calor latente do material de que são compostos os dentes tem um valor bem próximo do calor latente desses materiais.

Resposta: [B]

Se o coeficiente de dilatação do material usado for maior que o da estrutura dos dentes, pode estourar a estrutura no caso de aquecimento ou se soltar no caso de resfriamento. Se for menor, pode acontecer o inverso.

Questão 8 (G1 - IFSUL 2019) Um copo de vidro de $50\,g$ de massa possui $100\,g$ de água que o preenche até a "boca". O sistema encontra-se inicialmente em equilíbrio térmico a uma temperatura de $4\,°C$. O gráfico mostra como se comporta o volume do vidro e da água em função da temperatura.

Figura 35 – Diagrama do volume em função da temperatura



Fonte: Super Pro.

De acordo com o comportamento anômalo da água ou analisando o gráfico, concluimos que o nível de água no copo irá

a) diminuir, se a temperatura do sistema diminuir.

b) diminuir, independentemente de a temperatura do sistema aumentar ou diminuir.

c) transbordar, independentemente de a temperatura do sistema aumentar ou diminuir.

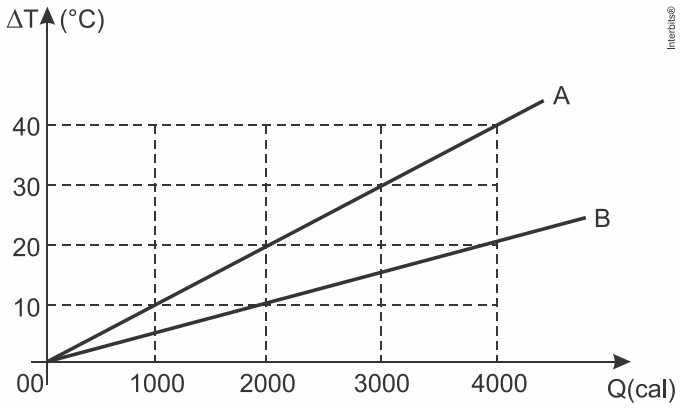
d) transbordar, somente se a temperatura do sistema aumentar.

Resposta: [C]

De acordo com o gráfico, a $4\,°C$, temos o menor volume para a água na pressão normal. Assim, ao aumentarmos a temperatura, a água também dilata, provocando o transbordamento do copo, e, ao diminuirmos a temperatura, temos o comportamento anômalo da água, pois ela também dilata, aumentando o seu volume e transbordando.

Questão 9 (G1 - IFSUL 2019) O gráfico a seguir representa a variação de temperatura ΔT, em função da quantidade de calor Q, transferidas a dois sistemas A e B, que apresentam a mesma massa cada um deles.

Figura 36 – Gráfico da temperatura em função da quantidade de calor



Fonte: Super Pro.

De acordo com o gráfico, concluímos que a capacidade térmica do corpo A (C_A), em relação à capacidade térmica do corpo B (C_B), é

a) duas vezes maior.

b) quatro vezes maior.

c) duas vezes menor.

d) quatro vezes menor.

Resposta: [C]

Usando a expressão da capacidade térmica, temos:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Para o sistema A:

$$C_A = \frac{Q_A}{\Delta T_A} = \frac{4000\ \text{cal}}{40\ ^\circ\text{C}} = 100\ \text{cal}/^\circ\text{C}$$

Para o sistema B:

$$C_B = \frac{Q_B}{\Delta T_B} = \frac{4000\ \text{cal}}{20\ ^\circ\text{C}} = 200\ \text{cal}/^\circ\text{C}$$

Então, fazendo a razão entre as capacidades térmicas dos sistemas:

$$\frac{C_A}{C_B} = \frac{100\ \text{cal}/^\circ\text{C}}{200\ \text{cal}/^\circ\text{C}} \Rightarrow \frac{C_A}{C_B} = \frac{1}{2} \therefore C_A = \frac{C_B}{2}$$

Questão 10 (Mackenzie 2019) Anelise lava a sua garrafa térmica com água filtrada, à temperatura de $20\ ^\circ\text{C}$. Coloca então, na garrafa, uma porção de $200\ \text{g}$ de café que acabara de coar, a uma temperatura inicial θ_0. Considerando-se a capacidade térmica da garrafa $100\ \text{cal}/^\circ\text{C}$, o calor específico sensível do café $1{,}0\ \text{cal}/\text{g}^\circ\text{C}$ e, após algum tempo, a temperatura de equilíbrio do sistema garrafa/café ter atingido $60\ ^\circ\text{C}$, pode-se afirmar que o valor de θ_0, em $^\circ\text{C}$, é

a) 30

b) 40

c) 60

d) 70

e) 80

Resposta: [E]

Considerando o sistema garrafa-café termicamente isolado, tem-se:

$$Q_{café} + Q_{garrafa} = 0$$

$$(mc\Delta\theta)_{café} + (C\Delta\theta)_{garrafa} = 0$$

$$200(1)(60 - \theta_0) + 100(60 - 20) = 0 \Rightarrow 120 - 2\theta_0 + 40 = 0 \Rightarrow \theta_0 = \frac{160}{2} \Rightarrow$$

$$\boxed{\theta_0 = 80\ ^\circ C.}$$

A escolha das questões foi realizada com o auxílio da ferramenta virtual Super Pro, a qual consiste em uma plataforma para seleção de questões com suas respectivas respostas e soluções. O Super Pro é uma plataforma virtual com o intuito de ajudar o professor a elaborar uma lista de questões ou mesmo uma avaliação. A avaliação final foi revisada e enquadrada nos padrões de teste. Sua aplicação ocorreu sem nenhum problema.

Finalmente, após corrigir todas as avaliações, montou-se uma tabela com as devidas notas. Segue abaixo uma planilha com as notas dos respectivos alunos.

	Turma A	**Turma B**
Aluno 1	10,0	8,0
Aluno 2	8,0	10,0
Aluno 3	9,0	9,0
Aluno 4	7,0	9,0
Aluno 5	8,0	10,0
Aluno 6	10,0	8,0
Média da turma	**8,6**	**9,0**

Os resultados foram bem satisfatórios, visto que as avaliações continham problemas de nível intermediário quando comparadas com os exercícios do produto educacional. Diante disso, acredita-se que o material complementar tenha contribuído de

forma significativa no processo de ensino e aprendizagem dos alunos. Podemos ter uma noção da opinião destes com a avaliação III.

Avaliação III – Avaliação básica sobre o material complementar de termologia

Nessa pesquisa, tivemos as seguintes perguntas:

1) Considerando a sequência didática desenvolvida sem o uso do material complementar de termologia, você conseguiu compreender os conceitos físicos com clareza ?

(a) sim

(b) não

(c) parcialmente

2) Você encontrou maior facilidade no entendimento dos conceitos físicos quando as aulas tinham o auxílio do livreto complementar de termologia?

(a) sim

(b) não

(c) parcialmente

3) Em sua opinião, a didática do material, como imagens, debates (leitor-autor), testes rápidos, aplicações no dia a dia e outros encontrados no material complementar de termologia, durante as aulas de Física, proporcionam um melhor resultado no aprendizado?

(a) sim

(b) não

(c) parcialmente

4) Em sua opinião, a utilização do livreto como material complementar de termologia, dando suporte ao professor durante as aulas de Física, proporcionam um melhor resultado no aprendizado?

(a) sim

(b) não

(c) parcialmente

5) Em sua opinião, o que proporcionou a melhor aprendizagem dos conceitos de Física?

(a) As aulas do professor sem o uso do material complementar.

(b) O estudo diretamente no livro didático tradicional.

(c) As aulas do professor com auxílio do material complementar.

6) Qual classificação você atribui ao material complementar de Termologia de forma geral?

(a) Excelente

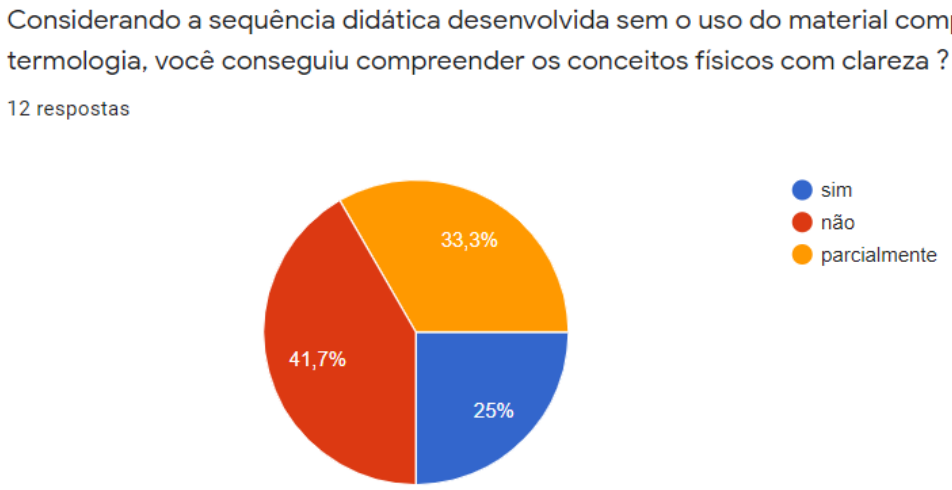
(b) Bom

(c) Regular

(d) Ruim

Seguem as perguntas com suas respectivas análises gráficas:

Figura 37 – Pergunta 1



Fonte: elaborada pelo autor.

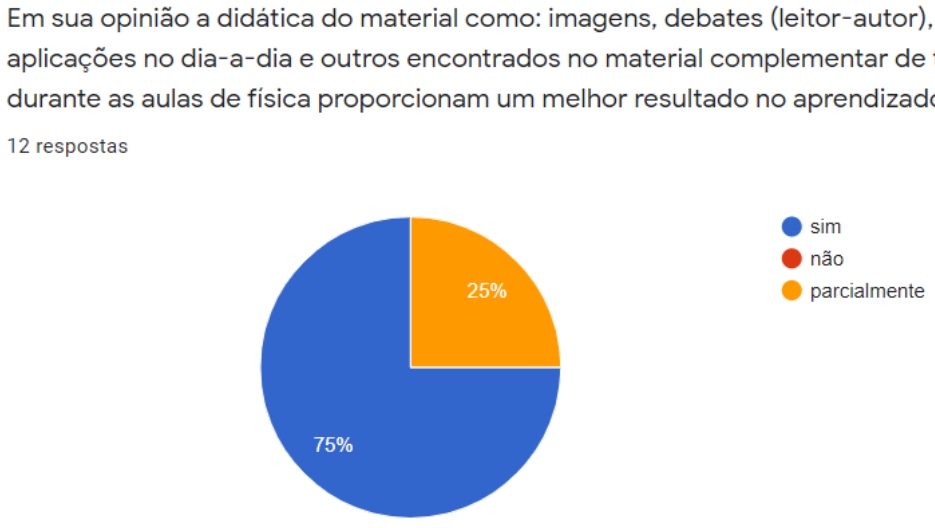
Observamos que a maioria dos alunos relataram ter dificuldade ao compreender os conteúdos físicos com clareza sem o uso do material complementar.

Figura 38 – Pergunta 2

Fonte: elaborada pelo autor.

Com essa análise, percebemos uma confirmação dos dados anteriores. A maioria dos alunos sentiram facilidade no entendimento dos conceitos físicos devido ao auxílio do material complementar.

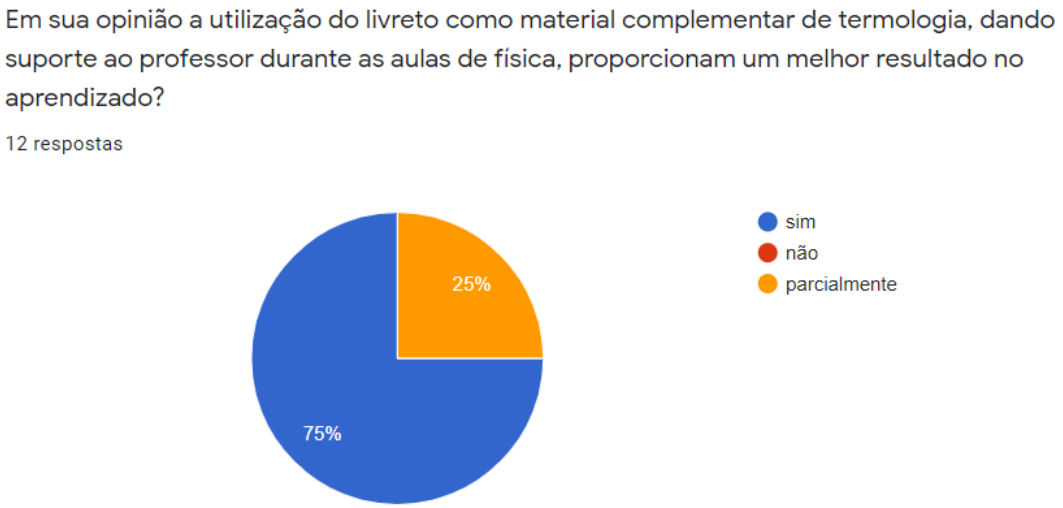
Figura 39 – Pergunta 3



Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com esse gráfico, concluímos que 3/4 dos estudantes concordaram que o material elaborado e aplicado melhora o resultado de aprendizado e o restante acredita parcialmente nisso. Observe que a forma diferenciada do material didático facilita o processo de acordo com os alunos.

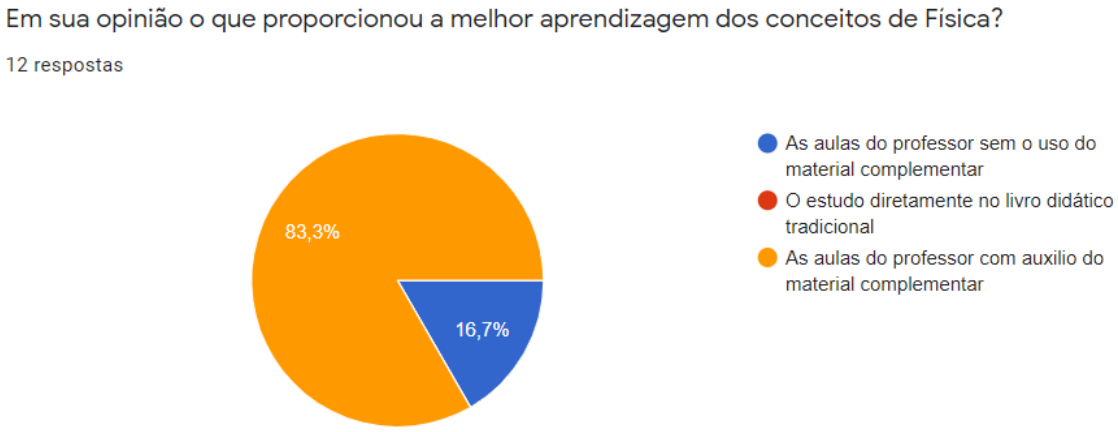
Figura 40 – Pergunta 4



Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com o diagrama, concluímos que 75% dos estudantes concordam que o material elaborado e aplicado melhora o resultado de aprendizado e o restante acredita parcialmente nisso.

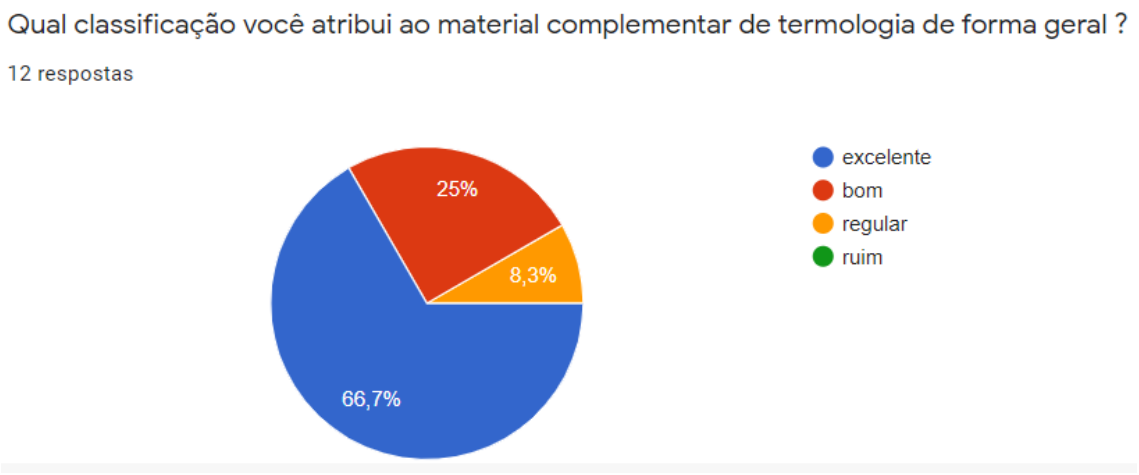
Figura 41 – Pergunta 5



Fonte: elaborada pelo autor.

A maioria concordou que as aulas do professor com o auxílio do material complementar melhoram o aprendizado dos conceitos de Física.

Figura 42 – Pergunta 6



Fonte: elaborada pelo autor.

Com essa análise, percebemos que 66,7% achou o material excelente, 25% bom e 8,3% regular.

De acordo com as respostas observadas pelos gráficos, percebemos que a maioria dos alunos gostaram do material e acreditam em uma melhora significativa no ensino e nas aplicações dos conceitos físicos em sala de aula do professor associados ao uso do material complementar. Devemos ressaltar o fato de alguns alunos não gostarem de Física por dificuldades de entender alguns conceitos ou falta de conhecimento prévio, o que pode ser justificado com o percentual intermediário da pesquisa. Mesmo diante das adversidades ao lecionar Física para alunos jovens, podemos considerar o material complementar como uma excelente ferramenta de apoio para o professor no processo de ensino de Física.

6 CONCLUSÃO

No trabalho aqui exposto, foi realizada uma pesquisa em forma de questionário com professores do estado do Ceará, que trabalham na área do Ensino Médio. A pesquisa foi direcionada a aplicações de Física no cotidiano, com ênfase na Termologia, e sobre ensino com perguntas envolvendo noções das habilidades e competências do ENEM. Concluímos, então, a carência nas aplicações de Termologia no cotidiano durante as explanações do conteúdo, que tornam a aula mais divertida e estimulante aos discentes.

Dessa forma, foi elaborado um material didático fundamentado na teoria de Paulo Freire para ajudar tal situação, um livreto (produto educacional) para ser usado como guia sequencial (baseado em David Ausubel) durante as aulas de Termologia em salas de aula do Ensino Médio. Os conteúdos foram estudos com a sequência de ensino para trabalhar conteúdos prévios a serem usados em capítulos seguintes. Estudamos noções básicas de Termologia, escalas termométricas, dilatação térmica e calorimetria envolvendo calor sensível e calor latente.

Durante aproximadamente quatro meses, os alunos tiveram dois encontros semanais com aulas de 50 minutos, nas quais foi aplicado o produto educacional, seguindo um ensino construtivista. A aplicação foi realizada também com embasamento piagetiano em aulas expositivas com resolução de exercícios de acordo com o manual sugerido no tutorial do livro. Ao longo da aplicação, foram realizadas 3 avaliações. A primeira, com caráter básico para identificar os conhecimentos prévios dos alunos, sendo fundamental para guiar o nível de ensino do curso de Termologia. A segunda, com o intuito de avaliar o aprendizado dos alunos com o uso do material didático associado às aulas expositivas, verificado através de um estilo tradicional, uma média superior a 8 pontos, ou seja, a grande maioria dos alunos acertou em média 8 questões das 10 propostas. Esse resultado é extremamente satisfatório para justificar que o processo de ensino com o auxílio do material complementar foi efetivo. Por fim, a terceira avalição foi para identificar e registrar, de forma geral, a opinião dos alunos com respeito ao produto educacional, sendo exposto para supostas críticas ou insatisfações, o que, na realidade, mostrou satisfazer grande parte dos alunos em diversos quesitos.

Relembrando que somente o fato de o professor de Física transmitir seus conhecimentos já é um desafio, visto que essa matéria é tida como difícil e muitos alunos criam aversão a ela. Então, apesar das dificuldades encontradas no cotidiano do ensino, houve extrema felicidade com a satisfação dos alunos com respeito à aplicação do produto, pelo que foi analisado graficamente e observado presencialmente durantes as aulas. Outros momentos

foram realizados para a leitura e a interpretação da teoria do produto educacional em sala de aula e no ambiente domiciliar como atividade extra. Nos momentos de leitura em sala de aula e resolução de exercícios, pôde-se observar grandes debates sobre o tema entre os estudantes, o que enriqueceu bastante o ambiente de estudo. Todo conceito teórico físico de Termologia foi trabalhado com aplicações diárias voltadas para facilitar o processo de ensino--aprendizagem dos alunos.

Os resultados mostraram a eficiência do complemento, representando dados estatísticos satisfatórios da aplicação do produto.

Os alunos, devido ao uso do material complementar, ficaram mais questionadores, interessados e mais interativos durante as aulas. As atividades propostas para realização domiciliar foram praticamente todas resolvidas. Nessas atividades, podemos perceber o desenvolvimento de habilidades, como escrita e resolução de equações, fato que exige do aluno análise e interpretação dos problemas abordados. Percebemos, de tal forma, que se torna vantajoso solucionar problemas utilizando o produto educacional, simplificando e direcionando a capacidade crítica do discente.

Ademais, pode-se concluir que o uso do produto educacional torna o aprendizado mais estimulante aos alunos; não somente para os alunos, mas para professores de Física, tornando a exposição de conteúdos mútua e participativa, conforme os estudos de Paulo Freire. É importante que tal ferramenta estimule e difunda a educação do país, com incentivo à produção contínua de materiais didáticos.

Espera-se que o presente trabalho tenha se mostrado satisfatório e compreensível para futuros professores de Física e estudantes que buscam um diferencial em sua formação, servindo de atalho na compreensão de aplicações da Termologia no cotidiano e sendo capaz de estimular a progressão do estudo sobre o tema.

REFERÊNCIAS

AQUINO, Herbert. **Apostila de termologia**. 2. ed. Teresina: Instituto Dom Barreto, 2015. v. 1.

AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph; HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Ed. Interamericana, 1980.

AUSUBEL, David; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Ed. Interamericana, 1980.

BACHA, M. L. **Leitura na Primeira Série**. Rio de Janeiro: Livro Técnico, 1975.

BARRA, Vilma Maria Marcassa. **Fundamentos Teóricos e Prática Educativa das Ciências Naturais**. Curitiba: IESDE Brasil, 2009. p. 37-41.

BARROWS, H. S. A Taxonomy of Problem-Based Learning methods. **Medical Education**, v.20, p. 481-486, 1986.

BRASIL. Ministério da Educação. **Matriz de referência Enem 2018**. Brasília: Inep, 2018. Disponível em: http://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf. Acesso em: 20 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Relatório pedagógico Enem 2009-2010**. Brasília: Inep, 2013.

BRASIL. **PCN + Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. São Paulo: Saraiva, 1996.

BUKHOVTSEV, B. B. *et al.* **Problemas selecionados de física elementar**. Moscou: Mir, 1977.

CARMONA, H. A. **Energia e movimento**. Fortaleza: EdUECE, 2002.

CARRAHER, T. N. **Ensino de ciências e desenvolvimento cognitivo**. Coletânea do II Encontro “Perspectivas do Ensino de Biologia”. São Paulo, FEUSP, 1986. p. 107-123.

DE PAULO, I. J. C. **O texto didático de apoio como um produto educacional -**

DELISLE, R. **Como realizar a Aprendizagem Baseada em Problemas**. Porto: ASA, 2000.

DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; BOAS, N. V. **Tópicos de Física**. 19. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2012. v. 2.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da esperança**: um reencontro com a Pedagogia do oprimido. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 8. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1980.

GROSSI, Gabriel Pillar. Leitura e sustentabilidade. **Nova Escola**, São Paulo, n. 18, abr. 2008.

GUPTA, E. D. C. **Heat & Thermodynamics for JEE Main & Advanced**. 4. ed. New Delhi: Disha Publication, 2015.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. 8. ed. São Paulo: LTC, 2009. v. 2.

INDURSKY, Freda; ZINN, Maria Alice Kaner. Leitura Como Suporte Para a Produção Textual. **Revistas Leitura Teoria e Prática**, n. 5, 1985.

INFOENEM. **Competências e Habilidades**. Infoenem, 2019. Disponível em: https://www.infoenem.com.br/competencias-e-habilidades/. Acesso em: 26 out. 2019.

JAMES, W. **The principles of psychology** (Great books of the western world, Vol. 53). Chicago: Enciclopaedia Britannica, 1952.

JAPIASSU, H. **Vocabulário de Filosofia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1991.

LEITE, L.; ESTEVES, E. Ensino orientado para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas na Licenciatura em Ensino da Física e Química. *In*: SILVA, B.; ALMEIDA, Leandro. (Eds.). **Comunicação apresentada no VIII Congresso GalaicoPortuguês de Psicopedagogia**. Braga: CIED - Universidade do Minho, 2005. p. 1751-1768.

LINARD, Fred; LIMA, Eduardo. O X da questão. **Nova Escola**, São Paulo, n. 18, abr. 2008.

MARCONI. M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1999.

MARTINS, Maria Helena. **O que é leitura**. 7. ed. São Paulo: Brasiliense, 1986.

MOREIRA, Marco A. A Aprendizagem Significativa Crítica: um conceito subjacente. *In*: MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; RODRIGUEZ, M. L. (orgs.). **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos: Universidad de Burgos, 1997. Disponível em: http://moreira.if.ufrgs.br/apsigsubport.pdf. Acesso em: 22 jun. 2020.

MOREIRA, Marco A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, Marco A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, Marco A. **Pesquisa em Ensino**: aspectos metodológicos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica**. São Paulo: Blucher, 2002. vol. 2.

PARASURAMAN, A. **Marketing research**. 2. ed. Boston: Addison Wesley Publishing Company, 1991.

PIAGET, Jean. **Psicologia e pedagogia**. Tradução de Dirceu Accioly Lindoso e Rosa Maria Ribeiro da Silva. São Paulo e Rio de Janeiro: Editora Forense, 1970.

RESNICK, R.; D. HALLIDAY, D.; KRANE, K. S. **Física Mecânica**. 5. ed.. São Paulo: LTC, 2003. v. 1.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 2. Uma opção viável. Disponível em: http://www.www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/anexospagina/Orientacoes-Texto-Didatico-MNPEF.pdf. Acesso em: 02 jan. 2021.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Fisica IV - Ótica e Física Moderna**. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL

LIVRO: UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA E DIDÁTICA DA TERMOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-POLO UFC

FELIPE COSTA MELO CUNHA

PRODUTO EDUCACIONAL: UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA E DIDÁTICA DA TERMOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO

FORTALEZA

2021

Justificativa do material:

A motivação desse trabalho é a percepção da desmotivação de alguns estudantes de Física, diante da ausência de estímulos durante suas atividades didáticas em sala de aula, seja pela falta de materiais pedagógicos facilmente disponíveis, ou mesmo pela ausência de tempo hábil para elaboração dos mesmos, resultando na carência de novos incentivos na melhoria do aprendizado dos alunos.

De forma direta, percebi em sala de aula que alguns alunos não compreendiam bem a teoria explanada e não conseguiam visualizar a prática dessa teoria. Diante disso, decidi escrever um material didático diferencial dos demais, pois sua escrita seriam minhas palavras das explicações apresentadas em sala de aula, com dialógicos questionados pelos próprios alunos e minhas respectivas respostas. Ao final, para testar o aprendizado selecionei problemas dos assuntos e digitei algumas soluções, todo esse trabalho visando melhorar o aprendizado do aluno em Termologia.

Uma pesquisa foi realizada, através da plataforma google/forms, com 53 professores de Física do estado do Ceará (Fortaleza), com a intenção de analisar o ensino de professores de física com ênfase na área de Termologia voltada para o Enem. Os questionamentos relacionavam-se com a pedagogia do ensino, estímulos dos professores e aplicações da termologia na prática em sala de aula, bem como suas explanações teóricas no cotidiano. Como os professores estão ensinando termologia? Quais as ferramentas didáticas utilizadas? Existe aceitação? Existem meios alternativos para explanação de conteúdos? O acesso a materiais didáticos complementares é facilitado? As diretrizes do Enem são conhecidas e aplicadas cotidianamente? Foram algumas das perguntas contidas na pesquisa. Observou-se, consequentemente, a importância da implementação de tal produto, devido à escassez de materiais educativos no mercado, bem como o interesse dos profissionais da área.

O questionário é um instrumento desenvolvido cientificamente, composto de um conjunto de perguntas ordenadas de acordo com um critério predeterminado, que deve ser respondido sem a presença do entrevistador (MARCONI; LAKATOS, 1999, P.100) e que tem por objetivo coletar dados de um grupo de respondentes.

Esse livro é destinado aos estudantes que buscam um conhecimento de Termologia com leitura descontraída e diferenciada para revisão, bem como para alunos que optem por uma leitura menos técnica e mais leve sobre o assunto, de forma divertida e intuitiva.

A fundamentação desse material é baseada na filosofia teórica de ensino e aprendizagem de Paulo Freire, voltada para leitura e interpretação da resolução de exercícios. O livreto, então, surge como referência na teoria da aprendizagem significativa, corroborando com o entendimento de que os conhecimentos adquiridos em cada etapa serem úteis para desenvolver conceitos nos capítulos seguintes, construindo assim, um raciocínio de aprendizado mais sólido e construtivista, promovendo dessa forma compreensão do processo pelo aluno.

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma metodologia que recentemente tem conquistado um espaço maior em diversas instituições educacionais. A ABP desperta a curiosidade e um raciocínio prévio do leitor contribuindo assim para a formação de novas ideias. É como se estivéssemos preparando o cérebro para receber novas informações. Segundo Barrows (1968), a ABP é um modelo de aprendizagem que a partir dos problemas promove uma aprendizagem transdisciplinar centrada no aluno (leitor), com o professor (autor) sendo um facilitador do processo na produção desse conhecimento. Os problemas funcionam como estímulos para aperfeiçoar a aprendizagem e o desenvolvimento das habilidades de pesquisa e resolução.

David Ausubel (1980, p.272) aborda a aprendizagem cognitiva como uma explicação teórica do processo. O autor defende a união da organização e integração, como influência no processo de aprendizagem mais profunda, a fim de construir novas ideias e novos formatos. A sequência didática é extremamente importante e relevante no processo de aprendizagem, fazendo o leitor amadurecer conteúdos futuros a partir de embasamentos prévios.

Dessa forma, a fundamentação teórica de termologia exposta no produto proposto possui um maior direcionamento para alguns estudantes de física que não estão bem familiarizados com o assunto a nível de graduação, de forma que possam se reciclar, relembrando algumas análises interessantes e se embasando para ministrar suas futuras aulas com mais bagagem no domínio do conteúdo e maior segurança. O produto permite ao leitor acompanhar essa fundamentação teórica de forma mais organizada, além de permitir ao longo da leitura o contato com alguns problemas propostos e suas respectivas resoluções, facilitando sua compreensão.

ORIENTAÇÕES SUGESTIVAS PARA USO DO PRODUTO EDUCACIONAL (TUTORIAL DO PROFESSOR)

Caro professor, trabalho deve ser utilizado da melhor forma possível e para isso organizei um pequeno tutorial:

A teoria está bem detalhada com diálogos entre “professor” e “aluno”, os quais devem ter citados durante a aula, pois são situações curiosas do cotidiano.

O material deve ser estudado junto com a preparação da aula, pois é um guia com os assuntos selecionados para facilitar o aprendizado e desenvolvimento da aula, em outras palavras, fica minha sugestão de como seguir uma ordem cronológica de assuntos.

A sugestão para o final da aula é a resolução e discussão dos testes rápidos, pois apesar de ser solucionado no material, pode enriquecer mais a aula com debates extremamente pertinentes.

Os exercícios de sala estão em ordem crescente do grau de dificuldade, se espelhando nos exercícios propostos (selecionados também como atividade de casa). Assim, o aluno deve ser orientado a começar a fazer os exercícios propostos somente após ler a teoria e rever os exercícios feitos em sala.

Ao final de casa capítulo contem simulados para testes de aprendizado. Eles possuem solução ao final assim como as atividades de casa.

O intuito desse material é para a aula ficar mais dinâmica e divertida, de modo que o professor consiga extrair o máximo de aplicações possíveis para conquistar os alunos atingindo seu maior objetivo, que é transferir o conhecimento. Diante disso, deixo meu agradecimento e meu contato para qualquer sugestão ou dúvida sobre o material:

Contato: felipe.fcmc@hotmail.com / felipe.costa@ifce.edu.br

Boas aulas,

Professor Felipe Costa

Fortaleza, 15 de Novembro de 2019

ORIENTAÇÕES SUGESTIVAS PARA USO DO PRODUTO EDUCACIONAL (TUTORIAL DO ALUNO)

Caro leitor, os conhecimentos adquiridos pelo estudo são cada vez mais importantes para a realização de nossos sonhos, ideais e projetos de vida.

Você, que estuda numa instituição que faz da felicidade de seus alunos e alunas a razão de sua existência, tem agora um novo e estimulante instrumento de estudo: um livreto de termologia voltado para um bom aprendizado e satisfação nos resultados no ENEM.

O livreto tem a finalidade de ajudar você a edificar uma base sólida para sua vida, construindo por seus educadores, os saberes indispensáveis para enfrentar os grandes desafios do século XXI.

A grande maioria dos estudantes tem sérios problemas de entendimento da Física, o que lhes causa um grande temor e quase certeza de que jamais aprenderão essa tão temida disciplina. Entretanto, com o livreto bem utilizado e todo apoio do Professor dentro e fora de sala de aula, seguindo os devidos procedimentos para tirar o máximo aproveito do material, será bem oportuno tal aprendizado.

Como proceder para tirar o máximo proveito do livreto?

1) Compromisso e disciplina com o estudo.
2) Ler a teoria de corpo e alma envolvidos, com bastante atenção.
3) Estudo em casa deve ser referente à aula atual.
4) Refazer os exercícios feitos em sala de aula.
5) Fazer os exercícios propostos e caso necessário, conferir com as resoluções no final de cada capítulo.

A ordem desse processo para o aprendizado mais eficiente é importante, então, recapitulando: o aluno deverá **ler todo o conteúdo referente a devida aula realizada, ver os exercícios feitos em sala de aula e daí sim começar a fazer os exercícios propostos para casa.** Ao final dos exercícios propostos, o aluno terá simulados resolver com um tempo estimado de 1 a 2 horas. Cada simulado possui gabarito e suas respectivas soluções para o aluno confirmar seus acertos e sua aprendizagem.

"Nas olimpíadas da vida, a vitória depende de dedicação, esforço, entusiasmo e perseverança. Busque e você conseguirá a vitória."

Bons estudos,

Professor Felipe Costa

Fortaleza, 15 de Novembro de 2019

SUMÁRIO

1. Escalas Termométricas.....7

2. Dilatação Térmica.....35

3. Quantidade de Calor.....71

TERMOLOGIA

Introdução à Termologia

Termologia é o ramo da Física relacionado ao estudo dos fenômenos ligados à energia térmica (calor, temperatura, dilatação de corpos, dentre outros) ou seja, ela estuda as manifestações dos tipos de energia que de qualquer forma produzem variação de temperatura, aquecimento ou resfriamento, ou mesmo a mudança de estado físico da matéria, quando ela recebe ou perde **calor**. Os fenômenos são interpretados a partir de modelos da estrutura da matéria, sob dois pontos de vista distintos, porém complementares: o **macroscópico** (temperatura, energia interna e pressão) e o microscópico (velocidade e energia cinética de átomos e moléculas).

Tal campo da física permitiu, a partir do século XVIII, o entendimento dos fenômenos que hoje sobre domínio do conhecimento humano produzem conforto e bem estar através de técnicas terapêuticas e outras que fazem parte do mundo moderno.

-Muitos são os inventos que se utilizam destes princípios: cafeteiras, garrafas térmicas, panela de pressão, primeiras máquinas de autopropulsão, turbinas, geladeiras, vestiário (calçados, roupas e outros).

Esse estudo é de extrema importância em nosso dia-a-dia para identificarmos se uma pessoa doente está com febre ou não, se o clima do dia será com sol ou chuva e até mesmo na culinária, se a temperatura de um forno é a ideal na qual devemos colocar um alimento para que ele fique pronto para comer, por exemplo. ☺

Em nosso cotidiano fazemos uma tremenda confusão ao usar termos relacionados com calor.

É muito comum ouvirmos comentários do tipo:
- Puxa vida, hoje eu estou com calor!
- Estou tremendo de frio.

Um namorado pode falar:

- Meu Deus... sinto um calor por dentro e minha temperatura vai nas nuvens quando me aproximo da minha amada.

Até que ponto estas afirmações fazem sentido e estão corretas do ponto de vista da física?

Através das ideias experimentais da física, durante muito tempo a noção de temperatura esteve associada com a sensação de quente ou frio. No aspecto qualitativo alguns físicos do passado insistiam na ideia de que temperatura pode ser definida como sendo a **MEDIDA DE QUENTE OU FRIO**...

Com o advento da Mecânica Estatística (parte da ciência do calor que relaciona a visão macroscópica do mundo com os fenômenos microscópicos) em meados do século XIX, um outro conceito surge para também definir temperatura:

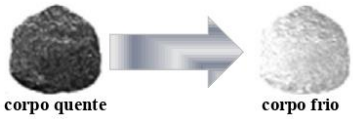
É UMA GRANDEZA QUE MEDE O NÍVEL DE AGITAÇÃO DAS MOLÉCULAS DE UM CORPO.

Imagine dois corpos isolados termicamente de temperaturas diferentes, sendo colocados um próximo ao outro, esses corpos trocam calor até atingirem mesma temperatura. Na verdade o corpo mais quente está passando uma forma de energia. Esta energia térmica em trânsito, motivada por uma diferença de temperatura é o que nós chamamos de **CALOR**. Daí a ideia de que um corpo não pode possuir calor, pois calor é uma forma de energia que passa de um corpo para outro. ☺

Noções de Calor - (Energia Térmica)

Quando você toca numa estufa aquecida passa para sua mão porque a estufa está mais quente do que ela. Por outro lado, quando você encosta sua mão num pedaço de gelo, a energia sai de sua mão para o gelo, que é mais frio. O sentido da transferência espontânea de energia é sempre do corpo que está mais quente para um vizinho mais frio. A energia que é transferida de uma coisa para outra por causa de uma diferença de temperatura entre elas é chamada de calor.

Calor é a energia que é transferida de um corpo para outro, exclusivamente devido à diferença de temperatura existente entre os corpos.



O calor é transferido do corpo quente para o corpo frio.
Dizemos que:

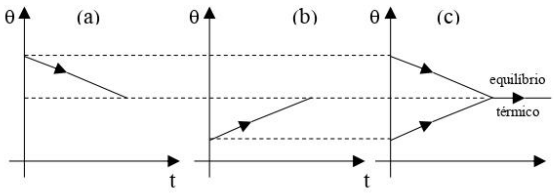
O corpo quente	O corpo frio
• cede calor	• recebe calor
• perde calor	• ganha calor
• libera calor	• absorve calor

Estando os corpos isolados da influência de outros corpos, o calor cedido pelo corpo quente é inteiramente absorvido pelo corpo frio. É o princípio da conservação de energia.

É importante que entendamos que a troca de calor não é "infinita", pois, decorrido algum tempo, os corpos atingem o equilíbrio térmico, isto é, suas temperaturas se igualam. De modo geral, quando não houver mudança do estado de agregação das moléculas de nenhum dos corpos envolvidos, ocorrerá o seguinte:

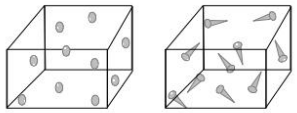
• À medida que o corpo quente for cedendo calor, sua temperatura irá caindo (Gráfico A).
• À medida que o corpo frio for recebendo calor, sua temperatura irá aumentando (Gráfico B).
• Evidentemente, haverá um instante em que essas temperaturas se igualarão e cessará a troca de calor (Gráfico C).

Observe:



Temperatura

Podemos considerar a temperatura de um corpo como sendo a medida do grau de agitação de suas moléculas. A energia associada a esse agitação é chamada energia térmica. Para dizer se dois ou mais sistemas estão ou não em equilíbrio térmico usaremos uma comparação entre suas temperaturas. Dois ou mais sistemas em equilíbrio térmico apresentam a mesma temperatura; sistemas que não estão em equilíbrio térmico apresentam temperaturas diferentes. Nesse caso a energia térmica pode transferir-se de um corpo para outro. Essa energia térmica em trânsito é denominada **calor**.

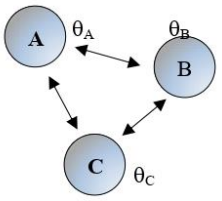


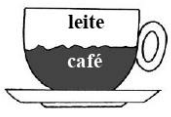
Menor Temperatura Maior Temperatura

Equilíbrio Térmico

Se as propriedades termométricas de dois ou mais sistemas não variam no decorrer do tempo, quando em presença uns dos outros, dizemos que eles estão em equilíbrio térmico entre si. De forma bem simples, podemos dizer que equilíbrio térmico significa igualdade de temperatura. Podemos generalizar o conceito de equilíbrio térmico para mais de dois sistemas, por meio da chamada Lei zero da Termodinâmica. Considere três sistemas A, B e C. Suponha que, numa primeira experiência, tenha sido constatado o equilíbrio térmico entre A e C. Suponha ainda que, mantidas constantes as condições de C tenha sido constatado, numa segundo experiência, o equilíbrio térmico entre B e C. Podemos concluir então que o sistema A está em equilíbrio térmico com B. A lei zero da termodinâmica pode ser enunciada simplesmente da seguinte maneira: Dois sistemas em equilíbrio térmico com um terceiro estão em equilíbrio térmico entre si.

Se um corpo A está em equilíbrio térmico com um corpo B, e se o corpo B está simultaneamente em equilíbrio térmico com um corpo C, então A e C estão em equilíbrio térmico entre si, ou seja, $\theta_A = \theta_B = \theta_C$!!





Quando alguém vai tomar café muito quente e está com pressa, costuma colocar leite frio para obter uma temperatura mais amena, deixando o café e o leite com temperaturas iguais e intermediárias.

Kelvin que é representada pela letra K maiúscula sem o uso do sinal de grau (°). A escala Kelvin também é conhecida como escala absoluta, pois lista os extremos necessários.

Todas essas escalas acima respeitam certa lógica de existência e uma função matemática que as represente:
Para a escala Celsius, usou-se um elemento em comum que entra em fusão no ponto 0º e em ebulição no ponto 100º;

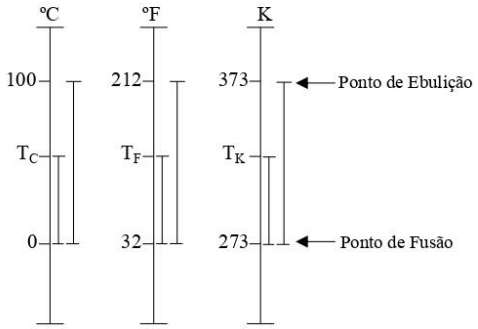
Para a escala Fahrenheit, usou-se um elemento em comum que entra em fusão no ponto 32º e em ebulição no ponto 212º;

Para a escala Kelvin, usou-se um elemento em comum que entra em fusão no ponto 273 e em ebulição no ponto 373º;

Ponto de fusão e ebulição da água

A água em pressão de 1 atm, congela a esses valores.	A água em pressão de 1 atm, evapora nesses valores.
0 ºC	100 ºC
32 ºF	212 ºF
273 K	373 K

Dessa forma, podemos montar nossas escalas para estabelecer uma relação entre elas:



Escalas Termométricas

Pela relação de proporção, sendo as funções de temperaturas lineares (função do 1° grau) das escalas, podemos equacionar o numerador com termo do meio e subtraindo do termo de ponto de fusão e para o denominador faremos uma relação parecida, será o termo do ponto de ebulição subtraído do ponto de fusão de cada escala, observe:

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32} = \frac{T_K - 273}{373 - 273}$$

Fazendo as devidas subtrações, temos:

$$\frac{T_C}{100} = \frac{T_F - 32}{180} = \frac{T_K - 273}{100}$$

Dividindo todos os denominadores por 20, encontramos:

$$\boxed{\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}}$$

Para uma transformação de temperatura entre as escalas Celsius e Fahrenheit, temos a expressão:

$$\boxed{\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}}$$

Para uma transformação de temperatura entre as escalas Fahrenheit e Kelvin, temos a expressão:

$$\boxed{\frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}}$$

Para uma transformação de temperatura entre as escalas Celsius e Kelvin, simplificando a expressão, temos:

$$\boxed{T_C = T_K - 273}$$

Exemplo Resolvido 1:

Um jornalista, em visita aos Estados Unidos, passou pelo deserto de Mojave, onde são realizados os poucos 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 ºC. Que valor ele havia observado no painel?

Resolução

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

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

$$81 = \theta_F - 32$$

$$\boxed{\theta_F = 113°F}$$

Exemplo Resolvido 2:

Dois termômetros, um graduado na escala Celsius e outro, na escala Fanrenheit, são mergulhados em um mesmo líquido. A leitura em Fanrenheit 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:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{(\theta_C + 100) - 32}{9}$$
$$9\theta_C = 5\theta_C + 340$$
$$4\theta_C = 340$$
$$\boxed{\theta_C = 85°C} \text{ ou } \boxed{\theta_F = 185°F}$$

Exemplo Resolvido 3

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?

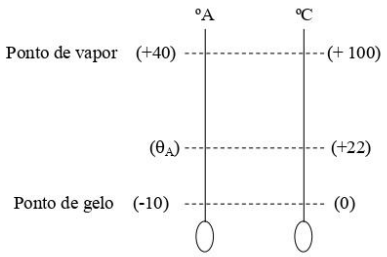
Resolução

$$\begin{cases} \theta_C = \theta_F \\ \frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \end{cases}$$
$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$
$$9\theta_C = 5\theta_C\ 160$$
$$\boxed{\theta_C = -40°C}$$

Exemplo Resolvido 4:

Numa escala de temperatura **A**, o ponto do gelo equivale a -10 ºA e o do vapor, a + 40 ºA. Se uma temperatura for indicada num termômetro em Celsius pelo vapor 22 ºC, que valor será indicado por outro termômetro graduado na escala **A**?

Resolução
Fazendo a relação entre as escalas, vem:



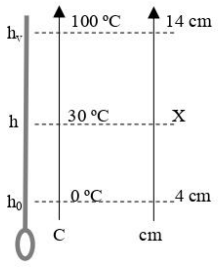
Lembre-se da relação de proporção:
"O do meio menos o debaixo, dividido pelo de cima menos o debaixo"! ☺

$$\frac{\theta_A - (-10)}{40 - (-10)} = \frac{22 - 0}{100 - 0}$$
$$\frac{\theta_A + 10}{50} = \frac{22}{100}$$
$$\theta_A + 10 = 11$$
$$\boxed{\theta_A = 1°A}$$

Exemplo Resolvido 5:

Numa cidade, onde a pressão atmosférica vale 1,0 atm, a coluna de mercúrio de um termômetro apresenta altura de 4,0 cm, quando em equilíbrio térmico com gelo em fusão, e possui altura de 14,0 cm, quando em equilíbrio térmico com água em ebulição. A altura da coluna de mercúrio quando a indicação do termômetro é de 30 °C é, em cm:
a) 3,0
b) 4,0
c) 7,0
d) 11
e) 17

Resolução:



(Temperatura na Escala - Temperatura de Fusão da água) / (Temperatura de Ebulição - Temperatura de Fusão)

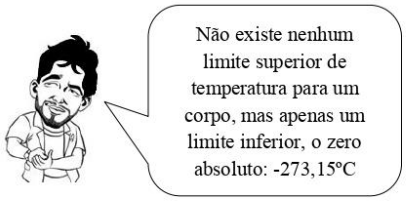
(30-0) / (100 - 0) = (x - 4) / (14 - 4)
30 / 100 = (x - 4) / 10
x – 4 = 3
x = 7 cm ➔ Letra C ☺

O zero absoluto e a escala Kelvin

Até onde sabemos, não existe um limite superior para a temperatura. Nas estrelas, a matéria acha-se no estado de plasma, no qual a temperatura pode atingir bilhões de graus. Ao contrário, existe uma temperatura mínima para a matéria. À medida que uma substância é resfriada, a agitação molecular diminui e, se a temperatura pudesse chegar ao valor de -273,15 ºC (-459,7 ºF), o movimento molecular cessaria. De fato, não é possível a temperatura baixar até -273,15 ºC, embora seja possível se aproximar desse número indefinidamente. ☺

Imagine uma condição em que a temperatura fosse muito baixa e que a pressão fosse nula, ou seja: cessaria o bombardeio de moléculas contra o recipiente. O que se pode dizer que a energia das moléculas é mínima.

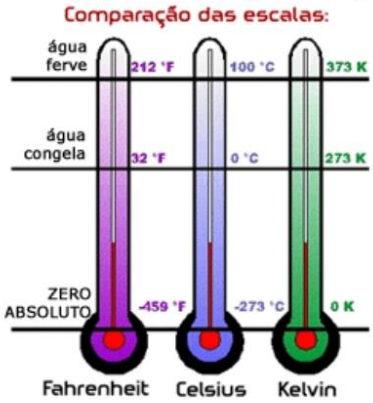
Segundo a Terceira Lei da Termodinâmica, o zero absoluto é inatingível, no entanto, o valor dessa temperatura foi determinado teoricamente e vale: -273,15 ºC.



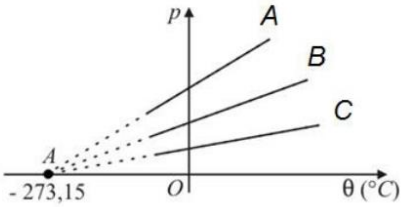
Observe que, substituindo Tc = -273,15 ºC na equação:

$$T_K = T_C = 273$$

Obtemos T_K = 0 K, como esperado. Na maioria das vezes, podemos arredondar a parcela 273,15 para o valor inteiro 273 sem prejudicar muito a precisão do problema.



Observe uma representação gráfica a seguir com substâncias A, B e C onde temos a origem no zero absoluto.



Zero absoluto é o limite inferior de temperatura de um sistema. É a temperatura correspondente ao menor estado de agitação das partículas, isto é, um estado de agitação praticamente

* A partir de 1967, convencionou-se não usar "grau" para essa escala. Assim, 20 K, por exemplo, lê-se 20 kelvins e não 20 graus Kelvin.

Questão rápida

Qualquer indicação na escala absoluta de temperaturas é

a) Sempre inferior ao zero absoluto
b) Sempre igual ao zero absoluto
c) Nunca superior ao zero absoluto
d) Sempre superior ao zero absoluto
e) Sempre negativa

Comentário

Na escala absoluta (Kelvin) não existe temperatura negativa, onde todas as possíveis medições ficam registradas acima do zero absoluto.

Resposta: **d**

Questão rápida

Podemos caracterizar uma escala absoluta de temperatura quando

a) Dividimos a escala em 100 partes iguais
b) Associamos o zero da escala ao estado de energia cinética mínima das partículas de um sistema
c) Associamos o zero da escala ao estado de energia cinética máxima das partículas de um sistema
d) Associamos o zero da escala ao ponto de fusão do gelo
e) Associamos o valor 100 da escala ao ponto de ebulição da água.

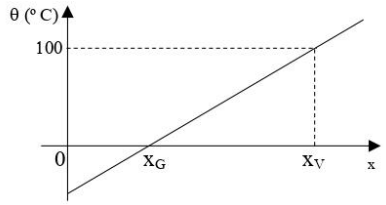
Comentário

A escala Celsius também possui 100 unidades e tenha atenção ao fato de que na escala absoluta o ponto de fusão do gelo é 273 K e o valor do ponto de ebulição da água é 373 K. O zero absoluto corresponde a mínima energia cinética (energia relacionada a velocidade) das moléculas.

Resposta: **b**

Escalas Termométricas – (Analise Gráfica)

Escala Celsius

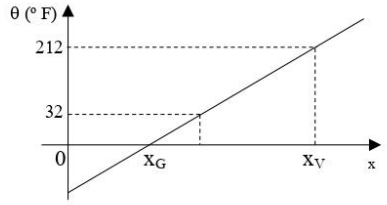


Os valores atribuídos, nessa escala, para o ponto de fusão e para o ponto de vapor são respectivamente, 0 e 100. O intervalo é dividido em 100 partes 4, cada uma das quais constitui o grau Celsius (ºC).

Ponto do Gelo: $\theta_G = 0$ ºC $\Rightarrow X_G$
Ponto do Vapor: $\theta_V = 100$ ºC $\Rightarrow X_V$

Define-se o grau Celsius como sendo a variação de temperatura que acarreta na propriedade termométrica (X) uma variação igual a 1/100 da variação que sofre esta propriedade quando o termômetro é levado do ponto de gelo ao ponto de vapor (Intervalo Fundamental).

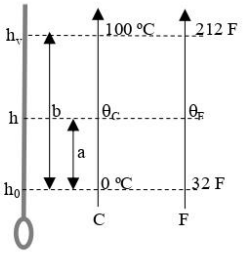
Escala Fahrenheit



Os valores atribuídos, nessa escala, para o ponto de fusão e para o ponto do vapor são respectivamente, 32 e 212. O intervalo é dividido em 180 partes, cada uma das quais constitui o grau Fahrenheit (°F).

Ponto do Gelo: $\theta_G = 32$ ºF $\Rightarrow X_G$
Ponto do Vapor: $\theta_V = 212$ ºF $\Rightarrow X_V$

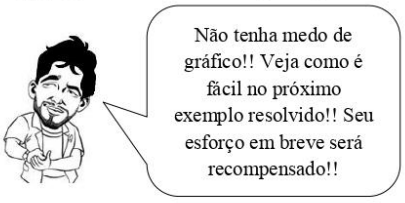
Observe o esquema de relação entre as escalas:



Para certo estado térmico, observe a coluna de altura h do termômetro para a qual correspondemos às temperaturas θ_C (Celsius) e θ_F (Fahrenheit).

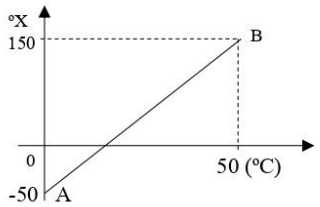
Assim conseguimos:

$$\frac{a}{b}=\frac{\theta_C-0}{100-0}=\frac{\theta_F-32}{212-32}$$, e simplificando $$\frac{\theta_C}{5}=\frac{\theta_F-32}{9}$$



Exemplo Resolvido 6:

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.

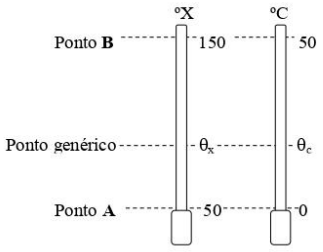


Determine:

a) a equação de conversão entre as escalas **x** e Celsius.
b) a indicação de escala **x**, quando tivermos 80 ºC.
c) a indicação de escala **x**, para os estados térmicos correspondentes aos pontos fixos fundamentais.

Resolução:

a) Fazendo o esquema e relacionando as escalas **X** e Celsius, temos:



Do esquema, concluímos?

$$\frac{\theta_x-(-50)}{150-(-50)}=\frac{\theta_C-0}{50-0}$$

$$\frac{\theta_x+50}{200}=\frac{\theta_x}{50}\Rightarrow\frac{\theta_x+50}{4}=\theta_C$$

$$\theta_x+50=4\theta_C\Rightarrow \boxed{\theta_x=4\theta_C-50}$$

b) Substituindo 80 °C na equação de conversão encontrada no item **a**, obtemos o θ_x correspondente:

$\theta_x = 4(80) - 50 \Rightarrow \theta_x = 320 - 50$

θ_x = -50 °X

c) Para os pontos fixos fundamentais, temos:
1º ponto fixo → ponto do gelo fundente, sob pressão normal (θ_c = 0 ºC)
Do próprio gráfico fornecido, concluímos que:

$\theta_x = 4(80) - 50 \Rightarrow \theta_x = 320 - 50$

θ_x = -50 °X

2º ponto fixo → ponto do vapor de água em ebulição, sob pressão normal (θ_c = 100 ºC)
Utilizando a relação de transformação obtida no item **a** e impondo θ_c = 100 ºC, calculemos θ_x correspondente:

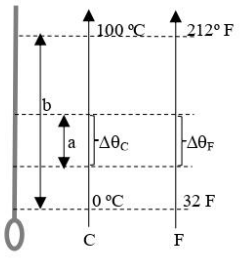
$\theta_x = 4(100) - 50 \Rightarrow$ θ_x = -350 °X

AUTO TESTE 02

O que é maior, um aumento de temperatura de 1°C ou um de 1°F?

ATENÇÃO! – VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

Muito cuidado, meu querido!! Variação de temperatura é diferente de temperatura. Para variação usamos a simbologia do Δ (delta) que significa subtrair o termo final do termo inicial. Por exemplo, ΔV, significa V_{FINAL}-$V_{INICIAL}$, $\Delta V = V_{FINAL}-V_{INICIAL}$, $\Delta T = T_{FINAL}-T_{INICIAL}$, e assim por diante. (Δ = variação)
Variações nas escalas usuais:



A relação entre as variações de temperatura ΔθC e ΔθF pode ser obtida pela relação entre os segmentos definidos na haste de um termômetro de mercúrio graduado nas duas escalas:

Assim, faremos:

$$\frac{a}{b}=\frac{\Delta\theta_C}{100-0}=\frac{\Delta\theta_F}{212-32}$$

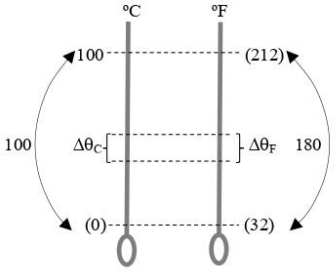
Simplificando:

$$\frac{\Delta\theta_C}{5}=\frac{\Delta\theta_F}{9}$$

Exemplo Resolvido 7:

Lendo um jornal brasileiro, um estudante encontrou a seguinte notícia. "Devido ao fenômeno *El Niño*, o verão no Brasil foi mais quente do que costuma ser, ocorrendo em alguns locais variações de até 20 ºC em um mesmo dia". Se essa notícia fosse revestida para o inglês, a variação de temperatura deveria ser dada na escala Fahrenheit. Que valor iria substituir a variação de 20ºC?

Resolução:
Relacionando as variações de temperatura, temos:



$$\frac{\Delta\theta_C}{100}=\frac{\Delta\theta_F}{180}$$

Fazendo ΔθC = 20 ºC, temos:

$$\frac{20}{100}=\frac{\Delta\theta_F}{180}\Rightarrow\boxed{\Delta\theta_F=36°F}$$

RESPOSTA DO AUTO TESTE 02

A escala Celsius contém 100 unidades enquanto a escala Fahrenheit contém 180 unidades. Logo, podemos observar que a variação de 1°C corresponde a variação de 1,8°F.

ΔTC/5 = ΔTF/9
Para ΔTC = 1°C, temos:
1/5 = ΔTF/9 ⇒ ΔTF =9/5
ΔTF= 1,8°F
Ou seja, a variação de 1°C equivalente a variação de 1,8°F.
ΔTF = 1°C
ΔTC /5 = 1/9 ⇒ ΔTC=5/9
ΔTC= 0,5555°C

Assim, se aumentarmos 1°F estaremos aumentando menos de 1°C (aproximadamente 0,555°C)

Logo, o aumento de 1°C (1,8°F) é maior que o aumento de 1°F (0,555°C) !!!

Erros comuns envolvendo os conceitos

Calor e Temperatura são conceitos distintos, apesar de serem comumente confundidos. São comuns em nosso dia a dia os erros envolvendo os conceitos de calor e temperatura mas esses erros podem mudar completamente o sentido de uma frase (vendo pelo ponto de vista físico). Vejam uns dos erros mais comuns:

• "*Está fazendo frio*!" - Pode parecer maluquice, mas o frio não existe. É apenas um conceito para definir a ausência de calor.

• *Uma pessoa com febre abraça uma pessoa com a temperatura normal e diz*:
"Como você está frio!" - Na verdade, a pessoa com febre que está quente demais. Ela percebe que a outra está fria pois o calor é transferido do corpo mais quente para o mais frio, logo, a pessoa com febre sentirá essa perda de calor.

• "*Está fazendo um calor de 40°C*!" - Um equívoco frequente… 40ºC seria a temperatura do ambiente, que se difere do conceito de calor.

De maneira geral, é comum dizer que está calor quando a temperatura está muito alta (no Verão, por exemplo). No entanto, essa questão pode ser muito subjetiva, porque o que é calor para mim pode não ser para outra pessoa.
Em sentido figurado, a palavra calor pode significar animação ou entusiasmo. Ex: O artista foi abraçado pelo calor do público.

Também pode descrever uma situação em que os ânimos estão exaltados. Ex: No calor do momento, a discussão se transformou em uma briga violenta.

A temperatura das faíscas é muito alta, em torno de 2.000ºC. Isso é um bocado de energia por cada molécula das faíscas. Entretanto, devido ao pequeno número de moléculas por faíscas, sua energia interna é suficientemente pequena para que a brincadeira seja segura. A temperatura é uma coisa; a transferência de energia é outra.

Pense!
É possível uma temperatura alta num dia sem calor?

Podemos numa bacia com água sentir que ela está quente com uma mão e fria com a outra?"

Podemos confiar em nosso senso de quente e frio? Ambos os dedos sentirão a mesma temperatura quando forem mergulhados na água morna?

Quente ou frio?

A relatividade da sensação térmica

-Professor Felipe e quando estamos com calor ou frio? O que na verdade significa isto?
Bem, quando saímos para passear em pleno Sol do início da tarde, começaremos a "sentir calor". Nosso corpo está com uma temperatura menor que a do ar. Dessa forma, pelo que aprendemos do conceito de equilíbrio térmico, o ar tende a ceder energia térmica para o nosso corpo, nos levando a "sentir calor". Se fôssemos passear durante a madrugada no rigoroso inverno sulista iríamos "sentir frio". O nosso corpo está com uma temperatura maior que a do ar. Dessa forma nosso corpo começaria a perder calor, cedendo-o ao ar. A sensação de frio viria à medida que fôssemos perdendo calor para o ambiente ao nosso redor.

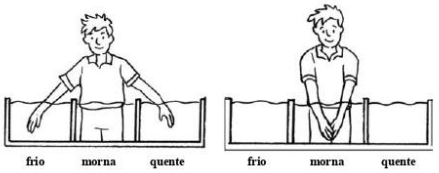
CURIOSIDADE

Imagine que seu colega tenha arranhado os joelhos. Imediatamente alguém sugeriu que ele passasse álcool nos arranhões para não infeccionar. Quando ele passou o algodão com álcool na pele, gritou:

- O álcool tá frio!

Ele teve esta sensação porque o álcool "roubou" calor de sua pele para poder evaporar-se. Com a pele perdendo calor para o álcool, seu colega acabou sentindo frio.

Existe um experimento muito simples que nos permite entender as sensações de quente e frio. Veja a imagem abaixo.



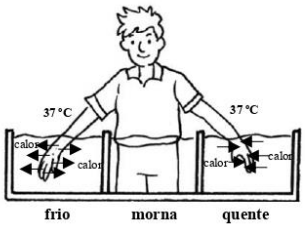
Quando tiramos a mão da água quente e a colocamos na água morna, a água morna parece fria. Agora, quando tiramos a mão da água fria e a colocamos na água morna, essa mesma água morna (que antes parecia fria) parece quente.

Como a água morna pode estar quente e fria ao mesmo tempo? Uma maneira de entender essa confusão é analisar esse experimento a partir das temperaturas das águas fria, morna e quente. Para isso, vamos supor que a água fria está a temperatura de 10ºC, a água morna está a 30ºC e a água quente está a 50ºC.

A primeira coisa que deve ser levada em consideração é que existe uma diferença de temperatura entre as águas e as mãos na experiência acima. Por causa disso, dizemos que existe uma troca de calor entre as mãos e a água.

Lembre-se!! As trocas de calor sempre acontecem entre dois corpos a temperaturas diferentes, sendo que o calor vai do corpo mais quente para o mais frio.

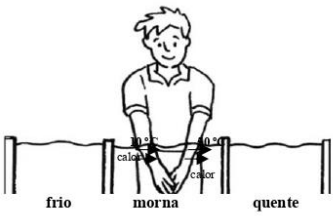
Os dois corpos em consideração nesse experimento são as mãos e as águas a diferentes temperaturas. Supondo que nosso corpo esteja a 37 ºC, o que acontece quando colocamos as mãos nas águas quente e fria pode ser vista na imagem abaixo.



Assim, quando colocamos nossa mão na água quente a 50 ºC, ela ganha calor da água e sua temperatura aumenta; vamos supor que, depois de algum tempo, a temperatura da mão alcance também os 50 ºC. Agora, quando colocamos nossa mão na água fria a 10 ºC, ela perde calor para a água e sua temperatura diminuiu; também aqui, vamos supor que a temperatura da mão chegue a 10 ºC. Repare que o fato da mão perder ou ganhar calor na imagem acima está indicado pelo sentido das flechas que representam as trocas de calor.

Com isso, podemos perceber que as sensações de quente e frio estão associadas às trocas de calor entre a mão e a água: sentimos a água quente quando a mão ganha calor da água e sentimos a água fria quando a mão perde calor para a água.

Finalmente, tirando as mãos das águas quente e fria e colocando-as na água morna, as trocas de calor que acontecem estão indicadas na imagem abaixo. Repare mais uma vez no sentido das flechas que representam as trocas de calor.

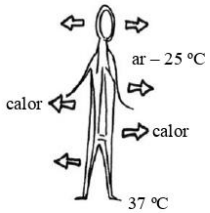


Então, porque a mão que estava na água fria está a uma temperatura menor do que a água morna, ela ganha calor e a água morna parece quente. O contrário acontece com a mão que estava na água quente: porque sua temperatura era maior do que a da água morna, ela perde calor e a água morna parece fria.

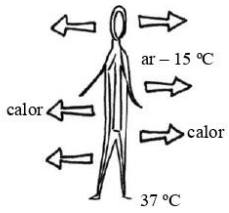
Depois de tudo isso, podemos elaborar uma "lei da sensação térmica": sentimos algo quente quando sua temperatura está maior do que a do nosso corpo e, por isso, ganhamos calor; agora, sentimos algo frio quando sua temperatura está menor do que a do nosso corpo e, por isso, perdemos calor. Podemos também dizer que quanto maior a diferença de temperatura entre nosso corpo e aquilo em contato conosco, mais quente ou frio ele parece, pois mais calor ganhamos ou perdemos.

Vamos ver, agora, como tudo isso pode explicar algumas situações que envolvem a sensação de frio.

A primeira e mais simples é o frio aumentar quando a temperatura ambiente diminui.



Diferença de temperatura:
37 – 25 = 12 ºC

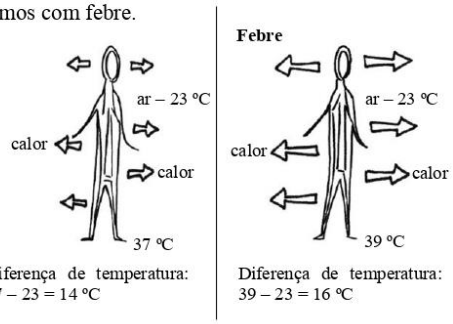


Diferença de temperatura:
37 – 15 = 22 ºC

Sentimos mais frio quando a temperatura ambiente diminui, pois maior é a diferença de temperatura entre o corpo e o ambiente e, consequentemente, mais calor perdemos, como mostra a imagem acima à direita.

Agora, sentimos mais frio APENAS quando a temperatura ambiente diminui? Não! O aumento da

sensação de frio aumenta também quando a temperatura do corpo aumenta. Isso acontece, por exemplo, quando estamos com febre.



Aumentando a temperatura do corpo, como acontece quando estamos com febre, faz aumentar a diferença de temperatura entre o corpo e o ambiente, fazendo com que aumente a perda de calor e também a sensação de frio. Repare que na imagem acima a temperatura ambiente não muda.

O exemplo acima também ajuda a explicar o fato de sentirmos mais frio quando saímos do banho quente. Um banho agradável para o corpo acontece com a temperatura da água praticamente a mesma temperatura do corpo, de maneira que não perdemos nem ganhamos calor para ela. Num banho quente, por sua vez, a temperatura da água está um pouco acima da temperatura do nosso corpo (até 3 °C). Com isso, a temperatura da superfície da pele aumenta e, quando saímos do banho, aumenta a diferença entre a temperatura do corpo e a ambiente e perdemos mais calor, sentindo mais frio. Na verdade, são duas as razões para a sensação de frio aumentar depois de um banho quente: a outra diz respeito ao fato do corpo perder calor para evaporar a água que sobrou sobre a pele depois do banho, assim como acontece quando suamos. Muito legal, né? ☺

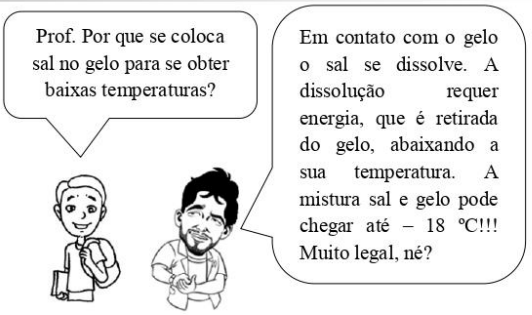
Questão Rápida

A sensação de frio que nós sentimos resulta:

a) do fato de nosso corpo precisa receber calor do meio exterior para não sentimos frio.
b) da perda de calor do nosso corpo para a atmosfera que está a uma temperatura menor.
c) da perda de calor do nosso corpo para a atmosfera que está a uma temperatura maior.
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.

Comentário

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.



Observe que esse processo é semelhante quando uma pessoa sai de uma piscina. Nesse instante, seu corpo ainda contém pequenas gotículas de água que ao receber energia da própria pessoa pelo contato (pois a temperatura da pessoa é superior à das gotículas d'água) começam a evaporar (passam do estado líquido para o gasoso) e assim a pessoa fica seca. Porém, a sensação de frio é justamente por ceder calor para as gotículas d'água. Para a pessoa, temos um processo exotérmico no qual existe uma perda de energia térmica e parar as gotículas de água em sua superfície temos um processo endotérmico no qual existe um ganho de energia térmica.

RÁPIDO TESTE PROPOSTO

T1. Sobre o conceito de calor, pode-se afirmar que se trata de uma:

a) Medida da temperatura do sistema.
b) Forma de energia em transito.
c) Substancia fluida
d) Quantidade relacionada com o atrito
e) Energia que os corpos possuem

T2. Calor é:

a) A energia contida em um corpo.
b) A energia que se transfere de um corpo para outro, quando existe uma diferença de temperatura entre eles.
c) Um fluido invisível e sem peso, que é transmitido de um corpo para o outro.
d) A transferência de temperatura de um corpo para outro
e) A energia que se transfere espontaneamente do corpo de menor temperatura para o de maior temperatura.

T3. O SI (Sistema Internacional de unidades) adota como unidade de calor o joule, pois calor é energia. No entanto, só tem sentido falar em calor como energia em trânsito, ou seja, energia que se transfere de um corpo a outro em decorrência da diferença de temperatura entre eles. Assinale a afirmação em que o conceito de calor está empregado corretamente.

a) A temperatura de um corpo diminui quando ele perde parte do calor que nele estava armazenado.
b) A temperatura de um corpo aumenta quando ele acumula calor.
c) A temperatura de um corpo diminui quando ele cede calor para o meio ambiente.
d) O aumento da temperatura de um corpo é um indicador de que esse corpo armazenou calor.
e) Um corpo só pode atingir o zero absoluto se for esvaziado de todo o calor nele contido

T4. O fato de o calor passar de um corpo para outro deve-se:

a) quantidade de calor existente em cada um.
b) diferença de temperatura entre eles.
c) energia cinética total de suas moléculas.
d) o número de calorias existentes em cada um.
e) nada do que se afirmou acima é verdadeiro

T5. Quando dois corpos de materiais diferentes estão em equilíbrio térmico, isolados do meio ambiente, pode-se afirmar que:

a) o mais quente é o que possui menor massa.
b) apesar do contato, suas temperaturas não variam.
c) o mais quente fornece calor ao mais frio.
d) o mais frio fornece o calor ao mais quente.

T6. Três corpos encostados entre si estão em equilíbrio térmico. Nessa situação:

a) os três corpos apresentam-se no mesmo estado físico.
b) a temperatura dos três corpos é a mesma.
c) o calor contido em cada um deles é o mesmo.
d) o corpo de maior massa tem mais calor que os outros dois.
e) nenhuma das anteriores.

T7. Se dois corpos estiverem em equilíbrio térmico com um terceiro, conclui-se que:

a) os três acham-se em repouso.
b) os dois corpos estão em equilíbrio térmico entre si.
c) a diferença entre as temperaturas dos corpos é diferente de zero.
d) a temperatura do terceiro corpo aumenta
e) os dois corpos possuem a mesma quantidade de calor.

T8. Um sistema isolado termicamente do meio possui três corpos, um de ferro, um de alumínio e outro de cobre. Após um certo tempo, verifica-se que as temperaturas do ferro e do alumínio aumentaram, mas nenhum dos três corpos sofreu mudança de estado. Podemos concluir que:

a) O corpo de cobre também aumentou a sua temperatura.
b) O corpo de cobre ganhou calor do corpo de alumínio e cedeu calor para o corpo de ferro.
c) O corpo de cobre cedeu calor para o corpo de alumínio e recebeu calor do corpo de ferro.
d) O corpo de cobre permanece com a mesma temperatura.
e) O corpo de cobre diminui a sua temperatura.

T9. As forças de coesão entre as moléculas de uma substância:

a) são mais intensas no estado gasoso do que nos estados sólidos e liquido, em virtude de maior agitação.
b) são menos intensas no estado sólido do que no estados gasoso e liquido, em vista da estrutura cristalina.
c) não dependem do estado de agregação da substancia.
d) tem menor intensidade no estado gasoso
e) tem intensidade desprezível no estado sólido.

COMENTÁRIO

T1. O termo calor é usado para referir-se à energia em trânsito entre dois sistemas em diferentes temperaturas.

Resposta: **B**

T2. A transferência de calor entre dois corpos é determinada pela diferença de temperatura entre eles.

Resposta: **B**

T3. Não tem sentido expressões com "calor armazenado", "corpo acumula calor", "corpo armazenou calor", "calor nele contido". Calor é energia em trânsito.

Resposta: **C**

T4. A transferência de calor entre dois corpos é determinada pela diferença de temperatura entre eles.

Resposta: **B**

T5. Se os dois corpos estão em equilíbrio térmico, suas temperaturas são iguais. Então, quando postos em contato, não há transferência de calor entre eles; a temperatura não varia.

Resposta: **B**

T6. Os três corpos apresentam a mesma temperatura, uma vez que estão em equilíbrio.

Resposta: **B**

ANOTACÕES

( ) As escalas relativas são aquelas definidas a partir de dois estados térmicos arbitrários (dois estados térmicos de fácil reprodução, ditos 'pontos fixos', no qual temos o ponto de fusão e ponto de ebulição normalmente). São exemplos de escalas relativas Celsius e Fahrenheit.

( ) A menor temperatura a que os corpos podem chegar é chamada Zero absoluto, que corresponde a um ponto onde a agitação molecular é zero, ou seja, as moléculas ficam completamente em repouso.

02. Questão

Com o objetivo de recalibrar um velho termômetro com a escala totalmente apagada, um estudante o coloca em equilíbrio térmico, primeiro, com gelo fundente e, depois, com água em ebulição sob pressão atmosférica normal.

Em cada caso, ele anota a altura atingida pela coluna de mercúrio: 10,0cm e 30,0cm, respectivamente, medida sempre a partir do centro do bulbo. A seguir, ele espera que o termômetro entre em equilíbrio térmico com o laboratório e verifica que, nesta situação, a altura da coluna de mercúrio é de 18,0cm. Qual a temperatura do laboratório na escala Celsius deste termômetro?

a) 20 °C
b) 30 °C
c) 40 °C
d) 50 °C
e) 60° C

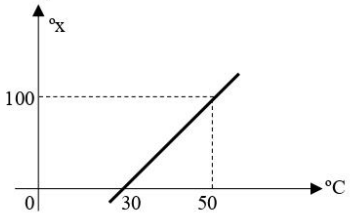
03. Questão

Na escala termométrica X, ao nível do mar, a temperatura do gelo fundente é -30°X e a temperatura de ebulição da água é 120°X. Determine

a) a equação de conversão entre as escalas.
b) a temperatura na escala Celsius que corresponde a 0°X.
c) a temperatura na escala Celsius que corresponde a -60°X.
d) a temperatura na escala Celsius que corresponde a 150°X.
e) a temperatura na escala X que corresponde a 50°C.

04. Questão

Uma escala de temperatura arbitrária X está relacionada com a escala Celsius, conforme o gráfico a seguir.



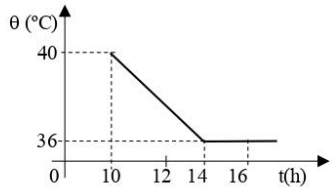
As temperaturas de fusão do gelo e ebulição da água, sob pressão normal, na escala X são, respectivamente:

a) -60 e 250
b) -100 e 200
c) -150 e 350
d) -160 e 400
e) -200 e 300.

ANOTACÕES

05. Questão

Um paciente foi internado em um hospital e apresentou o seguinte quadro de temperatura:



Determine a temperatura desse paciente que se apresentou às 12 horas, expressa na escala Fahrenheit.

06. Questão

Um pesquisador verifica que uma certa temperatura obtida na escala Kelvin é igual ao correspondente valor na escala Fahrenheit acrescido de 145 unidades. Esta temperatura na escala Celsius é:

a) 55°C.
b) 60°C.
c) 100°C.
d) 120°C.
e) 248°C.

07. Questão

Um termômetro graduado na escala Celsius (ºC) é colocado juntamente com dois outros, graduados nas escalas arbitrárias A (ºA) e B (ºB), em uma vasilha contendo gelo (água no estado sólido) em ponto de fusão, ao nível do mar. Em seguida, ainda ao nível do mar, os mesmos termômetros são colocados em outra vasilha, contendo água em ebulição, até atingirem o equilíbrio térmico. As medidas das temperaturas, em cada uma das experiências, estão indicadas nas figuras 1 e 2, respectivamente.

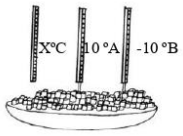


Figura I

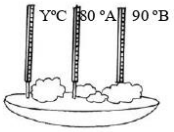


Figura II

Para outra situação, na qual o termômetro graduado na escala A indica 17º A, o termômetro graduado na escala B e o graduado na escala Celsius indicarão, respectivamente,

a) 0ºB e 7ºC
b) 0ºB e 10ºC
c) 10ºB e 17ºC
d) 10ºB e 27ºC
e) 17ºB e 10ºC

ANOTACÕES

08. Questão

Uma panela com água é aquecida de 25°C para 80°C. A variação de temperatura sofrida pela panela com água, nas escalas Kelvin e Fahrenheit, foi de:

a) 32K e 105°F.
b) 55K e 99°F.
c) 57K e 105°F.
d) 99K e 105°F.
e) 105K e 32°F.

Exercícios em casa

Para um bom aprendizado da física, o estudante deve inicialmente ler a teoria completa do capítulo, escrita pessoalmente pelo prof: Felipe Costa. Em seguida, deve rever todas as questões resolvidas em classe e que estão copiadas no seu caderno (o caderno é imprescindível!). Só então, o aluno deve partir para a fixação dos conceitos na lista de exercícios de casa. Sugestão: Tenha um caderno dividido em duas metades, uma para as questões de classe e a outra para as questões de casa. Às vésperas do vestibular, na hora da revisão, você verá como valeu a pena ter se organizado.

01. Questão

O texto a seguir foi extraído de uma matéria sobre congelamento de cadáveres para sua preservação por muitos anos, publicada no jornal O Estado de S. Paulo de 21.07.2002. Após a morte clínica, o corpo é resfriado com gelo. Uma injeção de anticoagulantes é aplicada e um fluido especial é bombeado para o coração, espalhando-se pelo corpo e empurrando para fora os fluidos naturais. O corpo é colocado numa câmara com gás nitrogênio, onde os fluidos endurecem em vez de congelar. Assim que atinge a temperatura de -321°, o corpo é levado para um tanque de nitrogênio líquido, onde fica de cabeça para baixo.

Na matéria, não consta a unidade de temperatura usada. Considerando que o valor indicado de -321° esteja correto e que pertença a uma das escalas, Kelvin, Celsius ou Fahrenheit, pode-se concluir que foi usada a escala

a) Kelvin, pois trata-se de um trabalho científico e esta é a unidade adotada pelo Sistema Internacional.
b) Fahrenheit, por ser um valor inferior ao zero absoluto e, portanto, só pode ser medido nessa escala.
c) Fahrenheit, pois as escalas Celsius e Kelvin não admitem esse valor numérico de temperatura.
d) Celsius, pois só ela tem valores numéricos negativos para a indicação de temperaturas.
e) Celsius, por tratar-se de uma matéria publicada em língua portuguesa e essa ser a unidade adotada oficialmente no Brasil.

Dica: veja a questão 1 de classe.

ANOTACÕES

02. Questão

O célebre físico irlandês Willian Thomson, que ficou mundialmente conhecido pelo título de Lorde Kelvin, entre tantos trabalhos que desenvolveu, "criou" a escala termométrica absoluta. Esta escala, conhecida por escala Kelvin, consequentemente não admite valores negativos, e, para tanto, estabeleceu como zero o estado de repouso molecular. Conceitualmente sua colocação é consistente, pois a temperatura de um corpo se refere à medida:

a) Da quantidade de movimento das moléculas do corpo.
b) Da quantidade de calor do corpo.
c) Da energia térmica associada ao corpo.
d) Do grau de agitação das moléculas do corpo.

03. Questão

Antes de medir a temperatura de um paciente, uma enfermeira verifica que o termômetro clínico indica 35°C. Em seguida, usando esse termômetro, ela mede a temperatura do paciente, encontrando o valor de 38°C.

Isso significa que:
a) o termômetro e o paciente têm a mesma quantidade de calor.
b) o paciente e o vidro do termômetro possuem o mesmo coeficiente de dilatação térmica.
c) o paciente e o mercúrio do termômetro possuem o mesmo coeficiente de dilatação térmica.
d) o termômetro e o paciente estão em equilíbrio térmico à temperatura de 38°C.
e) houve transferência de temperatura do paciente para o termômetro.

04. Questão

Ao tomar a temperatura de um paciente, um médico só dispunha de um termômetro graduado em graus Fahrenheit. Para se precaver, ele fez antes alguns cálculos e marcou no termômetro a temperatura correspondente a 40oC. Em que posição da escala de seu termômetro está essa marca?
a) 80°F.
b) 76°F.
c) 108°F.
d) 72°F.
e) 104°F.

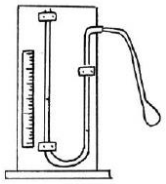
05. Questão

Um termômetro mal graduado na escala Celsius indica para a água, à pressão normal, o valor de 1°C para a fusão e o de 99°C para a ebulição. A única temperatura correta que esse termômetro poderá indicar é a de
a) 45 °C
b) 47 °C
c) 50 °C
d) 53 °C
e) 55 °C

ANOTACÕES

06. Questão

Um termoscópio é um dispositivo experimental, como o mostrado na figura, capaz de indicar a temperatura a partir da variação da altura da coluna de um líquido que existe dentro dele. Um aluno verificou que, quando a temperatura na qual o termoscópio estava submetido era de 10 °C, ele indicava uma altura de 5 mm. Percebeu ainda que, quando a altura havia aumentado para 25 mm, a temperatura era de 15 °C.



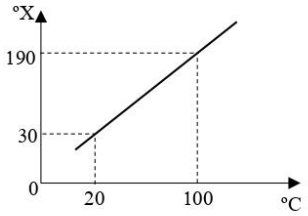
Quando a temperatura for de 20 °C, a altura da coluna de líquido, em mm, será de

a) 25.
b) 30.
c) 35.
d) 40.
e) 45.

Dica: veja a questão 2 de classe.

07. Questão

O gráfico abaixo estabelece a relação entre a escala termométrica X e a Celsius.



Na escala X, o valor correspondente a 40ºC é:

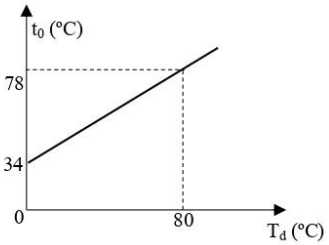
a) 60ºX
b) 65ºX
c) 70ºX
d) 75ºX
e) 80ºX

Dica: veja o exemplo resolvido 6.

08. Questão

Um cientista criou uma escala termométrica D que adota como pontos fixos o ponto de ebulição do álcool (78°C) e o ponto de ebulição do éter (34°C).

O gráfico abaixo relaciona esta escala D com a escala Celsius.



A temperatura de ebulição da água vale, em °D:

a) 44
b) 86
c) 112
d) 120
e) 160

Dica: veja o exemplo resolvido 6.

09. Questão

A temperatura, cuja indicação na escala Fahrenheit é 5 vezes maior que a da escala Celsius, é:

a) 50°C.
b) 40°C.
c) 30°C.
d) 20°C.
e) 10°C.

Dica: veja a questão 6 de classe

10. Questão

Para se medir a temperatura de um certo corpo, utilizou-se um termômetro graduado na escala Fahrenheit e o valor obtido correspondeu a 4/5 da indicação de um termômetro graduado na escala Celsius, para o mesmo estado térmico. Se a escala adotada tivesse sido a Kelvin, esta temperatura seria indicada por:

a) 305 K
b) 273 K
c) 241 K
d) 32 K
e) 25,6 K

Dica: veja a questão 6 de classe

11. Questão

Para medir a temperatura da água contida em um recipiente, faz-se uso de dois termômetros - um graduado na escala Celsius e outro, na escala Fahrenheit. A diferença entre as leituras dos dois termômetros é 80. Portanto, a temperatura da água na escala Celsius é:

a) 60ºC
b) 80ºC
c) 120ºC
d) 140ºC
e) 160ºC

Dica: veja o exemplo resolvido 3.

ANOTAÇÕES

ANOTACÕES

12. Questão

Durante certo experimento em águas profundas na Antártida, uma medição de temperatura foi realizada utilizando-se dois termômetros com escalas termométricas diferentes (°C e °F). Para espanto geral, os dois termômetros indicaram o mesmo valor numérico. O valor encontrado corresponde a:

a) -20°C ou -20°F.
b) -30°C ou -30°F.
c) -10°C ou -10°F.
d) -40°C ou -40°F.
e) -35°C ou -35°F.

13. Questão

O verão de 1994 foi particularmente quente nos Estados Unidos da América. A diferença entre a máxima temperatura do verão e a mínima no inverno anterior foi de 60°C. Qual o valor dessa diferença na escala Fahrenheit?

a) 108°F
b) 60°F
c) 140°F
d) 33°F
e) 92°F

Dica: veja a questão 8 de classe.

14. Questão

Um físico chamado Galileu Albert Newton encontrava-se em um laboratório realizando um experimento no qual deveria aquecer certa porção de água pura. Mediu a temperatura inicial da água e encontrou o valor 20 °C. Porém, como ele era muito desajeitado, ao colocar o termômetro sobre a mesa, acabou quebrando-o. Procurando outro termômetro, encontrou um graduado na escala Kelvin. No final do aquecimento, observou que a temperatura da água era de 348 K. Na equação utilizada por esse físico, a variação de temperatura deveria estar na escala Fahrenheit. O valor, em graus Fahrenheit, que ele encontrou para a variação de temperatura da água foi de:

a) 20 °F.
b) 66 °F.
c) 75 °F.
d) 99 °F.
e) 106 °F.

Dica: veja a questão 8 de classe.

15. Questão

Quando se mede a temperatura do corpo humano com um termômetro clínico de mercúrio em vidro, procura-se colocar o bulbo do termômetro em contato direto com regiões mais próximas do interior do corpo e manter o termômetro assim durante algum tempo, antes de fazer a leitura. Esses dois procedimentos são necessários porque:

a) o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque demanda sempre algum tempo para que a troca de calor entre o corpo humano e o termômetro se efetive.
b) é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo, e porque demanda sempre algum tempo para que a troca de calor entre o corpo humano e o termômetro se efetive.

ANOTACÕES

c) o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque é preciso evitar a interferência do calor específico médio do corpo humano.
d) é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo, e porque o calor específico médio do corpo humano é muito menor que o do mercúrio e o do vidro.
e) o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo.

16. Questão

Podemos caracterizar uma escala absoluta de temperatura quando
a) dividimos a escala em 100 partes iguais.
b) associamos o zero da escala ao estado de energia cinética mínima das partículas de um sistema.
c) associamos o zero da escala ao estado de energia cinética máxima das partículas de um sistema.
d) associamos o zero da escala ao ponto de fusão do gelo.
e) associamos o valor 100 da escala ao ponto de ebulição da água.

17. Questão

Com respeito a temperatura, assinale a afirmativa correta:
a) A escala Celsius é utilizada em todos os países do mundo e é uma escala absoluta. A escala Kelvin só é usada em alguns países por isso é relativa.
b) A Kelvin é uma escala absoluta, pois trata do estado de agitação das moléculas, e é usada em quase todos os países do mundo.
c) A escala Fahrenheit é uma escala absoluta e representa, realmente, a agitação das moléculas.
d) As escalas Celsius e Kelvin referem-se ao mesmo tipo de medida por isso são ditas escalas absolutas.
e) A escala Celsius é relativa ao ponto de fusão do gelo e de vapor da água e o intervalo é dividido em noventa e nove partes iguais.

18. Questão

No dia 1º, à 0 h de determinado mês, uma criança deu entrada num hospital com suspeita de meningite. Sua temperatura estava normal (36,5 °C). A partir do dia 1º, a temperatura dessa criança foi plotada num gráfico por meio de um aparelho registrador contínuo. Esses dados caíram nas mãos de um estudante de Física, que verificou a relação existente entre a variação de temperatura ($\Delta\theta$), em graus Celsius, e o dia (t) do mês. O estudante encontrou a seguinte equação:

$$\Delta\theta = -0{,}20t^2 + 2{,}4t - 2{,}2$$

A partir dessa equação, analise as afirmações dadas a seguir e indique a correta.
a) A maior temperatura que essa criança atingiu foi 40,5 °C.
b) A maior temperatura dessa criança foi atingida no dia 6.
c) Sua temperatura voltou ao valor 36,5 °C no dia 12.
d) Entre os dias 3 e 8 sua temperatura sempre aumentou.
e) Se temperaturas acima de 43 °C causam transformações bioquímicas irreversíveis, então essa criança ficou com problemas cerebrais.

ANOTACÕES

19. Questão

Na parede da sala de uma residência são colocados quatro termômetros, graduados nas escalas Celsius, Fahrenheit, Réaumur e Kelvin. Numericamente, qual deles apresentará maior leitura?

a) Fahrenheit.
b) Celsius.
c) Réaumur.
d) Kelvin.
e) Todos os termômetros apresentarão a mesma leitura.

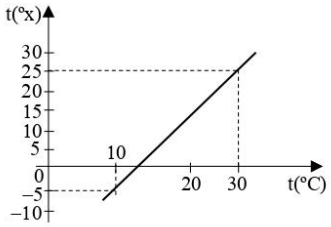
20. Questão

Um processo rápido para estimar valor em graus Celsius de uma temperatura fornecida em graus Fahrenheit é dividir o valor fornecido por dois e subtrair 16. Assim, 76 °F valeriam, aproximadamente, 22 °C. O erro dessa estimativa seria de:

a) 10%.
b) 15%.
c) 20%
d) 23%.
e) 25%.

21. Questão

O gráfico indicado a seguir representa a relação entre a temperatura medida numa escala X e a mesma temperatura medida na escala Celsius.



Para a variação de 1,0 °C, que intervalo vamos observar na escala X?

Exercícios de Revisão

01. Questão

Um turista, ao descer no aeroporto de Nova York, viu um termômetro marcando 68 °F. Fazendo algumas contas, esse turista verificou que essa temperatura era igual à de São Paulo, quando embarcara. A temperatura de São Paulo, no momento de seu embarque, era de:

a) 10 °C
b) 15°C
c) 20 °C
d) 25 °C
e) 28 °C

ANOTACÕES

02. Questão

No dia 1 de janeiro de 1997, Chicago amanheceu com a temperatura de 5 °F. Essa temperatura, na escala Celsius, corresponde a:

a) - 15 °C
b) - 10 °C
c) - 5 °C
d) 2 °C
e) 8 °C

03. Questão

Ao mergulhar-se, em água quente, um termômetro comum de haste de vidro com mercúrio, pode acontecer de a coluna de mercúrio sofrer uma pequena descida antes de principiar a subir. Isto pode ser explicado porque o(a):

a) coeficiente de dilatação do vidro é maior que o coeficiente de dilatação do mercúrio.
b) vidro que envolve o mercúrio se aquece um pouco antes de a temperatura do mercúrio começar a elevar-se.
c) volume do vidro é maior do que o volume do mercúrio.
d) mercúrio, ao dilatar-se, o faz de maneira anômala, semelhante à da água.
e) capacidade térmica do mercúrio é maior que a capacidade térmica do vidro.

04. Questão

Um médico americano, ao medir a temperatura de seu paciente, verifica que a indicação é de 104o F. Qual a temperatura deste paciente em ° C?

a) 25
b) 36,6
c) 39
d) 40
e) 42

05. Questão

Um médico durante uma consulta percebe que seu termômetro está com a escala apagada, então pede a sua secretária que enquanto ele examina o paciente, coloque o termômetro em contato com gelo fundente e logo depois com vapor d'água (pressão normal). Para cada medida, a secretária anota a altura atingida pela coluna de mercúrio como sendo 10 cm e 30 cm, respectivamente. Nesse meio tempo, o médico acha um outro termômetro e mede a temperatura do paciente: 36° C.

A secretária conseguiu calibrar corretamente o termômetro de escala apagada e verificou que a altura atingida pela coluna de mercúrio ao medir a temperatura do paciente era, em cm,

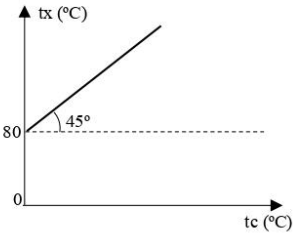
a) 6,7.
b) 17,2.
c) 18,0.
d) 20,7.

06. Questão

O gráfico a seguir representa a correspondência entre uma escala X e a escala Celsius. Os intervalos de um grau X e de um grau Celsius são representados nos respectivos eixos, por segmentos de mesmo comprimento. A expressão que relaciona essas escalas é:

ANOTACÕES

a) tx = (tc + 80)
b) (tc / 80) = (tx / 100)
c) (tc / 100) = (tx / 80)
d) tx = (tc - 80)
e) tx = tc



07. Questão

Um médico criou para uso próprio uma escala termométrica linear, adotando, respectivamente, -10,0°M e 190°M para os pontos de fusão do gelo e de ebulição da água sobre pressão normal. Usando um termômetro graduado nessa escala, ele mediu a temperatura de um paciente e encontrou o valor 68°M. A temperatura dessa pessoa na escala Celsius era:

a) 39°C
b) 38°C
c) 37,5°C
d) 37°C
e) 36,5°C

08. Questão

Um termômetro é encerrado dentro de um bulbo de vidro onde se faz vácuo. Suponha que o vácuo seja perfeito e que o termômetro esteja marcando a temperatura ambiente, 25°C. Depois de algum tempo, a temperatura ambiente se eleva a 30°C. Observa-se, então, que a marcação do termômetro:

a) eleva-se também, e tende a atingir o equilíbrio térmico com o ambiente.
b) mantém-se a 25°C, qualquer que seja a temperatura ambiente.
c) tende a reduzir-se continuamente, independente da temperatura ambiente.
d) vai se elevar, mas nunca atinge o equilíbrio térmico com o ambiente.
e) tende a atingir o valor mínimo da escala do termômetro.

09. Questão

Ao medir a temperatura de um corpo, verificou-se que a indicação na escala Fahrenheit excedia em 2 unidades o dobro da indicação na escala Celsius. Qual a temperatura deste corpo nas escalas Celsius e Fahrenheit?

10. Questão

A temperatura da cidade de Curitiba, em um certo dia, sofreu uma variação de 15°C. Na escala Fahrenheit, essa variação corresponde a:

a) 59
b) 45
c) 27
d) 18
e) 9

11. Questão

Em um termômetro, a temperatura (q) é medida em função do comprimento (h) da coluna de mercúrio. Observa-se que, para h = 1cm, tem-se q = 10°C e que, para h = 10cm, tem-se q = 28°C. Uma pessoa, medindo a temperatura de um objeto com esse termômetro, encontra o valor de 15°C. Então, o comprimento da coluna de mercúrio correspondente a essa temperatura vale, em centímetros:

a) 3,5
b) 4,0
c) 4,5
d) 5,0
e) 5,5

ANOTACÕES

GABARITO - CASA			
01. C	**07.** C	**13.** A	**19.**
02. D	**08.** D	**14.** D	**20.** 10%
03. D	**09.** B	**15.** B	**21.** A
04. E	**10.** A	**16.** B	
05. C	**11.** A	**17.** B	
06. E	**12.** D	**18.** 6	

GABARITO - REVISÃO		
01. C	**06.** A	**11.** A
02. A	**07.** A	**12.**
03. B	**08.** A	**13.**
04. D	**09.** $\theta_c = 150\ ^oC$ e $\theta_F = 302\ ^oF$	**14.**
05. B	**10.** C	**15.**

Aqui você tem um gabarito especialmente comentado das questões para casa!!! Aproveite!!

RESOLUÇÃO COMENTADO

01. Questão

Os menores valores de temperatura nas escalas Celsius e Kelvin são, respectivamente, $-273\ ^oC$ e 0 K. Portanto, só podemos ter -321^o na escala Fahrenheit, pois as escalas Celsius e Kelvin não admitem esse valor numérico de temperatura.

Tomando por base o zero absoluto (0, K), vamos determinar seu valor correspondente nas demais escalas:

Celsius

$\theta\ (^oC) = T(K) - 273\ \theta_C = 0 - 273$

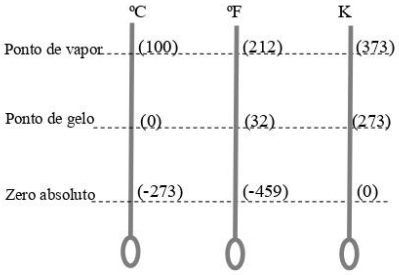
$\boxed{\theta_C = -273^oC}$

Fahrenheit

$$\frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{T - 273}{5} \Rightarrow \frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{0 - 273}{5}$$

$\boxed{\theta_F = -459^oF}$

Observação: Para o aluno visualizar melhor, faça no quadro-de-giz o seguinte esquema:



04. Questão

$\frac{T_C}{5}=\frac{T_F-32}{9}$; $P/T_C=40°C$

$\frac{40}{5}=\frac{T_F-32}{9}$

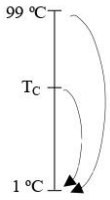
$8=\frac{T_F-32}{9}$

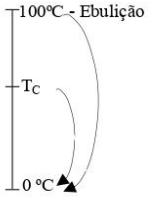
$72=T_F-32$

$\boxed{T_F=104°F}$

05. Questão

1 ºC (Fusão) 99 ºC (Ebulição)





$\frac{T_C-1}{99-1}=\frac{T_C-0}{100-0}$

$\frac{T_C-1}{98}=\frac{T_C}{100}$

$\frac{T_C-1}{49}=\frac{T_C}{50}$

$50T_C-50=49T_C$

$50T_C-49T_C=50$

$\boxed{T_C=50°C}$

06. Questão

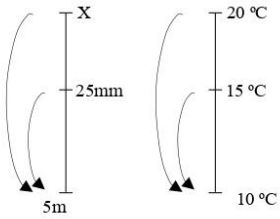
$\frac{25-5}{x-5}=\frac{15-10}{20-10}$

$\frac{20}{x-5}=\frac{5}{10}$

$\frac{20}{x-5}=\frac{1}{2}$

$40=x-5$

$\boxed{x=45°mm}$



07. Questão

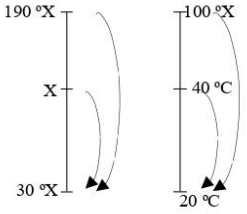
$\frac{x-30}{190-30}=\frac{40-20}{100-20}$

$\frac{x-30}{160}=\frac{20}{80}$

$\frac{x-30}{160}=\frac{1}{4}$

$x-30=40$

$\boxed{x=70°x}$

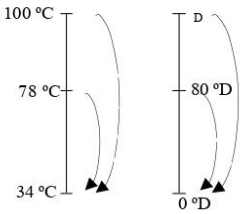


08. Questão

$\frac{78-34}{100-34}=\frac{80-0}{D-0}$

$\frac{44}{66}=\frac{80}{D}$

$\boxed{D=120°D}$



09. Questão

$\boxed{T_F=5T_C}$

$\frac{T_C}{5}=\frac{T_F-32}{9}$

$\frac{T_C}{5}=\frac{5T_F-32}{9}$

$9T_C=25T_C-160$

$160=25T_C-9T_C$

$160=16T_C$

$\boxed{T_C=10°C}$

11. Questão

$$\boxed{T_F - T_C = 80} \Rightarrow \underline{T_F = T_C + 80}$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_C + 80 - 32}{9}$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_C + 48}{9}$$

$$9T_C = 5T_C + 240$$

$$4T_C = 240$$

$$\boxed{T_C = 60°C}$$

12. Questão

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9};\ T_C = T_F$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_C - 32}{9}$$

$$9T_C = 5T_C - 160$$

$$4T_C = 160$$

$$\boxed{T_C = 40°C}$$

$$\frac{-40}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

$$-8 = \frac{T_F - 32}{9}$$

$$-72 = T_C - 32$$

$$\boxed{T_F = 40°F}$$

13. Questão

$$\frac{\Delta T_C}{5} = \frac{\Delta T_F}{9}$$

$$\frac{60}{5} = \frac{\Delta T_F}{9}$$

$$\boxed{\Delta T_F = 108°F}$$

14. Questão

Transformando-se 348 K para a escala Celsius, temos?

$\theta(°C) = T(K) - 273$

$\theta_C = 348 - 273 \Rightarrow \theta_C = 75\ °C$

A variação de temperatura sofrida pela água é:

$\Delta\theta_C = (75 - 20)\ °C \Rightarrow \Delta\theta_C = 55\ °C$

Como:

$$\frac{\Delta\theta_C}{100} = \frac{\Delta\theta_F}{180}$$

Então:

$$\frac{55}{100} = \frac{\Delta\theta_F}{180} \Rightarrow \boxed{\Delta\theta_F = 90°F}$$

Resposta: D

15. Questão

Por meio da transpiração, a pele regula a temperatura interna do corpo humano. Assim, para obter o valor dessa temperatura, devemos introduzir o termômetro em uma das aberturas do corpo, como, por exemplo, a boca. O termômetro deve ficar algum tempo em contato com o corpo para que a transferência de calor possa proporcionar o equilíbrio térmico entre o mercúrio (do termômetro) e o interior desse corpo humano.

18. Questão

$\Delta\theta = -0{,}2t^2 + 2{,}4t - 2{,}2$

Achando as raízes dessa equação, temos:

$0 = -0{,}2t^2 + 2{,}4t - 2{,}2$

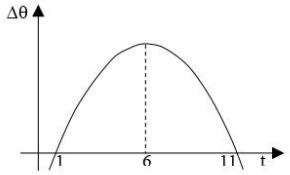
$T^2 - 12t + 11 = 0$

$$t = \frac{-(-12) \pm \sqrt{(-12)^2 - 4(1)(11)}}{2(1)}$$

$t \nearrow 1$

$t \searrow 11$

Como originalmente o coeficiente do termo t^2 é negativo, a parábola tem concavidade voltada para baixo:



Portanto, a máxima ocorre no dia 6, ponto médio entre 1 e 11.

Nota: Outra forma de resolver o problema é usar derivadas.

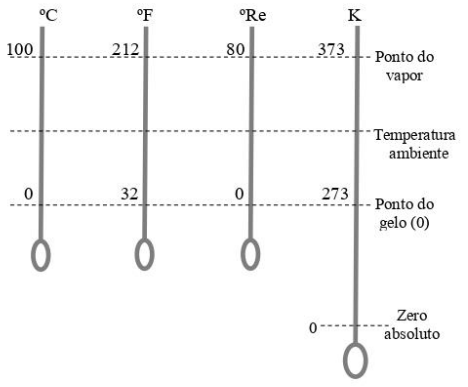
$$\frac{d\Delta\theta}{dt} = -0{,}4t + 2{,}4$$

No ponto máxima da função, a sua derivada é nula.

$0 = -0{,}4t + 2{,}4 \Rightarrow \boxed{t = 6}$

19. Questão

No esquema, podemos observar que o maior valor numérico, para a temperatura ambiente, é obtido na escala Kelvin.



20. Questão

Aplicando a fórmula de conversão entre as escalas Celsius e Fahrenheit, temos:

$$\frac{\theta_C}{5}=\frac{\theta_F-32}{9}\Rightarrow\frac{\theta_C}{5}=\frac{76-32}{9}=\frac{44}{9}$$

$$\theta_C=24,4\,°C$$

Pelo processo citado no texto, o valor obtido seria 22 ºC. Assim, o erro vale:

$$\Delta\theta=24,4-22(°C)\Rightarrow\Delta\theta=2,4(°C)$$

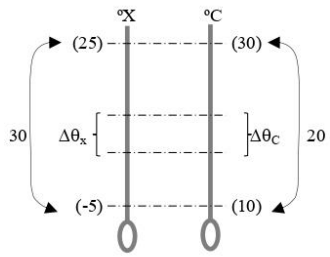
Portanto:

$$24,4\,°C\rightarrow100\%$$

$$2,4\,°C\rightarrow x\%$$

$$x=\frac{100\cdot2,4}{24,4}\Rightarrow\boxed{x=9,8\%=10\%}$$

21. Questão



Resposta: a

$$\frac{\Delta\theta_x}{30}\ \frac{\Delta\theta_C}{20}$$

Para $\Delta\theta_C = 1,0$ ºC, temos:

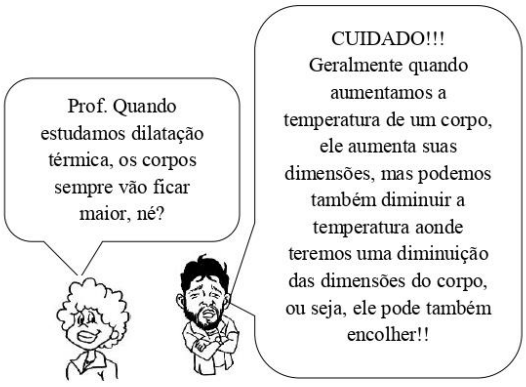
$$\frac{\Delta\theta_x}{30}\ \frac{1,0}{20}\Rightarrow\boxed{\Delta\theta_x=1,5\,°x}$$

DILATAÇÃO TÉRMICA

Introdução ao conceito de dilatação térmica

Geralmente, quando a temperatura de um corpo aumenta, suas dimensões também aumentam. A esse fenômeno dá-se o nome de **dilatação térmica**. Por outro lado, quando a temperatura de um corpo diminui, suas dimensões também diminuem, em virtude disso, temos a **contração térmica**.

A dilatação de um corpo pelo aumento de temperatura é consequência do aumento da agitação das partículas constituintes do corpo – sejam elas átomos, moléculas ou íons, de acordo com o material. As colisões entre essas partículas tornam-se mais violentas após o aquecimento, o que causa uma separação maior entre elas.



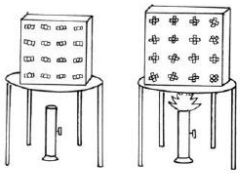
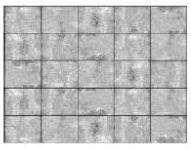


Figura 1 **Figura 2**

Observe na Figura 1, um corpo inicialmente frio. Após o aquecimento Figura 2, suas dimensões aumentaram em virtude do aumento de temperatura, as respectivas moléculas se afastaram mais uma das outras.

Muitos fatos de observação comum indicam a ocorrência desse fenômeno: maior dificuldade de se abrir um portão num dia muito quente, a estratégia de se aquecer o gargalo de uma garrafa para a retirada da rolha, etc.

Em muitas situações, torna-se necessário compensar os efeitos da dilatação. Assim, quando se faz um cimentado, as placas de concreto devem ser separadas por ripas de madeira ou de plástico (juntas de dilatação), que sendo compressíveis "absorvem" a dilatação.



Placas de concreto separadas para evitar rachaduras por dilatação térmica.

AUTO TESTE 01

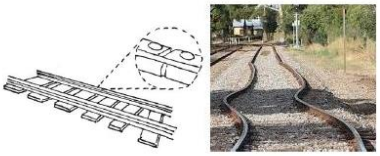
O avião supersônico Concorde é 20 cm mais comprido quando está voando. Isso faz sentido? Proponha uma explicação para isso.

AUTO TESTE 02

Como funcionaria um termômetro, se o vidro dilatasse mais do que o mercúrio, com o aumento da temperatura?

Os materiais usados para a obturação de dentes e os dentes possuem coeficientes de dilatação térmica diferentes. Assim, do ponto de vista físico, por que pode ser prejudicial aos dentes ingerirmos bebidas muito quentes ou muito geladas? Se a obturação dilatar mais, o dente pode quebrar. Se dilatar menos, podem ocorrer infiltrações. Legal, né? ☺

Do mesmo modo, em estradas de ferro é necessário que as barras de trilhos fiquem separadas por um espaço para permitir a dilatação.



Observe que deve existir um certo espaço livre entre os trilhos por precaução em virtude da dilatação térmica. Caso não exista esse espaço, um trilho exerce uma força sobre o outro ao dilatar-se, causando uma deformação na estrutura.

Nas grandes obras da construção civil, a dilatação térmica não pode ser negligenciada. Cálculos muito exatos têm de ser feitos levando em conta esse fenômeno, havendo comumente a necessidade de dispositivos especiais que permitam a livre expansão dos materiais,

sem a qual toda a estrutura poderia ficar prejudicada, até mesmo com riscos de rachaduras, quebras e desabamentos.

Dilatação Térmica dos Sólidos

O estudo da dilatação térmica dos sólidos é experimental. Para facilitar esse estudo, vamos dividir a dilatação dos sólidos em três tipos, conforme o número de dimensões que são analisadas. Quando se analisa uma única dimensão, estamos estudando a dilatação linear. Para duas dimensões, temos a dilatação superficial e, para as três dimensões, a dilatação volumétrica ou cúbica.

RESPOSTA DO AUTO TESTE 01

Faz sentido sim! ☺ Em velocidade de cruzeiro (mais rápida do que o som), o atrito do ar sobre o avião Concorde eleva sua temperatura drasticamente, o que resulta em uma dilatação térmica significativa.

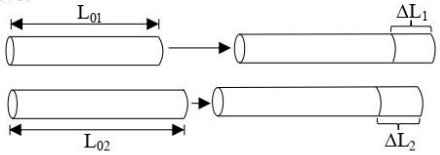
RESPOSTA DO AUTO TESTE 02

A escala teria que ser invertida, ficando de cabeça para baixo. Você consegue perceber por quê? ☺

Dilatação Linear – (Uma Dimensão)

Através de experiências é possível verificar que a variação do comprimento de uma barra (ΔL) depende do seu comprimento inicial L_0, da variação de temperatura $\Delta\theta$ e do material de qual a barra é feita.

Considere duas barras de metal, feitas de um mesmo material, que apresentam, numa temperatura inicial θ_i, comprimentos iniciais diferentes L_{01} e L_{02}. Verificamos que, sofrendo ambas a mesma variação de temperatura $\Delta\theta$, dilata-se mais a barra que possui maior comprimento inicial, isto é, sendo $L_{02} > L_{01}$, temos que $\Delta L_2 > \Delta L_1$, observe:



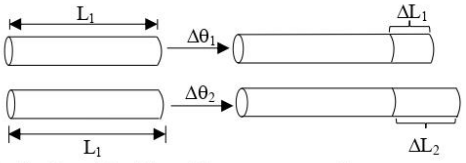
Sendo $L_{02} > L_{01}$, $\Delta L_1 > \Delta L_2$ para o mesmo $\Delta\theta$.

Verificamos que é possível estabelecer uma relação entre essas grandezas físicas. Considere $\mathbf{k_1}$ como sendo a constante de proporcionalidade, podemos então escrever:

$$\Delta L = \mathbf{k_1} \cdot L_0 \qquad (I)$$

A variação de comprimento ΔL de uma barra que sofre aquecimento é diretamente proporcional ao seu comprimento inicial L_0.

Considere, em seguida, duas barras do mesmo material que apresentam o mesmo comprimento inicial L_i na temperatura inicial θ_1. Sofrendo variações de temperatura diferentes, verificamos que se dilata mais a barra submetida a maior variação de temperatura. Então, sendo $\Delta\theta_2 > \Delta\theta_1$, temos $\Delta L_2 > \Delta L_1$. Podemos estabelecer, dentro de certos limites, que a variação de comprimento ΔL é, nas condições da experiência, diretamente proporcional à variação de temperatura $\Delta\theta$.



Sendo $\Delta\theta_2 > \Delta\theta_1$, $\Delta L_2 > \Delta L_1$ para o mesmo L_1.

Chamando de $\mathbf{k_2}$ a constante de proporcionalidade, podemos escrever:

$$\Delta L = \mathbf{k_2} \cdot \Delta\theta \qquad (II)$$

A variação de comprimento ΔL de uma barra que sofre aquecimento é diretamente proporcional à variação de temperatura $\Delta\theta$.

Analisando as equações (I) e (II), podemos estabelecer que, para um mesmo material, a variação de comprimento ΔL da barra, quando ela se dilata, é diretamente proporcional ao produto do comprimento inicial L_0 pela variação de temperatura $\Delta\theta$, valendo escrever:

$$\Delta L = \alpha . L_0 . \Delta\theta$$

Sendo $\alpha = k_1 . k_2$, temos que a constante de proporcionalidade α que comparece nessa equação, que traduz a lei da dilatação linear, é denominada *coeficiente de dilatação linear* do material.

A variação de comprimento ΔL de uma barra que sofre aquecimento depende do material que a constitui.

Logo, temos:

$$\Delta L = \alpha . L_0 . \Delta\theta$$

Onde:

ΔL: variação do comprimento
L_0: comprimento inicial
$\Delta\theta$: variação de temperatura
α: coeficiente de dilatação linear

Observações: ☺

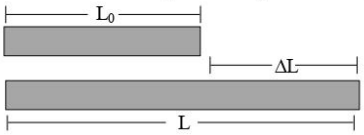
1. A unidade em que se exprime α é o inverso do grau correspondente à escala considerada. Por exemplo, se estivermos trabalhando na escala Celsius, α é expresso na unidade $^oC^{-1}$.
2. O coeficiente de dilatação α é um número da ordem de 10^{-6}, ou seja, da ordem de milionésimos. Por isso, nas considerações teóricas, abandonamos as potências de α superiores à primeira; com isto estaremos cometendo um erro não ensurável experimentalmente.

AUTO TESTE 03

Por que nas oficinas mecânicas é muito comum vermos os mecânicos aquecerem uma porca para retirá-la?

Cálculo do comprimento final

Podemos escrever uma equação para a dilatação que fornece o comprimento final da barra em função do comprimento inicial e da variação de temperatura. Veja:



A variação do comprimento corresponde à diferença $\Delta L = L - L_0$. Como $\Delta L = L_0.\alpha.\Delta\theta$, temos:

$$\Delta L = L_0.\alpha.\Delta\theta$$
$$L - L_0 = L_0.\alpha.\Delta\theta$$

Daí, passando L_0 para o outro lado da equação e invertendo o sinal:

$$L = L_0.\alpha.\Delta\theta + L_0$$

Colocando L_0 em evidência, temos:

$$L = L_0.(1 + \alpha.\Delta\theta)$$

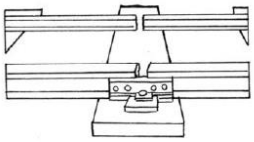
O termo adimensional ($1 + \alpha.\Delta\theta$) constitui o binômio de dilatação linear do material para a variação de temperatura $\Delta\theta$.

RESPOSTA DO AUTO TESTE 03

Porque, ao aquecermos a porca, ela se dilata, aumentando o seu diâmetro interno. Como a quantidade de calor fornecida é pequena, ele não é transferido para o parafuso e este não se dilata. Assim, a folga entre os dois é aumentada, facilitando o deslocamento da porca.

Exemplo Resolvido 1

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 $=1{,}1\cdot10^{-5}{}^oC^{-1}$

Resolução

$\Delta L = L_0\ \alpha\ .\ \Delta\theta$

Como:
$L_0 = 0m = 10\ 000$ mm
Vem:
$\Delta L = 10\ 000\ .\ 1{,}1\ .\ 10^{-5}\ .\ (50 - 10)$

$\Delta L = 4{,}4$ mm

AUTO TESTE 04

Qual a vantagem dos recipientes de vidro *pyrex*, comparados aos de vidro comum ?

Questão rápida

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:

a) o calor específico do pirex é menor que o do vidro comum;
b) o calor específico do pirex é maior que o do vidro comum;
c) para aquecimentos iguais, o vidro comum sofre maior variação de temperatura;
d) o coeficiente de dilatação do vidro comum é menor que o do vidro pirex;
e) o coeficiente de dilatação do vidro comum é maior que o do vidro pirex.

Comentário

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.

Resposta: e

RESPOSTA DO AUTO TESTE 04

Pois é, agora fica mais fácil responder, né?!? Os dois tipos de vidro são maus condutores de calor, mas o vidro pyrex tem coeficiente de dilatação menor que o vidro comum, isto é ele se dilata ou contrai menos quando a temperatura aumenta ou diminui. Quando um recipiente é usado para assar ou cozer alimentos, sua superfície externa se aquece, em contato com o ar quente do forno ou com a chama do fogão, e se dilata. O calor não se propaga facilmente para o interior, e este não se dilata ao mesmo tempo que o exterior. No recipiente de vidro comum, a diferença entre as dimensões das duas superfícies faz com que ele se quebre. O vidro pyrex dilatará menos com o calor, e as diferenças serão acomodadas sem danos para o recipiente. ☺

Questão rápida

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:

a) reduziu-se a força de coesão entre as moléculas do metal e do vidro;
b) reduziu-se a pressão do ar no interior do recipiente;
c) houve redução da tensão superficial existente entre o vidro e o metal;
d) o coeficiente de dilatação do metal é maior que o do vidro;
e) o coeficiente de dilatação do vidro é maior que o do metal.

Comentário

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.

Resposta: d

Exemplo Resolvido 2

Uma barra metálica, inicialmente à temperatura de 20 °C, é aquecida até 260 °C e sofre uma dilatação igual a 0,6% de seu comprimento inicial. Qual o coeficiente de dilatação linear médio do metal nesse intervalo de temperatura?

Resolução

$L_0 \rightarrow 100\%$

$\Delta L \rightarrow 0{,}6\%\ \varphi \ \Rightarrow \Delta L = \frac{0.6L_0}{100}$

Como:

$\Delta L = L_0\,\alpha\,.\,\Delta\theta,$

Então:

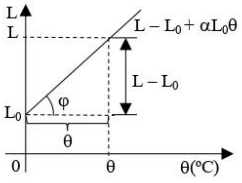
$\frac{0.6.L_0}{100} = L_0\,\alpha\,.\,\Delta\theta$

$6\,.\,10^{-3} = \alpha\,.\,(260 - 20)$

$\boxed{\alpha = 2{,}5.10^{-5}\,°C^{-1}}$

Gráficos

Vamos imaginar uma experiência na qual uma barra de comprimento inicial L_0 é elevada a partir de 0º C, para temperaturas sucessivamente maiores como, por exemplo, 5º C, 10º C, 15º C, 20º C,... 50º C. Se anotarmos o comprimento L da barra para cada temperatura e lançarmos no diagrama (L, θ) obteremos uma curva que, para um intervalo pequeno de temperatura, pode ser confundida com uma reta valendo a expressão $L = L_0.(1 + \alpha.\Delta\theta)$

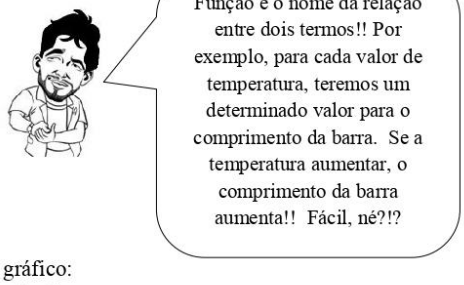


Como $\Delta\theta = (\theta - \theta_0)$, temos

$L = L_0[1 + \alpha(\theta - \theta_0)]$, Se $\theta_0 = 0ºC$, vem

$\boxed{L = L_0 + \alpha L_0\theta}$

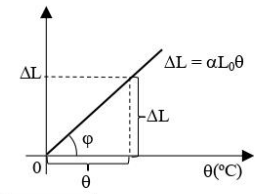
Que é uma função do primeiro grau.



No gráfico:

$tg\varphi = \frac{L - L_0}{\theta} = \alpha.L_0$ constitui o coeficiente angular da reta.

De $\Delta L = \alpha.L_0(\theta - \theta_0)$, se $\theta_0 = 0ºC$, vem:

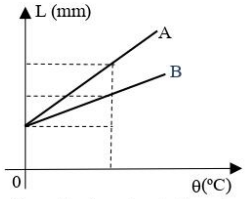


$$\boxed{\Delta L = \alpha L_0 \theta}$$

Que é uma função linear.

No seu gráfico $tg\varphi = \frac{\Delta L}{\theta} = \alpha . L_0$ que constitui o coeficiente angular da reta.

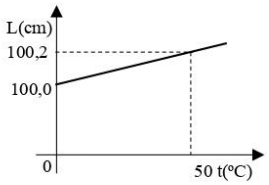
Observe que para barras de mesmo comprimento inicial, teremos um maior ângulo (maior inclinação) com a barra que variar mais seu comprimento, ou seja, com a barra que se dilatar mais. Veja:



Como a inclinação da reta A é maior do que a reta B, quando sujeitas a mesma variação de temperatura, podemos concluir que a barra A dilata mais do que a barra B, ou seja, $\Delta L_A > \Delta L_B$. Concluindo assim que $\alpha_A > \alpha_B$.

Exemplo Resolvido 3

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:

$\Delta L = L0\ \alpha\Delta\theta$

$100,2 - 100,0 = 100,0\ .\ \alpha\ .\ (50 - 0)$

$0,2 = 5000\ .\ \alpha$

$$\boxed{\alpha = 4.0.10^{-5}\,°C^{-1}}$$

Legal, né? ☺

Questão rápida

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:

a) os copos emperrados forem mergulhados em água bem quente.
b) no copo interno for despejada água quente e o copo externo for mergulhado em água bem fria.
c) os copos emperrados forem mergulhados em água bem fria.
d) no copo interno for despejada água fria e o copo externo for mergulhado em água bem quente.
e) não é possível separar os dois copos emperrados considerando o efeito da dilatação térmica.

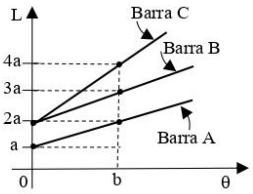
Comentário

Colocando-se água fria no copo interno e mergulhando-se o copo externo em água quente, o externo dilata-se e o interno contrai-se, ocorrendo a separação entre eles.

Resposta: d

Exemplo Resolvido 4

Considere três barras metálicas homogêneas A, B e C. O gráfico a seguir representa o comprimento das barras em função da temperatura.



Os coeficientes de dilatação linear das barras A, B e C valem, respectivamente, α_A, α_B e α_C.

A relação entre α_A, α_B e α_C é:

a) $\alpha_A = \alpha_B = \alpha_C$.
b) $\alpha_A = \alpha_B = \frac{\alpha_C}{2}$.
c) $\alpha_A = \alpha_B = \alpha_C$.
d) $\alpha_A = \alpha_C = 2\alpha_B$.
e) $\alpha_A = \alpha_C = \frac{\alpha_B}{2}$.

Resolução:

$\Delta L = L_0\ \alpha\Delta\theta$

Para a barra **A**: $(2a - a) = a\ \alpha_A(b - 0)$

$$a = a\alpha_A\, b \Rightarrow \alpha_A = \frac{1}{b}$$

Para a barra **B**: $(3a - 2a) = 2a\ \alpha_B(b - 0)$

$$a = 2a\alpha_B\, b \Rightarrow 2\alpha_B = \frac{1}{b}$$

Então: $\alpha_A = 2\alpha_B$

Para a barra **C**: $(4a - 2a) = 2a\ \alpha_C(b - 0)$

$$2a = 2a\alpha_C b \Rightarrow \alpha_C = \frac{1}{b}$$

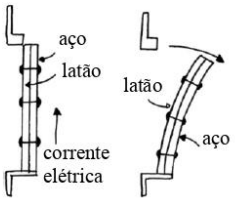
Portanto:

$$\boxed{\alpha_A = \alpha_C = 2\alpha_B}$$

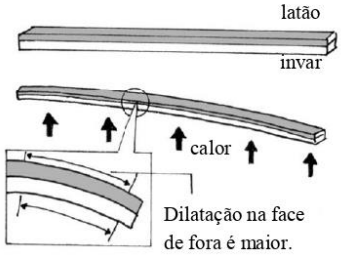
Lâmina bimetálica

Chama-se lâmina bimetálica o conjunto constituído de duas tiras metálicas, de materiais com diferentes coeficientes de dilatação, soldadas ou rebitadas entre si. O comportamento do conjunto quando aquecido torna-o de grande aplicação prática.

Consideremos duas chapas de metais distintos (por exemplo aço e latão), com diferentes coeficientes de dilatação. Sendo assim, para uma mesma variação de temperatura a dilatação de uma delas é maior (latão) que a dilatação da outra (aço). Isso porque o coeficiente de dilatação linear do latão é maior do que o coeficiente de dilatação do aço. Como as tiras de metal estão rigidamente unidas, aparecem nas chapas tensões térmicas que obrigam o par a curvar-se para o lado da chapa de menor coeficiente de dilatação. Se resfriássemos o par, ele se curvaria para o lado da chapa de maior coeficiente de dilatação. Ao serem aquecidas, as placas aumentam seu comprimento de forma desigual, fazendo com que esta lâmina soldada entorte. Na figura, o aquecimento é obtido através da passagem de corrente elétrica pela lâmina:



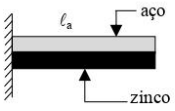
Observe que sempre quem está por fora de uma curva, é maior. No entanto lembre-se também que o material cujo coeficiente de dilatação térmica é maior, sofrerá uma maior variação de comprimento, seja ficando maior ou menor.



Lembre-se da pista de atletismo viu?!?! Parece que o corredor que esta na extremidade vai percorrer uma distância bem maior né? Mas para ser justo, ele começa mais na frente!! ☺

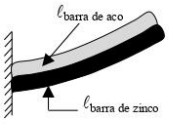
Observe que as marcas de largada nas curvas não são umas lado a lado com as outras. Como o corredor que está na extremidade vai percorrer uma distância maior, ele começa um pouco mais na frente para ser uma corrida justa. ☺

Considere uma lâmina bimetálica formada por aço e zinco.



Temperatura ambiente

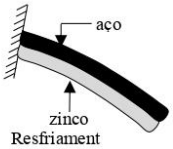
Se $\alpha_{ZINCO} > \alpha_{AÇO}$, temos que ao aquecer o conjunto, a barra de zinco vai dilatar mais do que a barra de aço, ficando maior a barra por fora (zinco), então o conjunto adquire a seguinte configuração:



Aquecimento

(conjunto ao ser aquecido)

Porém, com esse mesmo conjunto, se resfriarmos, a barra de zinco vai comprimir mais do que a barra de aço, pois $\alpha_{ZINCO} > \alpha_{AÇO}$. Ficando a maior barra por fora (aço), logo quem está por fora é maior, o conjunto adquire a seguinte configuração:

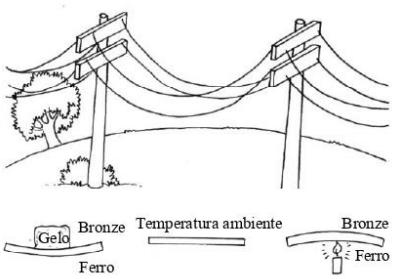


Resfriament

(conjunto ao ser resfriado)

AUTO TESTE 05

Por que os cabos elétricos que conduzem a eletricidade não são inteiramente esticados?



Uma tira bimetálica. Sob aquecimento, o bronze dilata mais do que o ferro, e contrai mais do que este sob resfriamento. Por causa desse comportamento, a tira verga como mostrado na figura.

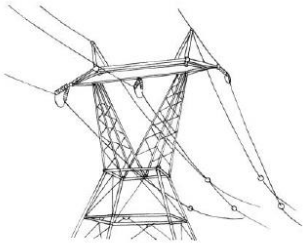
As lâminas bimetálicas são encontradas principalmente em dispositivos elétricos e eletrônicos, já que a corrente elétrica causa aquecimento dos condutores, que não podem sofrer um aquecimento maior do que foram construídos para suportar.

RESPOSTA DO AUTO TESTE 05

Os cabos elétricos não são completamente esticados por causa da dilatação linear. Essa catenária, "barriga", deixada no fio, permite que ele se contraia ou dilate, o que é determinado pelas condições climáticas do local. Assim, ao deixar essa folga entre dois postes, evitamos uma tração e uma possível ruptura no fio, quando ele diminui de comprimento com a diminuição da temperatura. Interessante, hein ?!? ☺

Curiosidade!

O que são aquelas bolas de basquete nos fios de alta tensão? Eu mesmo viajando sempre me perguntava sobre essas bolas. Jovem curioso. ☺



Enquanto as bolas de basquete se chamam bolas de basquete, as esferas sinalizadoras se chamam esferas sinalizadoras. Esferas sinalizadoras servem para que pilotos de aviões, helicópteros, balões e discos voadores vejam com antecedência que ali há uma rede de alta tensão. Assim, eles possuem mais tempo e espaço para balizar a aeronave e não bater no fio. Bolas de basquete servem basicamente para jogar basquete. As bolas de basquete são feitas de couro ou de borracha, já as esferas sinalizadoras são feitas de resina de poliéster e reforçadas com fibra de vidro. A arquitetura dessas esferas é pensada para que elas sejam resistentes a granizo, raios, chuva e sol. As esferas sinalizadoras parecem pequenas aqui de baixo, mas elas possuem cerca de 60 cm de diâmetro, mais que o dobro de uma bola de basquete, que tem, em média, 26 cm de diâmetro.

Questão rápida

Duas lâminas, feitas de materiais diferentes e soldadas longitudinalmente entre si, irão se curvar quando aquecidas, porque possuem diferentes:

a) coeficientes de dilatação térmica;
b) densidades;
c) pontos de fusão;
d) capacidades térmicas;
e) massas.

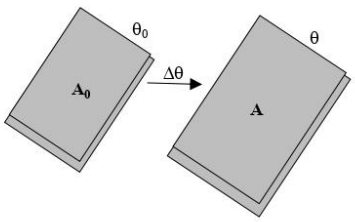
Comentário

As lâminas se curvam porque uma delas dilata mais que a outra. Se elas possuem mesmo comprimento inicial, terão coeficientes de dilatação diferentes.

Resposta: a

Dilatação Superficial – (Duas Dimensões)

Esta forma de dilatação consiste em um caso onde há dilatação linear em duas dimensões.
Considere, por exemplo, uma peça quadrada de lados L_0 que é aquecida uma temperatura $\Delta\theta$, de forma que esta sofra um aumento em suas dimensões, mas como há dilatação igual para os dois sentidos da peça, esta continua quadrada, mas passa a ter lados L.



Podemos estabelecer que:

$$A_0 = L_0^2$$

assim como:

$$A = L^2$$

E relacionando com cada lado podemos utilizar:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$
$$L - L_0 = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$
$$L = L_0 + L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$
$$L - L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$$

Para que possamos analisar as superfícies, podemos elevar toda a expressão ao quadrado, obtendo uma relação com suas áreas:

$$L^2 = L_0^2 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)^2$$
$$A = A_0 \cdot (1 + 2 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta + \alpha^2 \cdot \Delta\theta^2)$$

Mas a ordem de grandeza do coeficiente de dilatação linear *(α)* é 10^{-5}, o que ao ser elevado ao quadrado passa a ter grandeza 10^{-10}, sendo imensamente menor que *α*. Como a variação da temperatura (Δθ) dificilmente ultrapassa um valor de 10³ºC para corpos no estado sólido, podemos considerar o termo $\alpha^2\Delta\theta^2$ desprezível em comparação com 2aΔθ, o que nos permite ignorá-lo durante o cálculo, assim:

$$A = A_0 \cdot (1 + 2 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta)$$

Mas, considerando-se:

$$2\alpha = \beta$$

Onde, β é o coeficiente de dilatação superficial de cada material, têm-se que:

$$A = A_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta\theta)$$
$$A = A_0 + A_0 \cdot \beta \cdot \Delta\theta$$
$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta\theta$$

Onde:

ΔA: variação da área
A_0: área inicial
β: coeficiente de dilatação superficial
Δθ: variação da temperatura

Observe que esta equação é aplicável para qualquer superfície geométrica, desde que as áreas sejam obtidas através das relações geométricas para cada uma, em particular (circular, retangular, trapezoidal, etc.).

Exemplo Resolvido 6

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 níquel = $12,5 \cdot 10^{-6}$ $ºC^{-1}$

Resolução:
A expressão simplificada da dilatação superficial é:

$$\Delta A = A_0\beta\Delta\theta$$

Sendo:

$$\Delta A = 0,01A_0$$
$$\beta = 2\alpha = 25 \cdot 10^{-6}\ ºC^{-1}$$
$$\Delta\theta = \theta - 20$$

temos:

$$0,01A_0 = A_0\ 25 \cdot 10^{-6}\ (\theta - 20)$$
$$400 = \theta - 10 \Rightarrow \boxed{\theta = 420°C}$$

Exemplo Resolvido 7

Uma moeda, fabricada com níquel puro, está à em uma chapa de latão, a 0 °C, fez-se um orifício circular de 20,0 cm de diâmetro. Determine o acréscimo de área que o orifício sofre quando a temperatura da chapa é elevada a 250 °C.
Dado: coeficiente de dilatação linear do latão = $2 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$

Resolução:
Como o orifício é de forma circular, a 0 ºC sua área é calculada por:

$$A_0 = \pi R_0^2 \Rightarrow A0 = 3,14 \cdot 10,0^2$$
$$A_0 = 314\ cm^2$$

Usando a expressão simplificada da dilatação superficial:

$$\Delta A = A_0\beta\Delta\theta$$

e sendo:

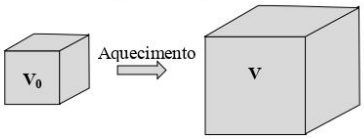
$$\beta = 2\alpha \Rightarrow \beta = 4 \cdot 10^{-5}\ ºC^{-1}$$

temos:

$$\Delta A = 314 \cdot 4 \cdot 10^{-5}\ º250$$
$$\boxed{\Delta A = 3,14\ cm^2}$$

Dilatação Volumétrica – (Três Dimensões)

Assim como na dilatação superficial, este é um caso da dilatação linear que acontece em três dimensões, portanto tem dedução análoga à anterior.



Consideremos um sólidos cúbico de lados L0 que é aquecido uma temperatura Δθ, de forma que este sofra um aumento em suas dimensões, mas como há dilatação em três dimensões o sólido continua com o mesmo formato, passando a ter lados L.
Inicialmente o volume do cubo é dado por:

$$V_0 = L_0^3$$

Após haver aquecimento, este passa a ser:

$$V = L^3$$

Ao relacionarmos com a equação de dilatação linear:

$L = L_0 (1 + \alpha . \Delta\theta)$
$L^3 = L_0^3 (1 + \alpha . \Delta\theta)^3$
$V = V_0 (1 + \alpha . \Delta\theta)^3$
$V = V_0 (1^3 + 3 . \alpha . \Delta\theta + 3 . \alpha^2 . \Delta\theta^2 + \alpha^2 . \Delta\theta^3)$

Pelos mesmos motivos do caso da dilatação superficial, podemos desprezar $3\alpha^2\Delta\theta^2$ e $\alpha^3\Delta\theta^3$ quando comparados a $3\alpha\Delta\theta$. Assim a relação pode ser dado por:

$$V = V_0(1 + 3 . \alpha . \Delta\theta)$$

Podemos estabelecer que o coeficiente de dilatação volumétrica ou cúbica é dado por:

$$\gamma = 3\alpha$$

Assim:
$V = V_0(1 + \gamma . \Delta\theta)$
$V = V_0 + V_0 . \gamma . \Delta\theta$
$\Delta V = V_0 . \gamma . \Delta\theta$

Onde:
ΔV: variação do volume
V_0: volume inicial
$\Delta\theta$: variação da temperatura
γ: coeficiente de dilatação volumétrica

Assim como para a dilatação superficial, esta equação pode ser utilizada para qualquer sólido, determinando seu volume conforme sua geometria.

Exemplo Resolvido 8

Ao aquecimento um sólido de 20 ºC a 80 ºC, observamos que seu volume experimenta um aumento correspondente a 0,09% em relação ao volume inicial. Qual é o coeficiente de dilatação linear do material de que é feito o sólido?

Resolução:

O volume inicial V_0 corresponde a 100% e a variação de volume ΔV, a 0,09%. Assim, podemos escrever a relação:

$$\Delta V = \frac{0,09V_0}{100}$$

Como: $\Delta V = V_0\gamma\Delta\theta$,

Então: $\frac{0,09V_0}{100} = V_0\gamma\Delta\theta$

Mas: $\gamma = 3\alpha$

Portanto:

$$\frac{0,09}{100} = 3\alpha(80-20)$$

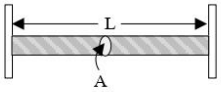
$$\boxed{\alpha = 5.10^{-6}\,°C^{-1}}$$

Observação: Numa única expressão, os três coeficientes de dilatação térmica podem ser relacionados do seguinte modo:

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

Efeitos mecânicos da dilatação térmica

Fixando as extremidades de uma haste de modo a impedir a dilatação ou compressão da mesma, quando variamos a temperatura, daremos origem às chamadas tensões térmicas na haste. Essas tensões podem ser tão intensas a ponto de atingir o limite de elasticidade, ou até o limite de ruptura da haste. As forças que surgem por efeito da dilatação térmica são consideráveis, tendo intensidade determinável, dentro de certos limites, pela Lei de Hooke, que se refere às deformações elásticas dos sólidos.



Uma barra impedida de se dilatar.

Consideremos uma barra de comprimento L fixada entre duas paredes indeformáveis e indeslocáveis, como mostra a figura. Aquecendo-se a barra, ela não consegue dilatar-se, ficando sujeita a forças de tensão interna que podem acarretar o encurvamento da barra. Vamos admitir que a barra não se encurve e exprimir a intensidade da força de tensão que age na barra em função da variação de temperatura. Se a barra pudesse se dilatar, ela sofreria uma variação de comprimento (ΔL) dada por:

$$(\Delta L) = \alpha L \Delta\theta.$$

A Lei de Hooke, referente às deformações elásticas dos sólidos, nos dá a intensidade da força de compressão atuante, em função da deformação (ΔL):

$$F = k . \Delta L = \frac{E.A}{L} . \Delta L$$

Nessa equação, E é o denominado Módulo de Young ou de elasticidade do material de barra e A é a área da secção transversal da barra. Substituindo, na última equação, a equação de dilatação, temos:

$$\boxed{F = E . A\alpha . \Delta\theta}$$

Em vista dessa equação, podemos tirar o seguinte princípio geral:

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

Verificamos que a recíproca também é verdadeira. Por exemplo, ao esticarmos um arame (fenômeno mecânico: força de distensão), ele se resfriará (fenômeno térmico: a temperatura diminui para produzir contração). Por outro lado, se uma placa metálica for comprimida (fenômeno mecânico: força de compressão), ela se aquecerá (fenômeno térmico: a temperatura aumenta para produzir dilatação).

Questão rápida

As forças que surgem por efeito da dilatação térmica são consideráveis, tendo intensidade determinável, dentro de certos limites, pela Lei de Hooke, que se refere às deformações elásticas dos sólidos. Com respeito aos efeitos mecânicos da dilatação térmica, assinale o item correto.

a) O fenômeno mecânico que se produz em consequência de alguma ação térmica é tal que, pelo seu efeito, não se opõe, ou seja, é a favor ao fenômeno térmico.
b) O módulo de Young ou módulo de elasticidade do material da barra é inversamente proporcional a intensidade da força atuante pela Lei de Hooke.
c) Se esticarmos um arame (fenômeno mecânico: força de distensão), ele se aquecerá (fenômeno térmico: a temperatura aumenta para produzir contração).
d) Se uma placa metálica for comprimida (fenômeno mecânico: força de compressão), ela irá resfriar (fenômeno térmico: a temperatura diminui para produzir a dilatação).
e) O fenômeno mecânico que se produz em consequência de alguma ação térmica é tal que, pelo seu efeito, opõe-se ao fenômeno térmico.

Comentário

O fenômeno mecânico que se produz em consequência de alguma ação térmica é tal que, pelo seu efeito, opõe-se ao fenômeno térmico. Se um fenômeno é de contração o outro deve ser de dilatação e vice versa. ☺

Letra: e

Exemplo Resolvido 8

De um fio de aço, de área de secção transversal A = 3,0 mm², suspende-se uma carga. Esta determina uma distensão no fio, o qual experimenta uma queda de temperatura de 25°C a 20°C. Qual o peso da carga?

Dado: Dado: módulo de elasticidade do aço 2,2 .107 N/cm²
Coeficiente de dilatação linear do aço $1{,}2.10^{-5}\ °C^{-1}$

Resolução

Atenção as unidades, se você analisar a unidade da constante do módulo de Young, concluímos que a força deve está em N e a área em cm²
Com os dados da questão, temos:

$A = 3\ mm^2 = 3.10\text{-}2\ cm^2$
$\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 25 - 20 = 5°C$

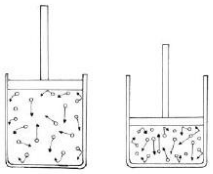
Logo:
$F = E.A.\alpha.\Delta\theta$
$F = 2{,}2\ .10^7.\ 3.10^{-2}.\ 1{,}2.10^{-5}.\ 5$
F = 39,6 N Só u filé, né? ☺

Variação da densidade com a temperatura

A densidade de um corpo sólido é a relação entre sua massa e o volume por ela ocupado. Considerando duas temperaturas inicial θ_i e final θ_f, teremos:

$$d_i = \frac{m}{V_i} \text{ e } d_f = \frac{m}{V_f}$$

A massa de um corpo permanece constante. Quando o volume se altera, isso implica em uma mudança em sua concentração, em sua densidade.



Se diminuirmos o volume de um corpo, suas moléculas ficaram com menos espaço pra se mover, ou seja, estamos aumentando sua concentração. Densidade e volume são grandezas inversamente proporcionais.
Como a massa permanece constante, podemos escrever:

$$d_i.V_i = d_F.V_F$$

Como vimos, os volumes inicial e final relacionam-se por:

$$V_F = V_i\,(\,1 + \gamma.\Delta\theta)$$

Substituindo na fórmula da densidade final, temos:

$$d_F = \frac{m}{V_i(1+\gamma.\Delta\theta)} \rightarrow \quad d_F = \frac{d_i}{V_i(1+\gamma.\Delta\theta)}$$

Concluímos, então, que a densidade varia com a temperatura em sentido oposto ao volume, isto é, a densidade diminui quando ocorre um aumento de temperatura. ☺

Exemplo Resolvido 9

Uma substância tem massa específica de 0,78 g/cm 3 a 25 °C e 0,65 g/cm 3 a 425 °C. Qual o seu coeficiente de dilatação volumétrica?

Resolução:

$$\mu = \frac{\mu_0}{(1+\gamma\Delta\theta)}$$

$$1+\gamma\Delta\theta = \frac{\mu_0}{\mu} \Rightarrow 1+\gamma(425-25) = \frac{0,78}{0,65}$$

$400\gamma = 1,2 - 1$

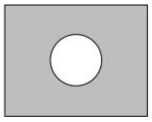
$400\gamma = 0,2 \Rightarrow \boxed{\gamma = 5.10^{-4}\,°C^{-1}}$

AUTO TESTE 05

Por que o bolo cresce quando vai ao forno?

Dilatação de um sólido oco

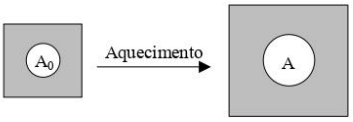
Considere uma chapa metálica com um orifício em seu centro:



Ao ser aquecida, o diâmetro do furo irá aumentar ou diminuir ??? ☺☺

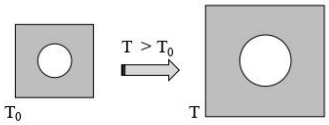
O senso comum tente a responder que o diâmetro irá diminuir. Esse comportamento é alegado pelo fato de pensarem que as extremidades não se expandem e essas moléculas ao se movimentar mais com o aumento de temperatura, empurram as próximas ao centro. Algumas pessoas até comparam com uma rosquinha frita ao ser aquecida para comer.

Mas o que acontece nesse caso, é que o orifício aumenta junto com a chapa, como se fossem um corpo só, como se não fosse oco.



Cada molécula vibra mais ao receber energia térmica. O corpo se expande em todas as direções nesse caso, consequentemente, o diâmetro irá aumentar junto. ☺

"Corpos ocos se dilatam como se não fossem ocos."



Elevando-se a temperatura de uma chapa com orifício, o orifício se dilta juntamente com a chapa, pois ele se comporta como se fosse constituído do mesmo material da chapa.

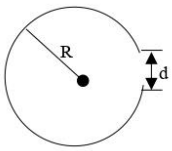
RESPOSTA DO AUTO TESTE 05

A massa do bolo contém fermento, substância que sofre uma reação química e gera pequenas bolhas de gás carbônico, que aumentam de volume com o aumento da temperatura. Com o calor, a massa perde água e endurece, aprisionando as bolhas. O bolo depois de assado tem um volume bem maior do que o da massa crua e apresenta pequenos poros que lhe dão a consistência macia que agrada aos degustadores. ☺

Questão rápida

Um arame é encurvado em forma de um aro circular de raio R, tendo, porém, uma folga d entre suas extremidades, conforme indica a figura abaixo. Aquecendo-se esse arame, é correto afirmar que a medida de R e a medida de d, respectivamente:

a) aumentará – não se alterará.
b) aumentará – aumentará.
c) aumentará – diminuirá.
d) não se alterará – não se aumentará.
e) não se alterará – diminuirá.



Comentário

Raio R: $R' = R(1 + \alpha\Delta\theta)$

No aquecimento, temos:

$\boxed{R' > R}$

Distância **d**:

Antes do aquecimento: $C = 2\pi R - d$

Após o aquecimento:

$C' = 2\pi R' - x$

$C(1 + \alpha\Delta\theta) = 2p\,R(1 + \alpha\Delta\theta) - x$

$x = (2\pi R - C)(1 + \alpha\Delta\theta)$

$x = (2\pi R - 2\pi R + d)(1 + \alpha\Delta\theta)$

$\boxed{x = d(1+\alpha\Delta\theta)}$

Portanto, no aquecimento, **d** também aumenta.

Resposta: **b**

O espaço no arame se tornará maior quando ele for aquecido. Experimente isso: trace duas linhas sobre um anel onde você deseja que o espaço se situe. Ao aquecer o anel, as linhas se afastarão – aumentando o espaço entre elas no mesmo valor que aumentaria o espaço do anel. Cada parte do anel sofre uma expansão proporcional ao serem aquecidas uniformemente – a espessura, o comprimento e espaço e qualquer outra coisa. ☺

AUTO TESTE 06

O relógio de pêndulo do seu avô funcionará mais rápido ou mais lento em um dia quente ?Por que ? Explique.

RESPOSTA DO AUTO TESTE 06

Em um dia quente, o aumento de temperatura provocará uma dilatação no comprimento do fio do pêndulo. Por sua vez um fio mais cumprido acarreta em um aumento do período (demora mais para ir e para voltar), logo o relógio irá ficar mais lento, atrasando a hora. ☺

Questão rápida

Um relógio de pêndulo simples é montado no pátio de um laboratório em Novosibirski, na Sibéria, utilizando um fio de suspensão de coeficiente de dilatação $1x10^{-5}°C^{-1}$. O pêndulo é calibrado para marcar a hora certa em um bonito dia de verão de 20 °C. Em um dos menos agradáveis dias do inverno, com a temperatura a - 40 °C, o relógio:

a) adianta 52 s por dia.

b) adianta 26 s por dia.

c) atrasa 13 s por dia.

d) atrasa 26 s por dia.

e) atrasa 52 s por dia.

Comentário

Período do pêndulo:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Portanto:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L_0(1+\alpha\Delta\theta)}{g}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{L_0}{g}}\cdot\sqrt{1+\alpha\Delta\theta}$$

Como:

$$2\pi\sqrt{\frac{L_0}{g}} = T_0,$$

vem:

$$T = T_0\sqrt{1+\alpha\Delta\theta}$$

Portanto:

$$T = T_0\sqrt{1+1\cdot10^{-5}\ [-40-(20)]}$$

$$T = T_0\sqrt{1-6\cdot10^{-4}} = T_0\sqrt{1-0{,}0006}$$

$$T = 0{,}99969\,T_0$$

Assim, em um dia (86400 s) o relógio irá adiantar, marcando:

$1\text{ dia} = (86400\cdot0{,}99969)\text{ s} = 86373{,}22\text{ s}$

A diferença corresponde a:

$\Delta t = (86400 - 86373{,}22)\text{ s} \Rightarrow \boxed{\Delta t \simeq 26\text{ s}}$

Dilatação Térmica dos Líquidos

Os líquidos não apresentam forma própria. Por isso, a análise do comportamento térmico de um líquido é feita estando ele contido num recipiente sólido. Isso evidentemente complica a determinação da dilatação dos líquidos, uma vez que o recipiente também se dilata.

De modo geral, os líquidos se dilatam mais que os sólidos, visto que suas moléculas já encontram-se mais separadas umas das outras. Por isso se um recipiente estiver cheio de líquido até a borda, um aumento de temperatura acarreta transbordamento do líquido.

A dilatação dos líquidos tem algumas diferenças da dilatação dos sólidos, a começar pelos seus coeficientes de dilatação consideravelmente maiores e que para que o volume de um líquido seja medido, é necessário que este esteja no interior de um recipiente.

A lei que rege a dilatação de líquidos é fundamentalmente igual à dilatação volumétrica de sólidos, já que estes não podem dilatar-se linearmente e nem superficialmente, então:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta$$

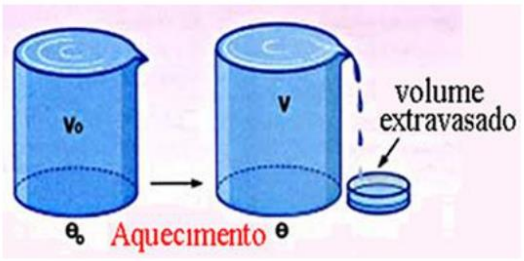
Mas como o líquido precisa estar depositado em um recipiente sólido, é necessário que a dilatação deste também seja considerada, já que ocorre simultaneamente.

Assim, a dilatação real do líquido é a soma das dilatações aparente e do recipiente.

Para medir a dilatação aparente costuma-se utilizar um recipiente cheio até a borda. Ao aquecer este sistema (recipiente + líquido) ambos dilatarão e, como os líquidos costumam dilatar mais que os sólidos, uma quantidade do líquido será derramada, esta quantidade mede a **dilatação aparente do líquido**.

Assim:

$$\Delta V_{real} = \Delta V_{recipiente} + \Delta V_{aparente}$$



Utilizando-se a expressão da dilatação volumétrica, $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta$, e admitindo que os volumes iniciais do recipiente e do líquido são iguais, podemos expressar:

$$\Delta V = \Delta V_{rec} + \Delta V_{ap}$$

$$V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta = V_0 \cdot \gamma_{rec} \cdot \Delta\theta + V_0 \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta\theta$$

$$\gamma(V_0 \cdot \Delta\theta) = (\gamma_{rec} + \gamma_{ap}) \cdot (V_0 \cdot \Delta\theta)$$

$$\gamma\frac{(V_0 \cdot \Delta\theta)}{(V_0 \cdot \Delta\theta)} = (\gamma_{rec} + \gamma_{ap})$$

$$\gamma = \gamma_{rec} + \gamma_{ap}$$

Ou seja, o coeficiente de dilatação real de um líquido é igual a soma de dilatação aparente com o coeficiente de dilatação do frasco onde este se encontra.

Questão rápida

Em uma experiência, para determinarmos o coeficiente de dilatação linear do vidro, tomamos um frasco de vidro de volume 1000 cm^3 e o preenchemos totalmente com mercúrio (coeficiente de dilatação volumétrica $= 1{,}8 \cdot 10^{-4}\ °C^{-1}$). Após elevarmos a temperatura do conjunto de 100 °C, observamos que 3,0 cm^3 de mercúrio transbordam. Dessa forma, podemos afirmar que o coeficiente de dilatação linear do vidro que constitui esse frasco vale:

a) $5{,}0 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$.
b) $4{,}0 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$.
c) $3{,}0 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$.
d) $2{,}0 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$.
e) $1{,}0 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$.

Comentário

$\Delta V_{ap} = V_0 \gamma_{ap} \Delta\theta$

$\Delta V_{ap} = V_0 (\gamma_r - 3\alpha_f) \Delta\theta$

$3{,}0 = 1000\,(1{,}8 \cdot 10^{-4} - 3\alpha_f) \cdot 100$

$3{,}0 \cdot 10^{-5} = 18 \cdot 10^{-5} - 3\alpha_f$

$3\alpha_f = 15 \cdot 10^{-5}$

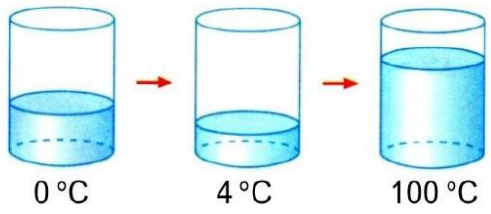
$\boxed{\alpha_f = 5{,}0 \cdot 10^{-5}\,°C^{-1}}$

Comportamento térmico da água (anômolo)

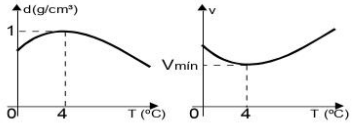
Sabemos que sólidos e líquidos ao serem aquecidos tem seu volume aumentado. Contudo, existem algumas substâncias que em determinados intervalos de temperatura sofrem o processo inverso, ao aumentar a temperatura eles diminuem o volume. Nesse intervalo, essas substâncias apresentam coeficiente de dilatação negativo.

A água é uma dessas substâncias. Quando a sua temperatura é aumentada, entre 0°C e 4°C, seu volume diminui. Ao elevar sua temperatura para mais de 4°C ela volta a dilatar normalmente.

Observe que isso que ocorre com a água é um fato bem curioso!! Vamos admitir que, sob pressão normal, certa quantidade de água líquida a 0 °C seja colocada no interior de um recipiente que não se dilata. Se aumentarmos a temperatura até 4 °C, verificaremos que o nível do líquido baixa, mostrando que nesse intervalo de temperatura a água sofreu *contração*. Se continuarmos o aquecimento além de 4 °C, verificaremos que até 100 °C o nível líquido sobe, indicando *dilatação* da água.



Portanto, para dada massa *m* de água, a 4 °C ela apresenta um *volume mínimo*. Lembrando que a densidade da água é dada pela relação entre a massa e seu volume (d = m / v), concluímos que a 4 °C a água apresenta *densidade máxima*. Graficamente, a figura abaixo indica esse comportamento anômalo da água.

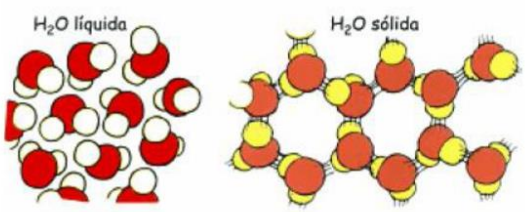


A razão desse estranho comportamento da água está em sua constituição molecular. As moléculas de água, no estado líquido, estão unidas umas às outras por um tipo especial de ligação, de natureza elétrica: *as pontes de hidrogênio*.

Ao aumentar a temperatura, a partia de 0 °C, as pontes começam a se romper e há uma aproximação entre as moléculas. Esse efeito, que se mostra mais acentuado entre 0 °C e 4 °C, supera o efeito produzido pela agitação térmica (o afastamento entre as moléculas), fazendo com que a água se contraia.

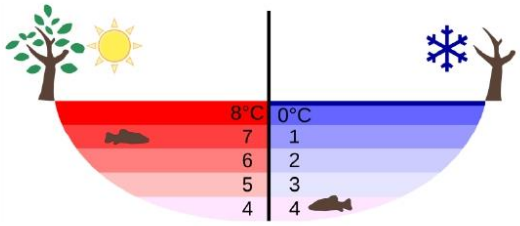
Acima de 4 °C, sendo menor o número de pontes que se rompem, essa contração deixa de ser observada, pois passa a predominar o afastamento molecular, que se traduz macroscopicamente pelo aumento do volume (dilatação).

Quando a água inicialmente a 0°C, tem sua temperatura elevada, o colapso dos cristais de gelo e o aumento simultâneo do movimento molecular produzem o efeito global pelo qual a água é mais densa a 4°C.



Cristais de gelo possuem uma estrutura aberta, uma forma hexagonal tipo a de uma gaiola tridimensional, e esta característica explica a dilatação quando a água liquida congela. O gelo, portanto, é menos denso do que a água.

O fenômeno de lagos congelados ocorre em países onde o inverno é muito rigoroso. Nesses países, os lagos e rios se congelam na superfície e a água de máxima densidade se encontra, a 4°C, por debaixo da camada de gelo. Esse é um acontecimento muito importante para a fauna e flora aquática, pois sem essa anormalidade da água os peixes e as plantas aquáticas morreriam, causando danos ao meio ambiente.

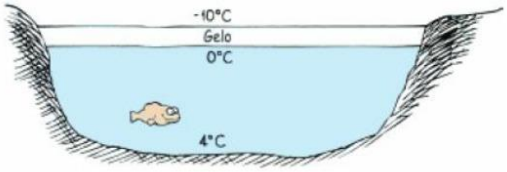


AUTO TESTE 07

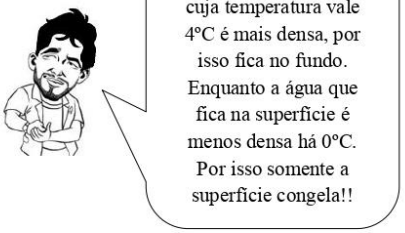
Diga se a água nas seguintes temperaturas se dilata ou se contrai quando for aquecida um pouco mais: 0ºC, 4ºC e 6ºC.

AUTO TESTE 08

Por que não se devem colocar garrafas tampadas e cheias de líquido (cerveja, refrigerante) no congelador de uma geladeira?



Quando a água esfria, ela afunda até que toda a lagoa esteja a 4ºC. Então, quando a água superficial é resfriada um pouco mais, ela se mantém na superfície, onde congela. Uma vez que o gelo é formado, temperaturas menos do que 4ºC podem ser atingidas nas partes mais fundas da lagoa.



RESPOSTA DO AUTO TESTE 07

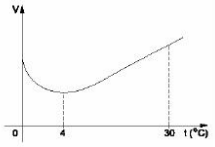
A 0ºC, a água se contrairá um pouco; a 4ºC, ela se expandirá, e a 6ºC também. ☺

RESPOSTA DO AUTO TESTE 08

Esses líquidos são compostos na sua maior parte por água. A água tem um comportamento que é inverso ao da maioria dos materiais, uma vez que seu volume aumenta ao se solidificar. O vasilhame, ao contrário, contrai-se quando sua temperatura diminui. Com isso, temos um aumento de pressão sobre as paredes da garrafa e ela pode se romper. Imagine um monte de guarda-chuvas fechados dentro de um espaço (essa seria a água líquida). A água ao congelar forma cristais, e é como se você abrisse todos os guarda-chuvas dentro do mesmo espaço. Se não couber, vai estourar mesmo!! ☺

Questão rápida

O diagrama mostra o volume **V** de uma amostra de água, em função da temperatura **t**.



Com base no diagrama, considere as asserções:

I. A água apresenta dilatação aproximadamente regular no intervalo de temperatura de 10ºC a 30ºC.

II. A densidade da água aumenta quando a temperatura passa de 1ºC para 4ºC.

III. A densidade da água diminui quando a temperatura passa de 20ºC para 10ºC.

Dessas asserções, somente:

a) **I** é correta.

b) **II** é correta.

c) **III** é correta.

d) **I** e **II** são corretas.

e) **I** e **III** são corretas.

Comentário

Letra D. Lembre-se que densidade e volume são grandezas inversamente proporcionais ☺

ANOTACÕES

Exercícios em Classe

01. Questão

Num laboratório situado na orla marítima paulista, uma haste de ferro de 50cm de comprimento está envolta em gelo fundente. Para a realização de um ensaio técnico, esta barra é colocada num recipiente contendo água em ebulição, até atingir o equilíbrio térmico. A variação de comprimento sofrida pela haste foi de:

(Dado: $\alpha_{Fe} = 1{,}2.10^{-5}°C^{-1}$)

a) 12 mm

b) 6,0 mm

c) 1,2 mm

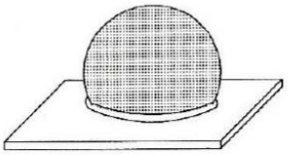
d) 0,60 mm

e) 0, 12 mm

02. Questão

Na figura, vemos uma esfera de raio R emperrada num orifício de raio 0,8R existente numa placa de zinco. Para que a esfera de ferro consiga atravessar pelo orifício na placa, os metais devem sofrer um aquecimento mínimo $\Delta\theta$ de quantos graus ?

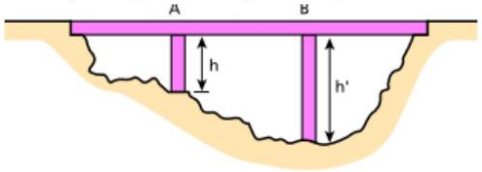
Dado: $\alpha_{zinco}=3\boldsymbol{\alpha}$ e $\alpha_{ferro}=2\boldsymbol{\alpha}$



a) $\Delta\theta = \frac{1}{3\alpha}$ b) $\Delta\theta = \frac{1}{2\alpha}$ c) $\Delta\theta = \frac{R}{\alpha}$ d) $\Delta\theta = \frac{3}{2\alpha}$ e) $\Delta\theta = \frac{3R}{4\alpha}$

03. Questão

Uma ponte é suportada por dois pilares de mesmo coeficiente de dilatação linear (α) e alturas h e h'. Sabendo que, a uma determinada temperatura ambiente, os pontos A e B estão nivelados, obtenha literalmente o desnível entre os dois pontos (diferença de altura) se a temperatura se elevar em ΔT.



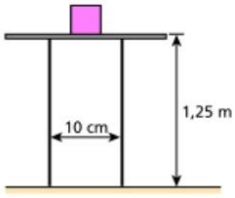
04. Questão

Nos últimos anos temos sido alertados sobre o aquecimento global. Estima-se que, mantendo-se as atuais taxas de aquecimento do planeta, haverá uma elevação do nível do mar causada, inclusive, pela expansão térmica, causando inundação em algumas regiões costeiras. Supondo, hipoteticamente, os oceanos como sistemas fechados e considerando que o coeficiente de dilatação volumétrica da água é aproximadamente 2 x 10^{-4} $°C^{-1}$ e que a profundidade média dos oceanos é de 4 km, um aquecimento global de 1 °C elevaria o nível do mar, devido à expansão térmica, em, aproximadamente, quantos centímetros?

ANOTACÕES

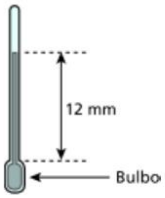
05. Questão

A figura a seguir mostra duas barras verticais, uma de cobre e outra de zinco, fixas na parte inferior. Elas suportam uma plataforma horizontal onde está apoiado um corpo. O coeficiente de atrito estático entre o corpo e a plataforma é 0,01, e os coeficientes de dilatação linear do zinco e do latão valem $2,6 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$ e $1,8 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$, respectivamente. Qual a menor variação de temperatura capaz de provocar o deslizamento do corpo sobre a plataforma?



06. Questão

Um termômetro especial, com líquido dentro de um recipiente de vidro, é constituído de um bulbo de 1 cm 3 e um tubo com secção transversal de 1 mm^2 . À temperatura de 20 °C, o líquido preenche completamente o bulbo até a base do tubo. À temperatura de 50 °C, o líquido preenche o tubo até uma altura de 12 mm. Considere desprezíveis os efeitos da dilatação do vidro e da pressão do gás acima da coluna do líquido. Podemos afirmar que o coeficiente de dilatação volumétrica médio do líquido vale:



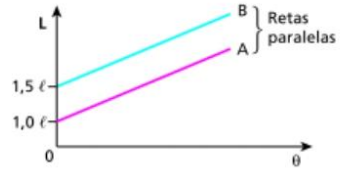
a) $3 \cdot 10^{-4} °C^{-1}$ b) $4 \cdot 10^{-4} °C^{-1}$ c) $12 \cdot 10^{-4} °C^{-1}$ d) $20 \cdot 10^{-4} °C^{-1}$ e) $36 \cdot 10^{-4} °C^{-1}$

07. Questão

Ao aquecermos um sólido de 20 °C a 80 °C, observamos que seu volume experimenta um aumento correspondente a 0,09% em relação ao volume inicial. Qual é o coeficiente de dilatação linear do material de que é feito o sólido?

08. Questão

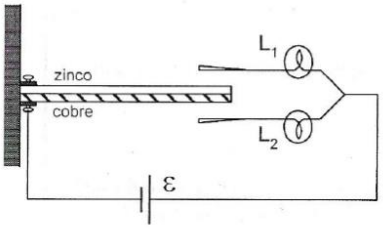
Estão representados, a seguir, os comprimentos de duas barras A e B em função da temperatura:



Determine a razão entre os coeficientes de dilatação linear dessas barras.

09. Questão

A figura abaixo mostra um sistema de controle termelétrico utilizado para o acionamento de duas lâmpadas elétricas L1 e L2, através de uma lâmina bimetálica de zinco e cobre e uma bateria de fem ε. Se os coeficientes de dilatação linear: do zinco e cobre valem α_{zn} e α_{cu}, pode-se afirmar que:



a) Se αzn > αcu e a lamina for aquecida, a lâmpada 1 acenderá.
b) Se αzn < αcu e a lamina for esfriada, a lâmpada 1 acenderá.
c) Se αzn > αcu e a lamina for esfriada, a lâmpada 2 acenderá.
d) Se αzn < αcu e a lamina for aquecida, a lâmpada 2 acenderá.
e) Se αcu < αzn e a lamina for aquecida, a lâmpada 2 acenderá.

10. Questão

Um recipiente de vidro de 200 *m*L de volume, está completamente cheio de mercúrio, e ambos se encontram a 30 ºC. Se a temperatura do sistema líquido-recipiente sobe para 90 ºC, qual é o volume de mercúrio, em *m*L, que transborda do recipiente?

Dados: $\gamma_{Hg} = 1{,}8 \times 10^{-4}\ ^oC^{-1}$

$\gamma_{vidro} = 3 \times 10^{-5}\ ^oC^{-1}$

a) 1,8 b) 2,6 c) 5,0 d) 9,0

11. Questão

Quais as intensidades das forças que se devem aplicar aos extremos de uma barra de aço, cuja secção transversal tem área A = 10 cm², para impedir que se dilate quando é aquecida de 0°C a 30°C ?

Dado: módulo de elasticidade do aço $2{,}2 \cdot 10^7$ N/cm²

Coeficiente de dilatação linear do aço $1{,}2 \cdot 10^{-5}\ ^\circ C^{-1}$

a) $7{,}92 \cdot 10^4$N

b) $3{,}72 \cdot 10^3$N

c) $1{,}85 \cdot 10^4$N

d) $5{,}2 \cdot 10^3$N

e) $11{,}2 \cdot 10^4$N

ANOTAÇÕES

ANOTACÕES

12. Questão

Considere a densidade absoluta de um material a 20 °C é 0,819 g/cm ^{3} e seu coeficiente de dilatação volumétrica vale 5 · 10 $^{-4}$ °C $^{-1}$. A que temperatura devemos levar esse corpo para que sua densidade absoluta torne-se igual a 0,780 g/cm ^{3} ?

13. Questão

Um disco de ebonite tem um orifício circular de diâmetro 1 cm, localizado em seu centro. Sabendo-se que o coeficiente de dilatação superficial do ebonite é igual a 160·10^{-6} °C $^{-1}$, pode-se afirmar que a área do orifício, quando a temperatura do disco varia de 10 °C para 100 °C,

a) diminui de 36 π·10 $^{-4}$ cm ^{2} .

b) aumenta de 144 π10 $^{-4}$ cm ^{2} .

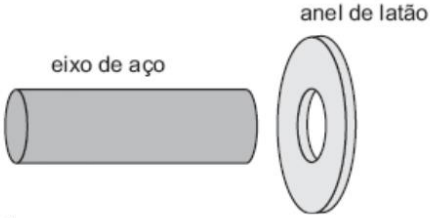
c) aumenta de 36 π.10 $^{-4}$ cm ^{2} .

d) diminui de 144 π ·10 $^{-4}$ cm ^{2} .

e) permanece inalterável.

14. Questão

João, chefe de uma oficina mecânica, precisa encaixar um eixo de aço em um anel de latão, como mostrado nesta figura:



À temperatura ambiente, o diâmetro do eixo é maior que o do orifício do anel. Sabe-se que o coeficiente de dilatação térmica do latão é maior que o do aço. Diante disso, são sugeridos a João alguns procedimentos, descritos nas alternativas abaixo, para encaixar o eixo no anel. Assinale a alternativa que apresenta um procedimento que **NÃO** permite esse encaixe.

a) Resfriar apenas o eixo.

b) Aquecer apenas o anel.

c) Resfriar o eixo e o anel.

d) Aquecer o eixo e o anel.

Exercícios de Casa

ANOTACÕES

Para um bom aprendizado da física, o estudante deve inicialmente ler a teoria completa do capítulo, escrita pessoalmente pelo prof: Felipe Costa. Em seguida, deve rever todas as questões resolvidas em classe e que estão copiadas no seu caderno (o caderno é imprescindível!). Só então, o aluno deve partir para a fixação dos conceitos na lista de exercícios de casa. Sugestão: Tenha um caderno dividido em duas metades, uma para as questões de classe e a outra para as questões de casa. Às vésperas do vestibular, na hora da revisão, você verá como valeu a pena ter se organizado.

Questão 01

Num laboratório situado na orla marítima paulista, uma haste de ferro de 50cm de comprimento está envolta em gelo fundente. Para a realização de um ensaio técnico, esta barra é colocada num recipiente contendo água em ebulição, até atingir o equilíbrio térmico. A variação de comprimento sofrida pela haste foi de:

(Dado: $\alpha_{Fe} = 1{,}2.10^{-5}°C^{-1}$)

a) 12 mm

b) 6,0 mm

c) 1,2 mm

d) 0,60 mm

e) 0, 12 mm

Questão 02

Uma barra metálica apresenta, à temperatura de 15ºC, comprimento de 100cm. O coeficiente de dilatação linear da barra é $5\ 10^{-5}\ ºC^{-1}$. A temperatura na qual o comprimento dessa barra será de 100,2cm é:

a) 40ºC

b) 42ºC

c) 45ºC

d) 52ºC

e) 55ºC

Questão 03

Uma barra de metal tem comprimento igual a 10,000m a uma temperatura de 10,0°C e comprimento igual a 10,006m a uma temperatura de 40°C. O coeficiente de dilatação linear do metal é:

a) $1{,}5 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$

b) $6{,}0 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$

c) $2{,}0 \times 10^{-5}\ °C^{-1}$

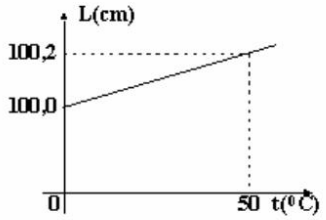
d) $2{,}0 \times 10^{-6}\ °C^{-1}$

e) $3{,}0 \times 10^{-6}\ °C^{-1}$

ANOTACÕES

Questão 04

A figura representa o comprimento de uma barra metálica em função de sua temperatura.

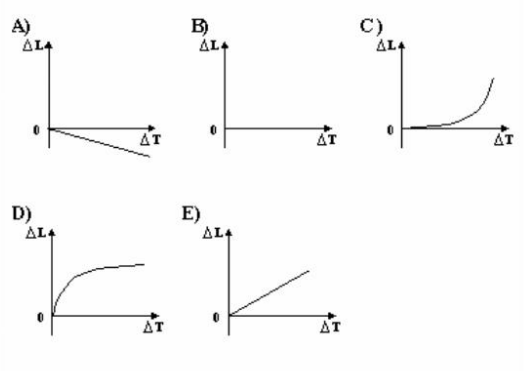


A análise dos dados permite concluir que o coeficiente de dilatação linear do metal constituinte da barra é, em $°C^{-1}$:

a) 4.10^{-5} b) 2.10^{-5} c) 4.10^{-6} d) 2.10^{-6} e) 1.10^{-6}

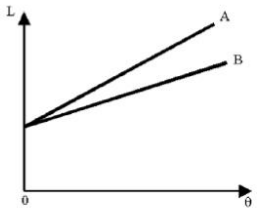
Questão 05

Uma barra retilínea e uniforme, feita de um material cujo coeficiente de dilatação linear é positivo e independente da temperatura, recebe calor de uma fonte térmica. Entre os gráficos ilustrados , qual o que melhor representa a variação ΔL do comprimento da barra como função da variação ΔT de sua temperatura?



Questão 06

O gráfico abaixo representa o comprimento L, em função da temperatura θ, de dois fios metálicos finos A e B.



Com base nessas informações, é correto afirmar que

a) os coeficientes de dilatação lineares dos fios A e B são iguais.

b) o coeficiente de dilatação linear do fio B é maior que o do fio A.

c) o coeficiente de dilatação linear do fio A é maior que o do fio B.

d) os comprimentos dos dois fios em $\theta = 0$ são diferentes.

Questão 07

Experimentalmente, verifica-se que o período de oscilação de um pêndulo aumenta com o aumento do comprimento deste. Considere um relógio de pêndulo, feito de material de alto coeficiente de dilatação linear, calibrado à temperatura de 20 ºC. Esse relógio irá:

a) atrasar quando estiver em um ambiente cuja temperatura é de 40 ºC.

b) adiantar quando estiver em um ambiente cuja temperatura é de 40 ºC.

c) funcionar de forma precisa em qualquer temperatura.

d) atrasar quando estiver em um ambiente cuja temperatura é de 0 ºC.

e) atrasar em qualquer temperatura.

Questão 08

Uma chapa de cobre possui em seu centro um furo circular. Aumentando-se a temperatura da chapa:

a) a chapa aumenta, mas o furo diminui.

b) a chapa aumenta, mas o furo permanece com a dimensão inicial, pois não há material no furo.

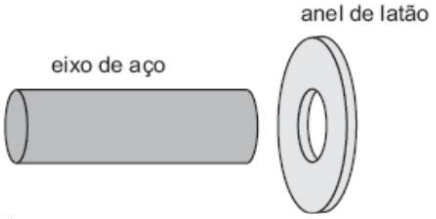
c) a chapa e o furo aumentam de dimensão.

d) a chapa e o furo diminuem.

e) nda.

Questão 09

João, chefe de uma oficina mecânica, precisa encaixar um eixo de aço em um anel de latão, como mostrado nesta figura:



À temperatura ambiente, o diâmetro do eixo é maior que o do orifício do anel. Sabe-se que o coeficiente de dilatação térmica do latão é maior que o do aço. Diante disso, são sugeridos a João alguns procedimentos, descritos nas alternativas abaixo, para encaixar o eixo no anel. Assinale a alternativa que apresenta um procedimento que **NÃO** permite esse encaixe.

a) Resfriar apenas o eixo.

b) Aquecer apenas o anel.

c) Resfriar o eixo e o anel.

d) Aquecer o eixo e o anel.

Questão 10

Uma placa de alumínio tem um grande orifício circular no qual foi colocado um pino, também de alumínio, com grande folga. O pino e a placa são aquecidos de 500°C, simultaneamente.

Podemos afirmar que:

a) a folga irá aumentar, pois o pino ao ser aquecido irá contrair-se.

b) a folga diminuirá, pois ao aquecermos a chapa a área do orifício diminui.

c) a folga diminuirá, pois o pino se dilata muito mais que o orifício.

d) a folga irá aumentar, pois o diâmetro do orifício aumenta mais que o diâmetro do pino.

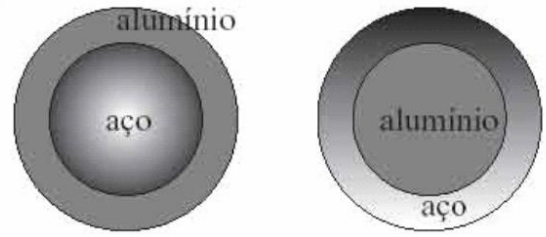
e) a folga diminuirá, pois o pino se dilata, e a área do orifício não se altera.

Questão 11

ANOTAÇÕES

O coeficiente de dilatação térmica do alumínio é, aproximadamente, o dobro do coeficiente de dilatação térmica do aço. A figura mostra duas peças onde um anel feito de um desses metais envolve um disco feito do outro metal. À temperatura do ambiente, os discos são presos aos anéis.

ANOTACÕES



Se as duas peças forem aquecidas uniformemente, é correto afirmar:

a) apenas o disco de aço se soltará do anel de alumínio.

b) apenas o disco de alumínio se soltará do anel de aço.

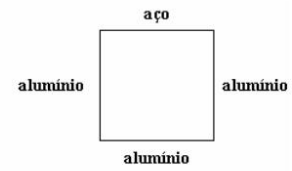
c) os discos se soltarão dos respectivos anéis.

d) os discos permanecerão presos sem soltar por maior que seja o aumento de temperatura.

e) os metais entrarão em fusão antes de se soltarem.

Questão 12

Um quadrado foi montado com três hastes de alumínio ($\alpha_{Al} = 24 \times 10^{-6}\ °C^{-1}$), e uma de aço ($\alpha_{AÇO} = 12 \times 10^{-6}\ °C^{-1}$) todas inicialmente à mesma temperatura. O sistema é, então, submetido a um processo de aquecimento, de forma que a variação de temperatura é a mesma em todas as hastes.



Podemos afirmar que, ao final do processo de aquecimento, a figura formada pelas hastes estará mais próxima de um:

a) Quadrado.

b) Retângulo.

c) Losango.

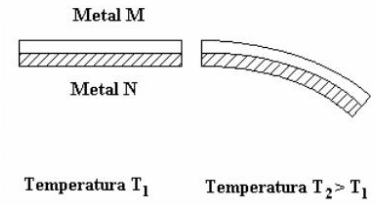
d) Trapézio retângulo.

e) Trapézio isósceles.

Questão 13

Duas lâminas de metais diferentes, M e N, são unidas rigidamente. Ao se aquecer o conjunto até uma certa temperatura, esse se deforma, conforme mostra a figura a seguir.

ANOTACÕES



Com base na deformação observada, pode-se concluir que:

a) a capacidade térmica do metal M é maior do que a capacidade térmica do metal N.

b) a condutividade térmica do metal M é maior do que a condutividade térmica do metal N.

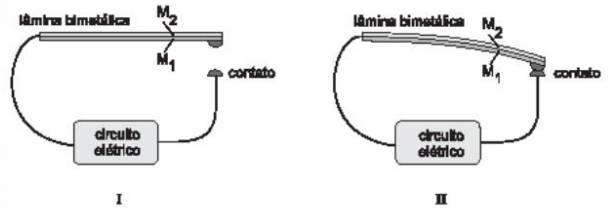
c) a quantidade de calor absorvida pelo metal M é maior do que a quantidade de calor absorvida pelo metal N.

d) o calor específico do metal M é maior do que o calor específico do metal N.

e) o coeficiente de dilatação linear do metal M é maior do que o coeficiente de dilatação linear do metal N.

Questão 14

Uma lâmina bimetálica é constituída de duas placas de materiais diferentes, M_1 e M_2, presas uma à outra. Essa lâmina pode ser utilizada como interruptor térmico para ligar ou desligar um circuito elétrico, como representado, esquematicamente, na figura 1:



Quando a temperatura das placas aumenta, elas dilatam-se e a lâmina curva-se, fechando o circuito elétrico, como mostrado na figura II. Esta tabela mostra o coeficiente de dilatação linear α de diferentes materiais:

Material	α (10^{-6} °C^{-1})
Aço	11
Alumínio	24
Bronze	19
Cobre	17
Níquel	13

Considere que o material M_1 é cobre e o outro, M_2, deve ser escolhido entre os listados nesta tabela.

Para que o circuito seja ligado com o menor aumento de temperatura, o material da lâmina M_2 deve ser o:

a) aço

b) alumínio

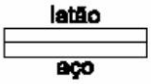
c) bronze

d) níquel

Questão 15

Duas lâminas metálicas, a primeira de latão e a segunda de aço, de mesmo comprimento à temperatura ambiente, são soldadas rigidamente uma à outra, formando uma lâmina bimetálica, conforme a figura.

ANOTACÕES



O coeficiente de dilatação térmica linear do latão é maior que o do aço. A lâmina bimetálica é aquecida a uma temperatura acima da ambiente e depois resfriada até uma temperatura abaixo da ambiente. A figura que melhor representa as formas assumidas pela lâmina bimetálica, quando aquecida (forma à esquerda) e quando resfriada (forma à direita), é:

a)

b)

c)

d)

e)

Questão 16

O coeficiente de dilatação superficial do ferro é 2,4 x 10^{-5} $^{o}C^{-1}$. O valor do coeficiente de dilatação volumétrica é:

a) 1,2 x 10^{-5} $^{o}C^{-1}$

b) 3,6 x 10^{-5} $^{o}C^{-1}$

c) 4,8 x 10^{-5} $^{o}C^{-1}$

d) 7,2 x 10^{-5} $^{o}C^{-1}$

e) 9,6 x 10^{-5} $^{o}C^{-1}$

Questão 17

Uma chapa quadrada, feita de um material encontrado no planeta Marte, tem área A = 100,0 cm^2 a uma temperatura de 100^{o}C. A uma temperatura de 0,0 ^{o}C, qual será a área da chapa em cm^2? Considere que o coeficiente de expansão linear do material é α = 2,0 x 10^{-3} / ^{o}C.

a) 74,0

b) 64,0

c) 54,0

d) 44,0

e) 34,0

Questão 18

Num ensaio em laboratório, dispõe-se de um disco de espessura desprezível e de uma haste, ambos constituídos de um mesmo material. Numa certa temperatura θ_o, o diâmetro do disco e o comprimento da haste são iguais a d_o. Dobrando-se a temperatura desses corpos, a haste passa a ter um comprimento d e o disco terá um diâmetro

a) d

ANOTACÕES

b) $\frac{5}{4}$ d

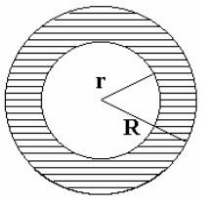
c) $\frac{3}{2}$ d

d) 2d

e) $\frac{5}{2}$ d

Questão 19

Esta figura mostra um disco metálico de raio R com um orifício também circular, concêntrico, de raio r. À temperatura $t_1 = 20°C$, a relação entre esses raios é R = 2r.



À temperatura $t_2 = 40°C$, a relação entre os raios do disco R' e do orifício r' será:

a) R' = r'

b) R' = 2r'

c) R' = 3r'

d) R' = 4r'

e) indefinida, porque depende do coeficiente de dilatação do material.

Questão 20

Um disco metálico de raio 20cm é aquecido da temperatura de 20ºC para a de 120ºC. O coeficiente de dilatação linear do metal é $1,5 \times 10^{-5}$ ºC^{-1}. A área da coroa circular, correspondente à diferença das áreas dos círculos à temperatura de 20ºC e à de 120ºC, é aproximadamente:

a) 1,8cm^2 b) 2,6cm^2 c) 3,0cm^2 d) 3,8cm^2 e) 4,2cm^2

Questão 21

Os postos de gasolina, são normalmente abastecidos por um caminhão-tanque. Nessa ação cotidiana, muitas situações interessantes podem ser observadas.

Um caminhão-tanque, cuja capacidade é de 40.000 litros de gasolina, foi carregado completamente, num dia em que a temperatura ambiente era de 30°C. No instante em que chegou para abastecer o posto de gasolina, a temperatura ambiente era de 10°C, devido a uma frente fria, e o motorista observou que o tanque não estava completamente cheio.

Sabendo que o coeficiente de dilatação da gasolina é $1,1 \times 10^{-3}$ °C^{-1} e considerando desprezível a dilatação do tanque, calcule o volume do ar, em litros, que o motorista encontrou no tanque do caminhão.

Questão 22

Um cilindro de metal possui, a 20°C, volume de 600 cm^3. Aquecido até 120°C ele sofre uma dilatação equivalente a 0,03% do seu volume inicial. Nessas condições, o coeficiente de dilatação linear do metal, em °C^{-1}, vale:

a) $3 \cdot 10^{-8}$

b) $1 \cdot 10^{-7}$

ANOTAÇÕES

c) 3 . 10^{-7}

d) 1 . 10^{-6}

e) 3 . 10^{-6}

Questão 23

Um recipiente de vidro está completamente cheio de um determinado líquido. O conjunto é aquecido fazendo com que transborde um pouco desse líquido. A quantidade de líquido transbordado representa a dilatação:

a) do líquido, apenas.

b) do líquido menos a dilatação do recipiente.

c) do recipiente, apenas.

d) do recipiente mais a dilatação do líquido.

Questão 24

Um recipiente de vidro de 200 *m*L de volume, está completamente cheio de mercúrio, e ambos se encontram a 30 ºC. Se a temperatura do sistema líquido-recipiente sobe para 90 ºC, qual é o volume de mercúrio, em *m*L, que transborda do recipiente?

Dados: $\gamma_{Hg} = 1,8 \times 10^{-4}\ ^oC^{-1}$

$\gamma_{vidro} = 3 \times 10^{-5}\ ^oC^{-1}$

a) 1,8

b) 2,6

c) 5,0

d) 9,0

Questão 25

Um tanque de gasolina de automóvel tem um volume máximo recomendado, a fim de evitar que, com o aumento da temperatura, vaze gasolina pelo "ladrão". Considere que o tanque seja feito de aço inoxidável e tenha um volume máximo de 50 L. Calcule o volume de gasolina que sairia pelo "ladrão" caso o tanque estivesse totalmente cheio e sua temperatura subisse 20 C^o. Use para os coeficientes de dilatação volumétrica da gasolina e linear do aço, respectivamente:

$\gamma_{gasolina} = 1,1 \times 10^{-3}\ ^oC^{-1}$ e $\alpha_{aço} = 1,1 \times 10^{-5}\ ^oC^{-1}$

Questão 26

Em uma experiência para determinarmos o coeficiente de dilatação linear do vidro, tomamos um frasco de vidro de volume 1000cm3 e o preenchemos totalmente com mercúrio (coeficiente de dilatação volumétrico = 1,8 . $10^{-4}{}^oC^{-1}$). Após elevarmos a temperatura do conjunto de 100ºC, observamos que 3cm^3 de mercúrio transbordam.

Dessa forma, podemos afirmar que o coeficiente de dilatação linear do vidro que constitui esse frasco vale

a) 5,0 . $10^{-5}{}^oC^{-1}$

b) 4,0 . $10^{-5}{}^oC^{-1}$

c) 3,0 . $10^{-5}{}^oC^{-1}$

d) 2,0 . $10^{-5}{}^oC^{-1}$

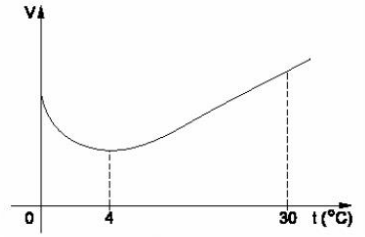
e) 1,0 . $10^{-5}{}^oC^{-1}$

Questão 27

Um fio de aço de secção transversal A = 1,0 mm², com coeficiente de dilatação linear $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} °C^{-1}$ e módulo de elasticidade $E = 2,2 \cdot 10^{7}$ N/cm², sustenta na vertical um corpo de peso P. O fio experimenta uma variação de temperatura $\Delta\theta = -20°C$. Qual o acréscimo que se deve dar ao peso P de forma que o comprimento do fio não se altere ?

Questão 28

O diagrama mostra o volume **V** de uma amostra de água, em função da temperatura **t**.



Com base no diagrama, considere as asserções:

I. A água apresenta dilatação aproximadamente regular no intervalo de temperatura de 10ºC a 30ºC.

II. A densidade da água aumenta quando a temperatura passa de 1ºC para 4ºC.

III. A densidade da água diminui quando a temperatura passa de 20ºC para 10ºC.

Dessas asserções, somente:

a) **I** é correta.

b) **II** é correta.

c) **III** é correta.

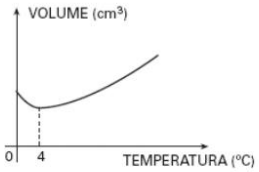
d) **I** e **II** são corretas.

e) **I** e **III** são corretas.

Questão 29

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

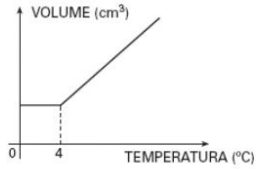
a)



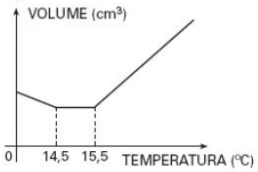
b)

ANOTAÇÕES

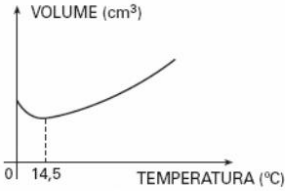
ANOTACÕES



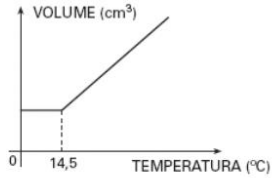
c)



d)



e)



Questão 30

Ao ser submetida a um aquecimento uniforme, uma haste metálica que se encontrava inicialmente a 0°C sofre uma dilatação linear de 0,1% em relação ao seu comprimento inicial. Se considerássemos o aquecimento de um bloco constituído do mesmo material da haste, ao sofrer a mesma variação de temperatura a partir de 0°C, a dilatação volumétrica do bloco em relação ao seu volume inicial seria de:

a) 0,33%.

b) 0,3%.

c) 0,1%.

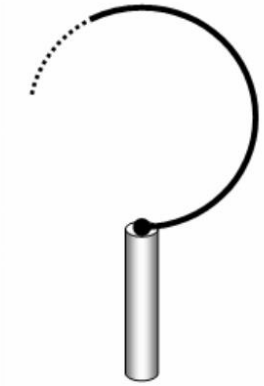
d) 0,033%.

e) 0,01%.

Questão 31

Um fio metálico de diâmetro desprezível é usado como termômetro e tem a forma de um arco de círculo de 2 rad. A peça é presa por uma das extremidades a um cilindro de boa isolação térmica, conforme a figura.

ANOTACÕES



Após uma variação de temperatura de 100 ºC, o metal aumenta de tamanho, conforme ilustrado pela linha tracejada, correspondendo a um acréscimo de um ângulo de 0,04 rad. Com base nessas informações, mostra-se que o coeficiente de dilatação linear do metal é, em $^{o}C^{-1}$

a) 2×10^{-4}

b) 4×10^{-4}

c) 8×10^{-4}

d) 12×10^{-4}

Questão 32

As rodas de uma locomotiva são discos metálicos e feitos de um material cujo coeficiente de dilatação linear é 20.10^{-6} $^{o}C^{-1}$. Quando essa locomotiva faz certo percurso, com as rodas à temperatura de 50 ºC, cada uma delas realiza 40 000 voltas completas. Se as rodas da locomotiva estivessem à temperatura de 0 ºC, o número de voltas inteiras que cada uma daria, quando a locomotiva realizar esse mesmo percurso, seria

a) 40 030

b) 40 040

c) 40 050

d) 40 060

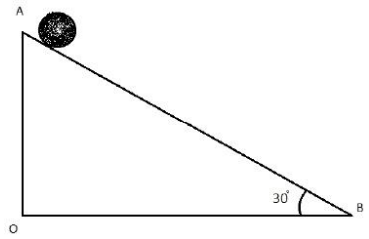
e) 40 070

Exercícios de Aprofundamento ☺

ANOTAÇÕES

Questão 01

Sobre um plano inclinado OAB, uma esfera de cobre de 1 cm de raio é abandonada, do ponto A, a uma temperatura inicial de 0°C. No ponto B, do plano inclinado, existe um orifício circular , de raio 1,001cm. Durante a queda, a cada segundo, a esfera aumenta a sua temperatura em 2°C. Determine o maior comprimento do plano AB, a fim de que a esfera, ainda consiga passar pelo orifício em B. Dados: $\alpha_{Cu}=10^{-5}°C^{-1}$, g= 10m/s²



a)6250m

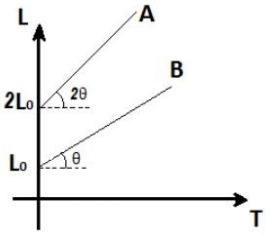
b)3125m

c)650m

d)4280m

Questão 02

Duas barras (A e B) dilatam de acordo com a variação de temperatura conforme o gráfico abaixo. Determine α_A.

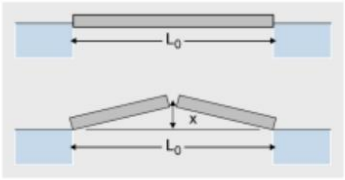


a)$\frac{\alpha_B}{1-L_0^2.\alpha_B^2}$ b)$\frac{\alpha_B}{1+L_0^2.\alpha_B^2}$ c)$\frac{\alpha_B^2}{1-L_0^2.\alpha_B}$ d)$\frac{\alpha_B^2}{1+L_0^2.\alpha_B}$ e)$\frac{1}{2-L_0^2.\alpha_B^2}$

Questão 03

Devido a um aumento de temperatura ΔT, uma barra de comprimento inicial L_0, com um corte no seu centro, entorta para cima (veja figura). O coeficiente de dilatação linear do material da barra é α. O deslocamento, x, sofrido pelo centro da barra está corretamente expresso em termos de L_0, Δt e α.

ANOTACÕES



A) $X = L_0\left(\frac{\alpha\Delta T}{2} + \sqrt{\frac{\alpha\Delta T}{2}}\right)$

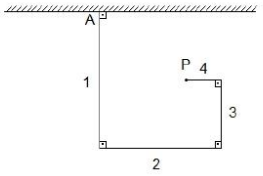
B) $X = \frac{L_0}{2}\left(\sqrt{\alpha^2\Delta T^2 + 2\alpha\Delta T}\right)$

C) $X = \frac{L_0}{2}\left(\sqrt{\alpha^2\Delta T + 2\alpha\Delta T}\right)$

D) $X = \frac{L_0}{2}\left(\sqrt{\alpha\ \Delta T^2 + 2\alpha\Delta T}\right)$

Questão 04

O sistema abaixo é constituído por quatro barras de materiais M_1, M_2, M_3 e M_4. Os coeficientes de dilatação linear são α_1, α_2, α_3 e α_4, respectivamente. Na temperatura θ_1, os comprimentos das barras são 4L, 3L, 2L e L, respectivamente. O sistema está encostado no teto pelo ponto A, conforme indicado na figura. O ambiente sofre então um aquecimento uniforme até a temperatura θ_2. O módulo do vetor deslocamento do ponto P, quando o sistema variar sua temperatura de θ_1 até θ_2 é dado por:



a) $L\Delta\theta(16\alpha_1^2 + 9\alpha_2^2 + 4\alpha_3^2 + \alpha_4^2 + 16\alpha_1\alpha_3 + 6\alpha_2\alpha_4)^{1/2}$

b) $L\Delta\theta(16\alpha_1^2 + 9\alpha_2^2 + 4\alpha_3^2 + \alpha_4^2 - 16\alpha_1\alpha_3 - 6\alpha_2\alpha_4)^{1/2}$

c) $L\Delta\theta(16\alpha_1^2 + 9\alpha_2^2 + 4\alpha_3^2 + \alpha_4^2 - 16\alpha_1\alpha_3 + 6\alpha_2\alpha_4)^{1/2}$

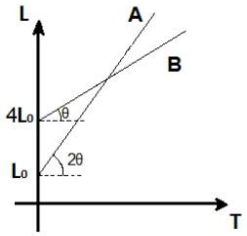
d) $L\Delta\theta(16\alpha_1^2 - 9\alpha_2^2 + 4\alpha_3^2 - \alpha_4^2 + 16\alpha_1\alpha_3 - 6\alpha_2\alpha_4)^{1/2}$

e) $L\Delta\theta(16\alpha_1\alpha_3 + 6\alpha_2\alpha_4 - 16\alpha_1^2 - 9\alpha_2^2 - 4\alpha_3^2 - \alpha_4^2)^{1/2}$

Questão 05

O diagrama mostrado abaixo, representa a dilatação térmica de duas barras A e B de coeficientes de dilatação linear α_A e α_B, respectivamente. Determine o valor de L_0.

ANOTACÕES



a) $L_0 = \frac{1}{4\alpha_B}\sqrt{\frac{\alpha_A - 8\alpha_B}{\alpha_A}}$

b) $L_0 = \frac{1}{2\alpha_B}\sqrt{\frac{\alpha_A - 8\alpha_B}{\alpha_B}}$

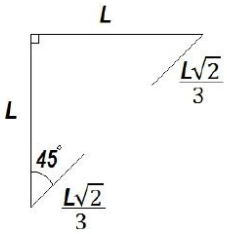
c) $L_0 = \frac{1}{4\alpha_B}\sqrt{\frac{\alpha_A - 8\alpha_B}{\alpha_A + \alpha_B}}$

d) $L_0 = \frac{1}{4\alpha_A}\sqrt{\frac{\alpha_A - 4\alpha_B}{\alpha_A + \alpha_B}}$

e) $L_0 = \frac{1}{2\alpha_A}\sqrt{\frac{\alpha_A - 8\alpha_B}{\alpha_A + \alpha_B}}$

Questão 06

A figura mostra um metal a temperatura inicial T_0. Determine a nova separação entre as extremidades quando sua temperatura é elevada para $2T_0$ Considere o coeficiente de dilatação linear do metal α.

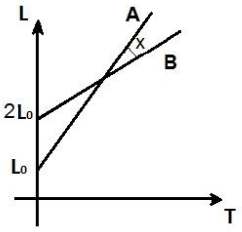


a) $\frac{L\sqrt{2}}{3}(1+2T_0)$ b) $\frac{2L\sqrt{2}}{3}(1+2T_0)$ c) $L\sqrt{2}(1+\alpha T_0)$ d) $\frac{L\sqrt{2}}{3}(1+\alpha T_0)$ e) $\frac{2L\sqrt{2}}{3}(1+2\alpha T_0)$

ANOTACÕES

Questão 07

Duas barras A e B de comprimentos iniciais L_0 e 2 L_0 e coeficientes de dilatação linear α_A e α_B, respectivamente, sofrem dilatação conforme mostra o diagrama abaixo. Determine tg x.



a) $tg\ x = \frac{L_0(\alpha_A+2\alpha_B)}{1+2\alpha_A\alpha_B L_0^1}$

b) $tg\ x = \frac{L_0(3\alpha_A-2\alpha_B)}{1+2\alpha_A\alpha_B L_0^2}$

c) $tg\ x = \frac{L_0(3\alpha_A-2\alpha_B)}{2\alpha_A\alpha_B L_0^2}$

d) $tg\ x = \frac{L_0(\alpha_A-2\alpha_B)}{1+2\alpha_A\alpha_B L_0^2}$

e) $tg\ x = \frac{L_0(\alpha_A+2\alpha_B)}{1+3\alpha_A\alpha_B L_0^2}$

Questão 08

Uma lâmina bimetálica conforme a figura apresenta coeficientes de dilatação linear $\alpha_A < \alpha_B$. Determine o raio da lâmina bimetálica quando a temperatura for elevada ΔT.

a) $R = \frac{h(\alpha_A\Delta T)}{\Delta T(\alpha_A+\alpha_B)}$

b) $R = \frac{h(\alpha_B\Delta T)}{\Delta T(\alpha_A+\alpha_B)}$

c) $R = \frac{h(\alpha_A+\alpha_B)}{\Delta T}$

d) $R = \frac{h(1-\alpha_A\Delta T)}{\Delta T(\alpha_A+\alpha_B)}$

e) $R = \frac{h(1+\alpha_A\Delta T)}{\Delta T(\alpha_B-\alpha_A)}$

ANOTACÕES

Questão 09

Um relógio de pêndulo, construído de um material de coeficiente de dilatação linear α , foi calibrado a uma temperatura de0 °C para marcar um segundo exato ao pé de uma torre, de altura h. Elevando-se o relógio até o alto da torre, observa-se certo atraso, mesmo mantendo-se a temperatura constante. Considerando R o raio da Terra, L o comprimento do pêndulo a 0 °C e que o relógio permaneça ao pé da torre, então a temperatura para a qual se obtém o mesmo atraso é dada pela relação:

a) $\frac{2h}{\alpha R}$ c) $\frac{(R+h)^2 - LR}{\alpha L R}$ e) $\frac{2R+h}{\alpha R}$

b) $\frac{h(2R+h)}{\alpha R^2}$ d) $\frac{R(2h+R)}{\alpha (R+h)^2}$

Questão 10

Um cubo de material de coeficiente de dilatação linear α tem densidade ρ_0 quando encontra-se em uma determinada temperatura. Determine quantos graus devemos incrementar ao cubo para que sua nova densidade resulte em ρ.

a) $\Delta T = \frac{3\rho_0 - \rho}{3\alpha\rho}$

b) $\Delta T = \frac{\rho_0 + \rho}{3\alpha\rho}$

c) $\Delta T = \frac{3\rho_0 + \rho}{3\alpha\rho}$

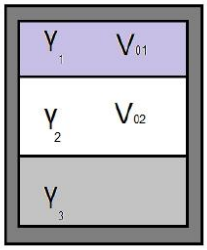
d) $\Delta T = \frac{\rho_0 - \rho}{3\alpha\rho}$

e) $\Delta T = \frac{3\rho_0 - 2\rho}{2\alpha\rho}$

Questão 11

Três líquidos imiscíveis são colocados em um recipiente metálico completamente isolado. Se o coeficiente de dilatação volumétrica e o volume inicial de cada um são conforme a figura, Encontre V_{03} quando o sistema sofrer uma determinada variação de temperatura.

Dado: γ_M= coeficiente de dilatação volumétrica do recipiente.



a) $\frac{V_{01}(\gamma_1 - \gamma_M) + V_{02}(\gamma_2 - \gamma_M)}{\gamma_M - \gamma_3}$

b) $\frac{V_{01}(\gamma_1 + \gamma_M) + V_{02}(\gamma_2 + \gamma_M)}{\gamma_M + \gamma_3}$

c) $\frac{V_{01}(\gamma_1 - \gamma_M) + V_{02}(\gamma_2 - \gamma_M)}{\gamma_M}$

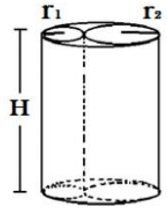
ANOTACÕES

d) $\frac{V_{01}(\gamma_2-\gamma_M)}{\gamma_M+\gamma_3}$

e) $\frac{(V_{01}+V_{02})(\gamma_2-\gamma_M)}{\gamma_M}$

Questão 12

Dois cilindros ocos 1 e 2 , cujos raios e os coeficientes de dilatação cúbicos são r_1 e r_2, γ_1 e γ_2, respectivamente, tangencialmente estão rodeados por um outro cilindro, tal como mostrado na Figura. Determine o valor do coeficiente de dilatação cúbica do último cilindro de tal forma que em qualquer temperatura os cilindros permaneçam tangentes entre si.



a) $\frac{r_1^2\gamma_1+r_2^2\gamma_2}{(r_1+r_2)^2}$ b) $\frac{r_1^2\gamma_1-r_2^2\gamma_2}{(r_1+r_2)^2}$

c) $\frac{r_1^2\gamma_1+r_2^2\gamma_2}{(r_1^2+r_2^2)^2}$ d) $\frac{r_1^2\gamma_2+r_2^2\gamma_1}{(r_1+r_2)^2}$

e) $r_1^2\gamma_1 - r_2^2\gamma_2$

Questão 13

Encontre a velocidade tangencial dos pontos que estão na periferia de um disco de ferro quando sua temperatura aumenta 500°C, sabendo que a 0°C sua velocidade era de 100 m/s, dado: $\alpha_{FE}= 23x10^{-5o}C^{-1}$

a)90,8 m/s

b)100,6 m/s

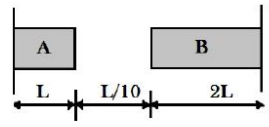
c)94,5 m/s

d)110,4 m/s

e)120,8 m/s

Questão 14

A figura mostra um mecanismo de funcionamento de alarme com duas barras. Determine a temperatura final para que as barras entrem em contato sabendo que $\alpha_A= \alpha$ e $\alpha_B= \beta$. O conjunto encontra-se inicialmente a uma temperatura T_0.



a) $T_F = \frac{2}{\alpha+\beta} - T_0$

ANOTACÕES

b) $T_F = \frac{2}{\alpha+\beta} + T_0$

c) $T_F = \frac{0,1}{\alpha+\beta} - T_0$

d) $T_F = \frac{0,1}{\alpha+2\beta} - T_0$

e) $T_F = \frac{0,1}{\alpha+2\beta} + T_0$

Questão 15

Uma barra de certo metal de 30m de comprimento encontra-se apoiada sobre rodas de 1,5 cm de raio. A barra é aquecida de 80°C ate 380°C, fazendo assim a barra deslizar sobre as rodas. Calcule quantos radianos gira a roda sobre a qual a barra esta livre, sabendo que a outra extremidade encontra-se apoiada inicialmente na parede.

$\alpha_{METAL} = 23x10^{-5}°C^{-1}$

a)138 rad.

b)145 rad.

c)156 rad.

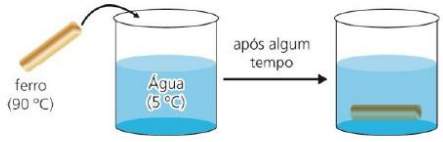
d)170 rad.

e)198 rad.

CALOR

O que é calor

Coloquemos um pedaço de ferro quente (90 ºC) no interior de um recipiente contendo água fria (5 ºC), como mostra a figura. Durante algum tempo a temperatura do ferro quente abaixará e a da égua fria subirá, até que ambas se igualem.



Fenômenos como esse que acabamos de descrever se produzem sempre que colocamos um corpo quente em presença de outro corpo frio, isolados da influência de outros corpos De algum modo, o corpo quente atuará sobre o corpo frio, exclusivamente devido à diferença de temperatura existente entre eles, e não em virtude de qualquer ação mecânica.

Interpretamos esse fenômeno como uma fonte de energia, chamada calor que se transfere do corpo quente para o corpo frio.

Calor é a energia que é transferida de um corpo para outro, exclusivamente devido à diferença de temperatura existente entre os dois corpos

A transferência de calor do quente para o frio não é "infinita" quente vai se esfriando e o frio vai se esquentando. Decorrido terão a mesma temperatura e atingirão o **equilíbrio térmico**. Nesse instante, cessa transferência de calor.

Excetuando-se o caso em que haja mudança de estado de agregação de moléculas, durante a "troca" de calor, ocorrerá o seguinte:

- Á medida que o corpo quente for cedendo calor, sua temperatura irá caindo (fig. a)
- À medida que o corpo frio for recebendo calor, sua temperatura vai aumentando (fig. b).

Evidentemente, haverá um instante em que as temperaturas vão se igualar: é o **equilíbrio térmico** (fig. c).

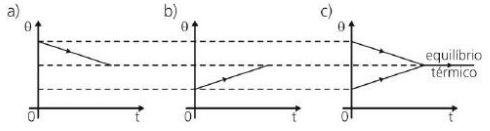


Figura. Evolução da temperatura de cada um dos corpos, quente e frio, quando colocamos em contato térmico. Por simplicidade, admitimos os gráficos retilíneo

Energia térmica, calor e diferença de temperatura

Calor

O calor é uma forma de energia que somente se manifesta quando há uma diferença de temperatura entre dois corpos colocados próximos ou em contato mútuo Por outro lado, é um erro pensarmos que o corpo que cede calor possui mais energia que o outro, ele tem apenas maior temperatura que o outro.

Energia térmica

O conceito de energia térmica nos é familiar: lidamos com ele em nosso dia a dia. Não se pega com as mãos desprotegidas uma bandeja do forno e nem se põe diretamente a mão na chapa do fogão para saber se ela está quente. Sabemos estimar quanto tempo se deve deixar um copo de leite no micro-onda para esquentá-lo. No momento é suficiente saber que existe uma energia relacionada com a temperatura do corpo a ela damos o nome de **energia térmica**.

A energia térmica de um sistema está relacionada com o movimento aleatório e de vibração das partículas (átomos e moléculas) do sistema. Um aumento da temperatura do sistema produz um aumento dessa agitação Consequentemente haverá um aumento da energia cinética de agitação, o que aumentara a energia térmica. Do mesmo modo, abaixando a temperatura diminuirá a energia térmica. Do mesmo modo, abaixando a temperatura diminuirá a energia térmica do sistema. Mais adiante, na Ondulatória, falaremos também da energia térmica das radiações de infravermelho.

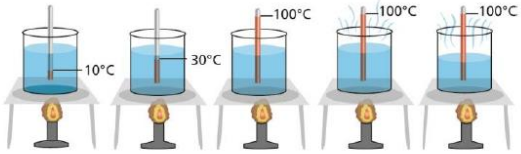
A energia térmica é uma propriedade das partículas que constituem o sistema, portanto está contida nos corpos, enquanto o calor é uma forma de energia que se transfere de um corpo ao outro. São formas diferentes de energia que se transfere de um corpo outro obedecem ao **Princípio da Conservação da Energia**.

O sistema que cedeu calor ficou com menos energia do que tinha, o que recebeu calor ficou com mais energia

Aquecimento de um corpo

Ao apresentar o conceito de calor imaginamos que os dois corpos sofram variação temperatura ao calor. No entanto, há situações em que a temperatura de um dos corpos mantem constante. É o que acontece quando um deles está mudando seu estado da agregação

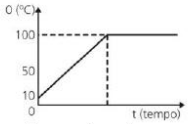
Se aquecermos água sob pressão normal, estando ela inicialmente a 10 °C. verificaremos que a temperatura registrada peto termômetro (sobe gradativamente até alcançar 100 °C A partir desse instante, embora continue o fornecimento de calor, a temperatura permanece constante e a água passa a sofrer uma mudança de estado transformando-se em vapor que escapa do recipiente



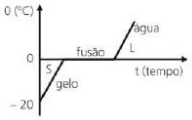
Representando graficamente o processo, colocando em ordenadas os valores da temperatura e em abscissas o tempo decorrido, obtemos a curva do aquecimento representada na figura . A reta paralela ao eixo dos tempos representa a mudança de fase denominada **vaporização** (passagem do liquido para o vapor). Essa paralela e usualmente chamada **patamar**.

Do mesmo modo, se aquecermos um bloco de gelo, estando ele a uma temperatura de –20 °C. ao receber calor ocorrerá o seguinte:

- Inicialmente, haverá apenas um aquecimento até a temperatura de 0 °C
- Atingida a temperatura de 0 °C inicia-se o processo de fusão do gelo vai permanecer constante durante algum tempo, até que haja fusão de todo o gelo.
- Uma vez no estado liquido a temperatura volta a subir



Curva de aquecimento da água sob pressão normal



Curva de aquecimento do gelo.
S = sólido; L = líquido.

Cálculo da quantidade de calor sem mudança de fase

Vamos aquecer um corpo, sólido ou liquido, numa fonte térmica e supor que em nenhum momento houve mudança de estado de agregação, (mudança de fase). A fonte térmica pode ser, por exemplo, uma boca de um fogão a gás ou um bico de Bunsen ou simplesmente outro corpo mais quente. Na figura 9 ilustramos o aquecimento de um liquido com um toco de gás (bico de Bunsen).

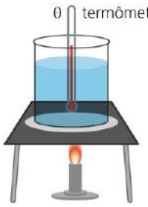


Figura 9. Aquecimento de um líquido usando um bico de Busen

Capacidade

Devido ao aquecimento a temperatura do corpo sofrerá uma variação dada por:

$$\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$$

Verifica-se que para pequenos aquecimentos, a variação de temperatura diretamente proporcional à quantidade de calor fornecido Q, e se escreve

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

A constante C nessa equação é denominada capacidade térmica do corpo. Pode-se escrever que:

$$\boxed{C = \frac{Q}{\Delta\theta}} \qquad ❶$$

A unidade de capacidade térmica e decorrente da equação ❶ e se escreve para o SI: joule por kelvin (J/K). Usa-se também, fora do SI. a caloria por grau Celsius (cal/°C) .

Calor específico

Experimentalmente se verifica que a capacidade térmica de um corpo e proporcional à sua massa.

$$C = c \cdot m \qquad ❷$$

Nessa equação, c é uma constante denominada calor especifico material. O calor especifico é uma propriedade do material que constitui o corpo. Dizemos, por exemplo: calor específico do alumínio, calor específico do ferro, calor especifico do álcool, etc.

Igualando-se as equações ❶ e ❷, obtemos.

$$c \cdot m = \frac{Q}{\Delta\theta} \Rightarrow \boxed{c = \frac{Q}{m \cdot \Delta\theta}} \qquad ❸$$

Decorre da equação a unidade do calor especifico no SI, é o joule por quilograma e por kelvin, simbolizada por J/(kg K).

Ainda usando as unidades tradicionais, também se utiliza para o calor especifico unidade caloria por grama e por grau Celsius simbolizada por cal/(g · °C).

A definição original de caloria e a equação ❸ nos levam ao calor especifico da agua:

$$C_{água} = 1\frac{cal}{g \cdot °C}$$

ou, ainda:

$$C_{água} = 4,4186\frac{1}{g \cdot °C} = 4,186 \cdot \frac{1}{kg \cdot K}$$

Potencia térmica da fonte de calor

A fonte de calor fornece ao corpo a ser aquecido uma quantidade de calor Q num intervalo de tempo Δt.

Definimos **potência da fonte** do mesmo modo como definimos na Mecânica quociente entre a energia e o intervalo de tempo. No caso, a energia é o calor e costuma-se chamar a potência da fonte de **potência térmica**.

$$P_{tém} = \frac{\text{quantidade de calor}}{\text{intervalo de tempo}} \Rightarrow \boxed{P_{tém} = \frac{Q}{\Delta t}}$$

Recordemos que a unidade de potência no SI é o watt (W) e cujo correspondência como o joule e o segundo é:

$$1\ W = 1\ J/s$$

A unidade cal/s ou cal/min é também uma unidade de potência térmica, mas não tem nome próprio.

Trocas de calor

Vamos idealizar um ambiente que isole tecnicamente os corpos A e B do meio exterior e que também não absorva nenhum calor dos corpos. Vamos chamá-lo de caixa térmica (fig. 10). Tecnicamente isolados, os corpos A e S trocam calor mutuamente, e se pode dizer que o calor cedido pelo corpo A e igual ao calor recebido pelo corpo B obedecendo ao Princípio da Conservação da Energia.

$$|Q_{cedido}| = |Q_{recebido}|$$

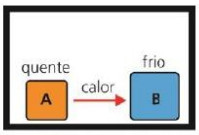
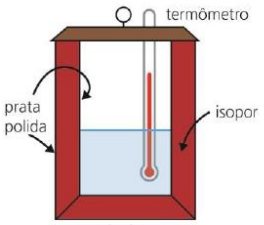


Figura 10. No interior de uma caixa térmica, corpos A e B isolados do ambinete trocam calor.

As paredes da caixa térmica são chamadas **adiabáticas**, por não deixarem passar o calor. Um exemplo bastante simples de um caixa térmica é uma caixa de isopor, com a qual estamos bastante familiarizados e até usamos para manter um alimento gelado por algum tempo Ela também mantém o corpo quente por algum tempo, pois suas paredes se opõem â passagem do calor.

Nos laboratórios de Física, usam-se os **calorímetros** nos experimentos de Termometria e de Calorimetria. Eles não são ideais, mas funcionam muito bem para pequenos intervalos de tempo. Chamamos de **calorímetro ideal** aquele que tem as paredes adiabáticas Incluindo-se a tampa) e que também não absorva calor dos corpos em seu interior.



Calorímetro

Um calorímetro é constituído de dois recipientes cilíndricos de cobre ou de prata, separados por um terceiro recipiente cilíndrico de isopor, como um sanduíche (fig. 11).

Observação

A expressão troca de calor ficou consagrada na Calorimetria, embora o calor seja dado por um único corpo e recebido por outro

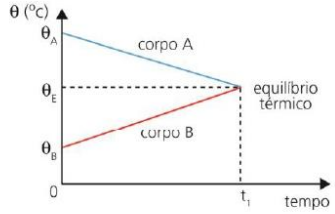
Balanço energético. Principalmente das trocas de calor

Voltemos à figura 10, onde os corpos A e B estão trocando calor num ambiente ideal. Haverá transferência de calor do corpo A para o corpo B até que atinja o equilíbrio térmico onde a temperatura final será θ_f. Devemos acompanhar o processo por meio de um gráfico que nos mostre a evolução das temperaturas dos corpos com o tempo conforme na figura abaixo.

Observamos que a temperatura de A está caindo enquanto a de B está subindo. Ao se igualarem, quando os gráficos se cruzem, atingirão o equilíbrio térmico. A temperatura se estabiliza em θ_f.

Verifica-se que:

$$\Delta\theta_A = \theta_f - \theta_A < (\text{negativo}) = Q_{cedido} < 0$$
$$\Delta\theta_0 = \theta_f - \theta_B < (\text{positivo}) = Q_{recebido} < 0$$



Evolução da temperatura dos corpos A e B até o equilíbrio térmico

Sabemos que:

$$|Q_{cedido}| = |Q_{recebido}|$$

Retiremos os módulos:

$$-Q_{cedido} = Q_{recebido}$$

Então, colocando as duas parcelas no mesmo da equação, temos:

$$\boxed{Q_{cedido} + Q_{recebido} = 0}$$ (Princípios das trocas de calor)

A soma do calor cedido com o calor recebido é sempre igual a zero.

Aplicando a equação ❹ em cada parcela, temos:

$$m_A \cdot C_A \cdot \Delta\theta_A + m_B + C_B - \Delta\theta_B = 0$$

O que foi feito, no exemplo 5, para dois corpos trocados calor pode ser generalizado para *n* corpos escreve:

$$\boxed{Q_1 + Q_2 + Q_3 + ... + Q_n = 0} \quad \text{ou} \quad \boxed{\sum Q = 0}$$

Atingido o equilíbrio térmico entre os n corpos, o somatório de todas as quantidades de calor postas em jogo é igual a zero.

Nomenclatura de mudança de fase

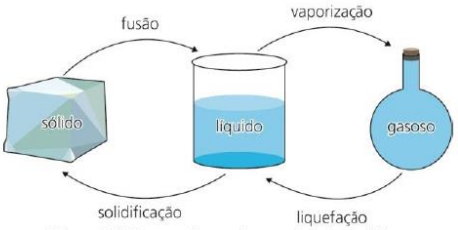


Figura 14. Nomes das mudanças de estado físico

Resumidamente, usando a seguinte nomenclatura para mudança de estado físico.

A **fusão** e a passagem do estado sólido para o estado líquido. Ha necessidade de se fornecer energia ao sistema para desfazer a sua estrutura rígida e liberar os átomos ou moléculas para se movimentarem.

A **vaporização** é a passagem do estado liquido para o estado de vapor ou gasoso. Há necessidade de se fornecer energia ao sistema para desfazer os aglomerados de moléculas e aumentar a mobilidade de partículas. A vaporização também é conhecida como ebulição.

A **liquefação** é a passagem do estado gasoso para o estado líquido. Retira-se energia do sistema. A liquefação também é chamada de condensação.

A **solidificação** é a passagem do estado liquido para o estado sólido para restaurar a sua estrutura rígida. Retira-se energia do sistema.

Calor de transformação

A quantidade de calor que é fornecida ou retirada de um corpo para mudança de estado físico depende de sua massa e da substância com a qual ele foi feito. Definiu-se então uma grandeza característica de cada substância e da respectiva mudança de fase o **calor de transformação**.

Calor de transformação é a quantidade de energia, por unidade de massa, para que uma substância mude totalmente de fase. Indicaremos o calor de transformação por *L*.

A água, por exemplo, apresenta dois calores de transformação: um de fusão o outro de vaporização.

- Calor de fusão: $L_{fu} = 79,5\dfrac{cal}{g}$
- Calor de vaporização: $L_{vap} = 539\dfrac{cal}{g}$

Na tabela 2 temos o calor de transformação de algumas substâncias Observe que a unidade do calor de transformação é de energia por massa

Substância	Calor de fusão (L_{fu})	Calor de vaporização (L_{vap})
	cal/g	cal/g
água	79,5	539
chumbo	5,5	205
prata	25	558
cobre	49,5	1130

Tabela 2. Valores de calor de transformação de algumas substâncias.

Observação

É comum em exercícios arredondar-se os valores dos calores latentes de fusão e de vaporização da água respectivamente para 80 cal/g e 540 cal/g

Cálculo da quantidade de calor na mudança de estado

Se o calor de transformação *L* mede a quantidade de calor por unidade de massa para mudar o estado de uma substância, então, para o corpo inteiro, basta multiplicarmos esse resultado pela sua massa. Assim, um corpo de massa *m*, seja ele sólido, liquido ou gasoso, necessitará, para mudar de estado, de uma quantidade de calor Q, dada por:

$$\boxed{Q = m \cdot L}$$

Leis da mudança de estado de agregação

A mudança de estado obedece a algumas regras importantes, às quais chamaremos de leis de transformação ou leis da mudança de estado.

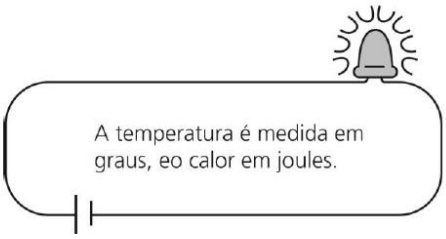
1ª Lei: Durante a mudança de estado, a temperatura da substância permanece constante, desde o início do processo até o seu final, desde que a pressão seja mantida constante.

Vimos, no item 3 (página 56), que o gelo durante o processo de fusão se manteve à temperatura de 0 °C. Durante o processo de vaporização da água, a temperatura se manteve constante em 100 °C.

2ª Lei: Toda substância possui uma temperatura de fusão e uma de vaporização. Esses valores são propriedades de cada substância e dependem da pressão.

A água tem o seu ponto de fusão a 0 °C, o alumínio tem ponto de fusão a 660 °C. O ponto de vaporização da água é 100 °C e o do alumínio é 2 330 °C.

3ª Lei: A temperatura de solidificação de uma substância coincide com a de fusão se mantida a mesma pressão. Também coincidem a temperatura de vaporização e n ri condensação, se mantida a mesma pressão.



Calor

Quando você toca numa estufa aquecida, a energia passa para sua mão, porque a estufa está mais quente do que ela. Por outro lado, quando você encosta sua mão um pedaço de gelo, a energia sai de sua mão para o gelo, que é mais frio. O sentido transferência espontânea de energia é sempre do corpo que está mais quente para m vizinho mais frio. A energia transferida de uma coisa para outra por causa de uma diferença de temperatura entre elas é chamada de **calor**.

É importante observar que a matéria não contém calor. Isso foi descoberto por Rumford em seus experimentos entediantes com canhões, como já mencionamos, Rumford, e pesquisadores que seguiram seus passos, perceberam que a matéria contém energia cinética molecular e possivelmente energia potencial, *não calor*. Calor *energia em trânsito* de um corpo a uma temperatura mais alta para outro a uma temperatura mais baixa. Uma vez transferida, a energia deixa de ser calor. (Como analogia, o trabalho também é energia em trânsito. Um corpo não contém trabalho. Ele realiza trabalho ou trabalho é realizado sobre ele.) Nos capítulos anteriores, de-minamos a energia resultante de fluxo de calor de energia térmica, para deixar claro vínculo entre calor e temperatura. Neste capítulo, empregaremos o termo preferido pelos cientistas, *energia interna*.

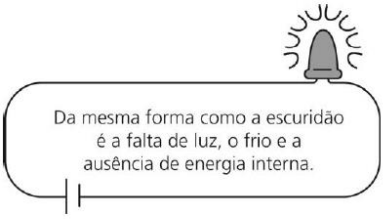
A energia interna é a soma total de todas as energias no interior de uma substância. Além da energia cinética translacional da agitação molecular em uma substância, existe energia cm outras formas. Existe a energia cinética rotacional das moléculas c a energia cinética devido ao movimento interno dos átomos dentro das moléculas. Existe também a energia potencial devido às forças entre as moléculas. De modo que uma substância não contém calor - ela contém energia interna.

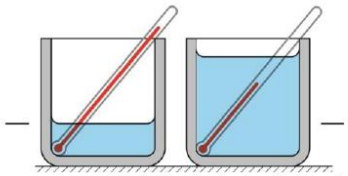
Quando uma substância absorve ou cede calor, a sua energia interna, correspondentemente, aumenta ou diminui. Em alguns casos, como quando o gelo se derrete, o calor absorvido de fato não aumenta a energia cinética molecular, mas transforma-se em outras formas de energia. Neste caso, a substância sofre uma mudança de fase, o que será abordado detalhadamente no Capítulo 17.

Para dois objetos em contato térmico, o calor flui de uma substância a uma temperatura mais alta para outra a uma temperatura mais baixa. Mas não necessariamente flui de uma substância com mais energia interna para outra com menor energia interna. Existe mais energia interna cm uma tigela de água morna do que cm uma tachinha incandescente; se ela for imersa cm água, o fluxo de calor não ocorrerá da água morna para a tachinha. Pelo contrário, o calor fluirá da tachinha quente para a água mais fria. O calor jamais flui espontaneamente de uma substância a uma temperatura mais baixa para outra substância a uma temperatura mais alta.

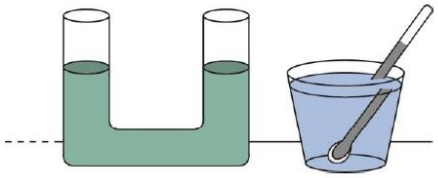
Quanto flui de calor depende não apenas da diferença entre as temperaturas das substâncias, mas também da quantidade de material que existe. Por exemplo, um barril cheio de água quente transferirá mais calor para uma substância mais fria do que uma xícara cheia com água à mesma temperatura. Existe mais energia interna na porção de água maior.

Existe mais energia cinética molecular em um recipiente cheio de água morna do que em uma pequena xícara de chá cheia de água a uma temperatura alta.





Embora uma mesma quantidade de calor tenha sido transferida para os dois recipientes, a temperatura cresce mais no recipiente com menor quantidade de água.



Embora uma mesma quantidade de calor tenha sido transferida para os dois recipientes, a temperatura cresce mais no recipiente com menor quantidade de água.

PAUSA PARA TESTE

1. Suponha que você aqueça 1 L de água no fogo por um certo tempo, e que sua temperatura se eleve em 2 °C. Se você colocar 2 L de água no mesmo fogo pelos menos tempo, em quanto se elevará a temperatura?
2. Quando uma bola de gude veloz colide com um punhado de bolas de gude lentas, espalhando-as, normalmente a bola de gude originalmente veloz torna-se mais rápida ou mais lenta? O que perde energia cinética e o que ganha energia cinética, a cola de gude incialmente veloz ou as que eram inicialmente lentas? Como essas questões se relacionam com o sentido da transferência de calor?

Verifique sua resposta

1. Sua temperatura se elevará em apenas 1 °C, pois existem duas vezes mais moléculas em 2 L de água e cada uma delas recebe apenas a metade daquela energia, em média.
2. A bola de gude veloz toma-se mais lenta ao colidir com as mais lentas. Ela acaba cedendo parte de sua energia cinética para as mais lentas. O mesmo ocorre com o fluxo de calor. Moléculas com mais energia cinética em contato com outras com menos energia cinética cedem parte de seu excesso de energia para as menos energéticas. O sentido da transferência de energia é do quente para o frio. Entretanto, tanto para bolas de gude como para moléculas, a energia total antes e depois do contato é a mesma.

Medindo calor

Vimos que calor é o fluxo de energia de um objeto para outro devido a uma diferença de temperatura. Uma vez que calor é um trânsito de energia, ele é medido em joules. No Brasil, uma unidade mais comum de calor é a caloria. A caloria é definida como a quantidade de calor requerida para alterar a temperatura de um grama de água em um grau Celsius.

O conteúdo energético dos alimentos e dos combustíveis é determinado por meio de sua queima e da medição da energia liberada. (Seu corpo "queima" a comida uma taxa lenta). A unidade de calor usada nos rótulos de alimentos industrializados e realmente a 1 quilocaloria, que equivale a 1.000 calorias (o calor requerido para elevar a temperatura de 1 quilograma de água em 1 °C). Para diferenciar essa unidade da caloria de menor valor, a unidade de calor empregada em alimentos é chamada de uma *Caloria* (escrita com a letra maiúscula C). É importante lembrar que a caloria i e *Caloria* são unidades de energia. Esses nomes são reflexos da antiga ideia de que o calor fosse um fluido invisível chamado de calórico. Essa visão persistiu, mesmo depois dos experimentos de Rumford, até o século XIX.

Agora sabemos que o calor é uma forma de transferência de energia, e não uma substância com sua própria existência, de maneira que não é necessário que ela tenha como a unidade. Algum dia, caloria poderá dar lugar à unidade do SI, o joule, como a unidade usual para medir calor. (A relação entre calorias e joules é 1 caloria = 4,184 joules). Neste livro, aprendemos sobre o calor usando a caloria, a unidade conceitualmente mais simples – porém, no laboratório, você poderá usar o equivalente em joules, em que uma entrada de 4,184 joule eleva em 1 °C a temperatura de 1 grama de água.

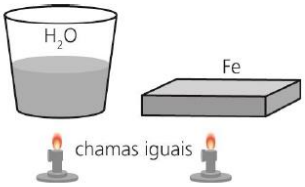
PAUSA PARA TESTE

Uma tachinha de ferro e um grande parafuso também de ferro são retirados de um forno quente. Eles estão vermelhos de tão quentes e se encontram a mesma temperatura Quando forem mergulhados em recipientes idênticos, com água nas mesmas temperaturas, qual deles elevará mais a temperatura da água?

Verifique sua resposta

O pedaço maior de ferro possui mais energia interna para transferir para a água e, portanto, aquece mais a água do que a tachinha. Embora eles tenham a mesma temperatura inicial (a mesma energia cinética média por molécula), o parafuso com mais massa, possuí mais moléculas e, portanto, maior energia total – energia interna. Este exemplo ressalta a diferença existente entre temperatura e energia interna.

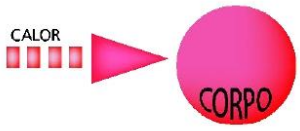
Para uma pessoa que é um "vigilante do peso", o amendoim contém 10 Calorias; para o físico, ele libera 10.000 calorias (ou 41.840 joules) de energia quando é queimado ou consumido.



Massas iguais de água e ferro recebem a mesma quantidade de calor. Porque a pessoa se queima ao tocar no pedaço de ferro e pode tranquilamente permanecer em contato com a água?

EFEITOS MACROSCÓPICOS DA VARIAÇÃO DA ENERGIA INTERNA DEVIDO AO CALOR

Quando um corpo troca calor com um meio externo (cedendo ou recebendo), pode ter dois comportamentos:



- Variar a temperatura.
- Mudar de estado físico.

Quando um corpo interage com sua vizinhança, pode ocorrer transferência de energia através do mecanismo calor, caso haja diferença de temperatura entre esse corpo e sua vizinhança.

Por causa dessa transferência, haverá alteração no valor da energia interna do corpo. Energia interna é uma propriedade associada aos componentes microscópicos da matéria, contudo está relacionada a propriedades macroscópicas: temperatura e estado físico.

Caso a transferência de energia através do mecanismo calor resulte em mudança no valor da temperatura, chama-se o valor da energia transferida de calor sensível. Caso a transferência de energia através do mecanismo calor resulte em mudança de estado físico, chama-se o valor da energia transferida de calor latente.

ESTUDO DO CALOR SENSÍVEL

Quando fornecemos a mesma quantidade de calor a um balde com água e a um copo com água, verificamos que o primeiro pouco esquenta, ao passo que a variação da temperatura do segundo é bem maior.

Isso acontece porque o balde com água tem uma inércia térmica maior que o copo com água.

Lembremos que inércia mecânica representa a resistência que todos os corpos materiais opõem à modificação do seu estado de movimento. Assim, podemos dizer que a inércia térmica é a resistência que todos os corpos materiais opõem à modificação de sua temperatura.

Contudo, por tradição, faremos uso do termo "capacidade térmica" em vez de "inércia térmica".

Capacidade térmica de um corpo (C)

É, por definição, a relação entre a quantidade de calor recebido ou cedido por um corpo e a correspondente variação de temperatura ΔT.

Representa a quantidade de calor necessária para variar a temperatura do corpo em uma unidade.

Assim, podemos fazer uma analogia com a mecânica, associando capacidade térmica à inércia térmica, medindo a dificuldade de se variar a temperatura de um corpo. Ou seja, quanto maior a capacidade térmica de um corpo, maior a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura dele.

Matematicamente:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \therefore Q = C \cdot \Delta T$$

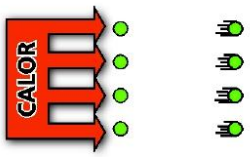
A unidade usual da capacidade térmica é cal/°C. No SI é J/K.

Por simplicidade, consideraremos que a capacidade térmica dos corpos apresenta-se constante durante os experimentos. Contudo, é importante saber que, na prática, a capacidade térmica pode variar com a temperatura. Mas o estudo disso fica para um curso superior...

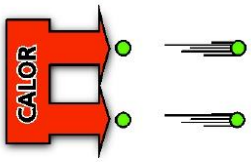
Calor específico de uma substância (c)

No exemplo anterior, fizemos uma comparação entre um balde com água e um copo com água. Notemos agora que a diferença básica entre ambos é a quantidade de água.

Pode-se argumentar que a capacidade térmica do balde com água é maior do que a capacidade térmica do copo com água, porque o primeiro apresenta maior massa. Isso é verdade!



Com um número maior de moléculas (uma vez que há mais massa), a energia é dividida por um número maior de moléculas e, portanto, o acréscimo da energia de uma molécula é menor, dificultando o aumento da temperatura.



Com um número menor de moléculas (uma vez que há menos massa), a energia é dividida por um número maior de moléculas e, portanto, o acréscimo da energia de uma molécula é maior, facilitando o aumento da temperatura.

A capacidade térmica é proporcional à massa do corpo. Contudo, ela depende também do material de que é feito o corpo. Assim, podemos escrever:

$$C = m \cdot c$$

De acordo com essa expressão, a capacidade térmica (C) é proporcional à massa (m).

Finalmente, o c representa a inércia térmica de uma unidade de massa do material de que é feito o corpo. No caso da água, o valor é $1\frac{cal}{g\,°C}$.

A tabela a seguir mostra os valores dos calores específicos para algumas substâncias à pressão de 1 atm.

Substância	Calor específico (cal/g · °C)
água	1,0
álcool	0,6
alumínio	0,22
ar	0,24
carbono	0,12
chumbo	0,031
cobre	0,094
ferro	0,11
gelo	0,5
hélio	1,25
hidrogênio	3,4
latão	0,092
madeira	0,42
mercúrio	0,033
nitrogênio	0,25
ouro	0,032
oxigênio	0,22
prata	0,056
rochas	0,21
vidro	0,16
zinco	0,093

Observando a tabela, podemos notar que, para aquecer 1 g de água em 1 °C é necessário 1 caloria; para aquecer 1 g de rocha em 1 °C é necessário apenas 0,21 caloria. Assim, é "mais fácil" aquecer 1 g de rocha do que aquecer 1 g de água.

Note! Por isso, quando o Sol surge ao amanhecer, a areia da praia (rocha) se aquece mais facilmente (rapidamente) do que a água!

Lembrando que:

$$Q = C\Delta T$$

Logo:

$$\boxed{Q = mc\Delta T}$$

Convenção de sinais

Já de acordo com as equações anteriores, podemos inferir que:

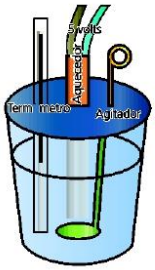
- Entrada de calor no corpo: Q terá valor positivo.
- Saída de calor do corpo: Q terá valor negativo.

Sistema termicamente isolado

Dizemos que um sistema está termicamente isolado quando as partes do sistema (os corpos) trocam calor apenas entre si, mas não com o exterior do sistema.

Para conseguir esse cenário, fazemos uso de um recipiente que isole seu conteúdo termicamente do meio externo. Esse recipiente terá paredes isolantes térmicas, chamadas **paredes adiabáticas**.

Para monitorar a temperatura do interior, faz-se uso de um termômetro. Com isso, construímos um equipamento que recebe o nome de **calorímetro**.



Além do termômetro, temos um agitador e um aquecedor, caso queiramos interferir mecânica ou termicamente com o conteúdo.

Quando colocamos corpos no calorímetro, eles trocaram calor apenas entre si. Pelo Princípio da Conservação da Energia, todo o calor perdido por um dos corpos será absorvido por outro de dentro do calorímetro (uma vez que o calor não sai do calorímetro). Assim, o valor do total de calor recebido é igual ao valor do calor absorvido com o sinal trocado (lembra a convenção de sinais?).

Matematicamente:

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

Exemplo: Se colocarmos em um calorímetro ideal 200 g de água a 25 °C e um cubo de ferro de 50 g a 100 °C, qual a temperatura esperada no equilíbrio térmico, quando cessarem as trocas de calor?

$$Q_{água} + Q_{ferro} = 0$$
$$(mc\Delta T)_{água} + (mc\Delta T)_{ferro} = 0$$
$$200 \cdot 1 \cdot (T - 25) + 50 \cdot 0{,}11 \cdot (T - 100) = 0$$
$$T = 27\ ºC$$

CALORÍMETRO REAL

Um calorímetro real consegue impedir com eficácia apenas a troca de calor com o seu exterior, mas, eventualmente, pode acabar trocando ele mesmo calor com os corpos em seu interior.

Nesses casos, temos de considerar o calor trocado entre os corpos e o calorímetro.

Se o problema fornece a capacidade térmica do calorímetro, use:

$$Q_{calorímetro} = C_{calorímetro}\Delta T$$

Exemplo: Em um calorímetro real de capacidade térmica 50 cal/°C, contendo 200 g de água a 25 °C, introduzimos um cubo de ferro de 50 g a 100 °C. Qual a temperatura esperada no equilíbrio térmico, quando cessarem as trocas de calor?

$$Q_{água} + Q_{ferro} + Q_{calorímetro} = 0$$
$$(mc\Delta T)_{água} + (mc\Delta T)_{ferro} + (C\Delta T)_{calorímetro} = 0$$
$$200 \cdot 1 \cdot (T - 25) + 50 \cdot 0{,}11(T - 100) + 50(T - 25) = 0$$
$$T = 26{,}6\ °C$$

É comum os problemas fornecerem também o **equivalente em água** do calorímetro. Equivalente em água corresponde à massa de água cuja capacidade térmica é a mesma do calorímetro. Em outras palavras, com o valor do equivalente em água (E), conseguimos obter a capacidade térmica do calorímetro da seguinte maneira:

$$C_{calorímetro} = E \cdot C_{água}$$

Por exemplo, se o equivalente em água de um calorímetro é 25 g, e o calor específico da água é 4 J/g °C, então:

$$C_{calorímetro} = E \cdot C_{água} = 25 \cdot 4 = 100\ J/ºC$$

CALOR LATENTE DE MUDANÇA DE FASE

Quando se fornece calor a um corpo, a temperatura dele aumenta até atingir a temperatura de mudança de estado. A partir daí, o calor fornecido é utilizado para alterar a organização microscópica, ou seja, o estado de agregação das moléculas, modificando apenas o valor da energia potencial, mas não a energia cinética das moléculas.

A fusão dos sólidos de estrutura cristalina e a ebulição dos líquidos em geral obedecem a três leis básicas:

1. Para uma determinada pressão, cada substância possui uma temperatura de fusão e outra de ebulição.
2. Para uma mesma substância, as temperaturas de fusão e de ebulição variam com a pressão.
3. Se durante a fusão ou a ebulição de uma substância a pressão permanecer constante, sua temperatura também permanecerá constante.

O calor latente (L) de uma substância é a quantidade de calor (Q), por unidade de massa (m), necessária para efetuar a transição de fase.

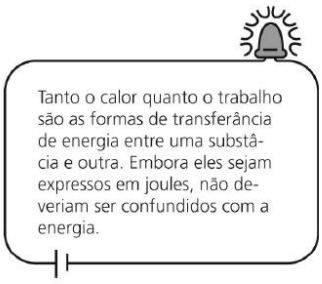
Assim, o calor necessário para efetuar a mudança de fase de um corpo é diretamente proporcional à sua massa. Logo, matematicamente:

$$Q = m_{transformada} \cdot L$$

- Unidades de L:
  Usual: cal/g
  S.I.: J/kg
  Atente para o sinal de L:
  L > 0 quando ocorre absorção de calor.
  L < 0 quando ocorre liberação de calor.

Para a água, os valores são, a 1 atm:

$L_{fusão}$	80 cal/g
$L_{solidificação}$	–80 cal/g
$L_{vaporização}$	540 cal/g
$L_{liquefação}$	–540 cal/g



O recheio de uma torta de maçã aquecida pode estar quente demais, mesmo que a crosta da torta não esteia.

Calor específico

Você provavelmente já notou que certos alimentos permanecem quente por mal tempo do que outro. Se você pegar uma torrada de dentro da torradeira elétrica c simultaneamente derramar sopa quente dentro de uma tigela, alguns minutos mais tarde a topa ainda estará agradavelmente morna, enquanto a torrada terá esfriado. Analogamente, se você esperar um pouco antes de comer um pedaço quente de rosbife e uma concha de purê de batata, ambos inicialmente à mesma temperatura, você descobrirá que a carne esfria mais rápido do que a batata.

Substâncias diferentes possuem diferentes capacidades de armazenamento de energia interna. Se aquecermos uma panela com água no fogão, descobriremos que lesa cerca de 15 minutos para que sua temperatura se eleve da temperatura ambiente até a temperatura de ebulição. Mas se pusermos uma massa igual de ferro no mesmo fogo, descobriremos que ele sofrerá a mesma elevação de temperatura em cerca de dois minutos. Para a prata, o tempo seria inferior a um minuto.

Diferentes materiais requerem diferentes quantidades de calor para elevar a temperatura de uma determinada massa desse material em um determinado número de graus. Isso se deve parcialmente ao fato de que materiais diferentes absorvem energia de maneiras diferentes. A energia absorvida pode vir a ser compartilhada entre os diversos tipos de energia, incluindo a rotação molecular e energia potência, o que eleva menos a temperatura. Exceto nos casos especiais tais como o do hélio liquido, a energia é sempre compartilhada entre os diferentes tipos de movimento, porém em graus diferentes.

Enquanto um grama de água requer uma caloria de energia para que tua temperatura se eleve cm um grau Celsius, apenas cerca de um oitavo dessa energia é gaita para elevar a temperatura de um grama de ferro na mesma quantidade de graus. A água absorve mais calor por grama do que o ferro para uma mesma variarão de sua temperatura. Dizemos, então, que a água possui uma **capacidade térmica específica** - mais conhecida simplesmente *calor especifico* – maior do que a do ferro.

O calor especifico de qualquer substância e definido como a quantidade de calor requerida para alterar a temperatura de uma unidade de massa da substância cm um grau.

Podemos pensar no calor especifico como tendo uma espécie de "inércia térmica". Lembre-te de que inércia é um termo empregado na mecânica para significar a resistência de um objeto a mudança cm teu estado de movimento. O calor especifico é uma espécie de inércia térmica, porque significa a resistência de uma substância a mudanças em tua temperatura.

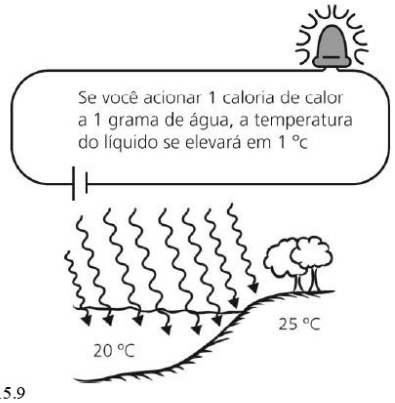
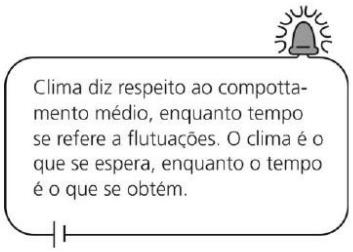


Figura 15.9
Como a água possui um grande calor específico e é transparente, ela requer mais energia para se aquecer do que o solo. A energia solar incidente sobre a terra do solo fica concentrada na superfície, mas a que incide na água estende-se abaixo da superfície e, desse modo, é "diluída" pelo líquido.

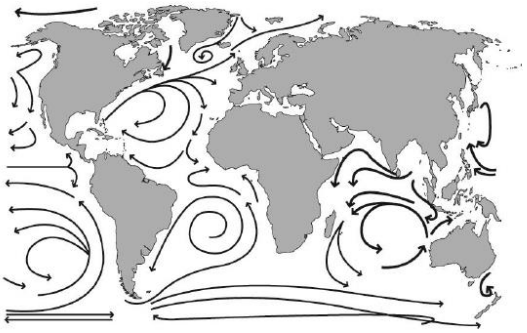


O grande calor específico da água

A agua possui uma capacidade de armazenamento de energia melhor do que a grande maioria dos materiais, mas alguns materiais incomuns são ainda melhores. Uma quantidade relativamente pequena de agua absorve uma grande quantidade de calor para haver uma elevação correspondentemente pequena de Mia temperatura. Por causa disto, a água é um agente muito útil para refrigerar sistemas encontrado em automóveis e outras máquinas. Se um liquido de baixo calor especifico fosse usado para refrigerar tais sistemas, sua temperatura te elevaria mais, para uma mesma absorção de calor.

A água também leva muito tempo para esfriar, fato que explica por que, no passado, costumava-se usar bolsas de água quente nas noites frias do inverno. (Em muitos lugares, foram substituídas por cobertores elétricos.) Essa tendência da água de resistir a mudanças de temperatura melhora o clima em muitos lugares. Da próxima vez que você estiver olhando um globo terrestre, observe as grandes latitudes da Europa. Se a água não possuísse um grande calor específico, os países da Europa se riam tão gelados quanto a região nordeste do Canada, pois ambas as regiões recebem praticamente a mesma quantidade de luz solar por quilômetro quadrado. Acorrente marítima do Atlântico, conhecida como a Corrente do Golfo, transporta agua quente para o nordeste do Caribe. Essa água retém grande parte de sua energia interna tempo suficiente para alcançar a cotia do Atlântico Norte da Europa, onde, então, te resfria. A energia liberada, uma caloria por grau para cada grama de água que resfria, transfere-te para o ar e é levada pelos ventos que sopram sobre a Europa, vindos do oeste.

Um efeito semelhante ocorre nos Estados Unidos. Os ventos nas latitudes da América do Norte sopram vindos do oeste. Na costa oeste, o ar te move vindo do oceano Pacifico. Por causa do alto calor especifico da agua, a temperatura da agua do oceano não varia muito entre o verão e o inverno. A água é mais fria do que o ar durante o verão, e mais quente do que ele durante o inverno. No inverno, a água aquece o ar que te move sobre ela e, com isto, aquece as regiões costeiras da América do Norte. No verão, a agua resfria o ar e, com isso, as regiões costeiras são resfriadas. Na costa leste, o ar se movimenta indo da costa para o oceano Atlântico. O solo, com um calor especifico menor, fica quente no verão, mas se resfria rapidamente no inverno. Como resultado do grande calor especifico da agua e das direções era que o vento sopra, ai cidades da Conta Oeste de San Francisco são mais quentes no inverno e mais frias no verão do que as cidades da Costa Leste de Washington. D.C., que fica praticamente na mesma latitude.



Ilhas e penínsulas mais ou menos rodeadas por agua não tem os mesmos extremos de temperatura observados no interior de um continente. Quando o ar está quente nos meses de verão. A água o resfria. Quando ele está frio nos meses de inverno, a agua o aquece. A agua, portanto, modera os extremos de temperatura. As altas temperaturas do verão e as baixas temperaturas do inverno, comuns em Manitoba e nas Dakotas, por exemplo, devem-se largamente à ausência de grandes

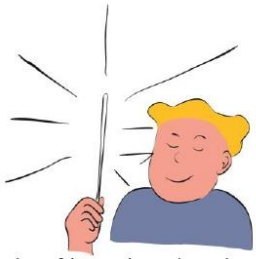
massas de água. Os europeus, ou insulanos e as pessoas que vivem em contato com as correntes de ar oceânico deveriam ser gratos pelo alto calor específico da agua. Os habitantes de San Francisco o são, realmente!

Pausa para teste

O que possuí maior calor específico, a água ou a areia?

VERIFIQUE SUA RESPOSTA

A agua possui o calor especifico mais alto. Assim, a água possui maior inércia térmica e requer mais tempo para se aquecer à luz solar e mais tempo para se resfriar durante a noite. A areia tem baixo calor especifico, como fica evidenciado peta rapidez com que sua superfície esquenta na luz matinal solar e peta rapidez com que ela esfria de noite (Caminhar ou correr de pés descalços sobre a arria escaldante durante o dia e uma experiência muito diferente de caminhar sobre a are» f u» da noite)



A temperatura das faíscas é muito alta, em torno de 2 000 °C. Isso í um bocado de energia por cada molécula das faíscas Entretanto, devido ao pequeno número de moléculas por faísca, sua energia interna é suficientemente pequena para que a brincadeira seja segura. A temperatura e uma coisa, a transferência de energia outra.

ANOTACÕES

Exercícios em Classe

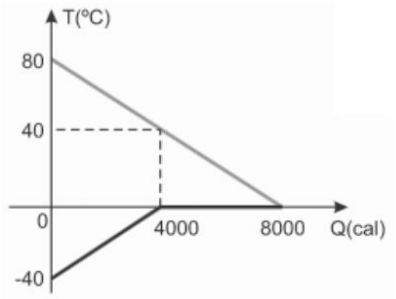
01. Questão

Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até 70 °C. No entanto, a temperatura ideal da água para um banho é de 30 °C. Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água à temperatura ambiente de um outro reservatório, que se encontra a 25 °C. Qual a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?

a) 0,111.
b) 0,125.
c) 0,357.
d) 0,428.
e) 0,833.

02. Questão

Em um calorímetro ideal, misturam-se certa massa de água no estado sólido (gelo) com certa massa de água no estado líquido. O comportamento da Temperatura (T) em função da Quantidade de calor(Q) para essa mistura é representado no gráfico ao lado.



Sabe-se que esse conjunto está submetido à pressão de 1 atm, que o calor latente de fusão do gelo é L= 80cal/g, que o calor especifico do gelo é c=0,5cal/g °C e que o calor especifico da água é c= 1cal/g °C.

Qual é a massa de água no estado líquido no equilíbrio térmico?

a) 50g
b) 100g
c) 150g
d) 300g

03. Questão

Em um calorímetro ideal são misturados 20g de gelo a -20°C com 30g de água a 20°C. Atingindo o equilíbrio térmico, a temperatura da mistura será: (Considere o calor latente de fusão 80 cal/g)

a) -2°C.
b) 0 °C, com 40g de água.
c) 0 °C, com 5,0g de gelo.
d) 0 °C, com 15g de gelo.
e) 2,0 °C.

ANOTAÇÕES

04. Questão

Quando são misturados 40g de água a 10°C e 360g de gelo a -30°C, qual é a temperatura final de equilíbrio térmico ?

Suponha que o gelo e a água não troquem calor com o recipiente nem com o meio externo.

Dado: calor latente de fusão do gelo L= 80cal/g; o calor especifico do gelo c=0,5cal/g °C; calor especifico da água c= 1cal/g °C.

a) -9°C

b) -10°C

c) 0°C

d) 10°C

05. Questão

Para essa questão suponha conhecidos: calor específico da água = 1 cal/g °C, calor específico do gelo = 0,5 cal/g °C, calor latente de fusão de gelo = 80 cal/g.

Introduzem-se 800 g de gelo a –20 °C em um calorímetro ideal que contém 2000 g de água a 20 °C. Espera-se que, atingindo o equilíbrio térmico, a temperatura observada seja:

a) 0 °C com todo o sistema no estado líquido.

b) 0 °C com todo o sistema no estado sólido.

c) 0 °C com 400 g no estado sólido.

d) 11 °C.

e) –11 °C.

06. Questão

Uma caixa de isopor contém 500 ml de água à temperatura de 22°C. Em seu interior, são colocados quatro cubos de gelo idênticos, à temperatura de 0°C. Após algum tempo, é atingido o equilíbrio térmico, à temperatura de 68 °F. Determine a massa de cada cubo de gelo colocado na caixa de isopor. Considere o calor latente 80 cal/g.

a) 5,0 g

b) 2,5 g

c) 10,0g

d) 20,0g

e) 7,5g

07. Questão

Num calorímetro ideal misturam-se 200 g de gelo a – 40 °C com 100g de água líquida a uma temperatura X. Sabendo que, no equilíbrio térmico, coexistem massas iguais de água e gelo, determine a temperatura X. Considere o calor latente de fusão 80 cal/g.

a)10°C

b)20 °C

c)40 °C

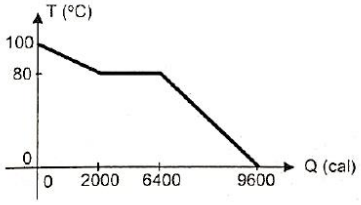
d)80 °C

e)90 °C

ANOTACÕES

08. Questão

O diagrama abaixo representa a temperatura de uma amostra de 200 g de acetona, inicialmente na fase de vapor, à medida que perde calor Q dentro de um refrigerador.



O calor sensível da acetona na fase líquida, na fase vapor e o calor latente de condensação valem, respectivamente:

a) 0,2 cal/g°C; 0,5 cal/g°C; 22 cal/g°C

b) 0,5 cal/g°C; 0,2 cal/g°C; 44 cal/g°C

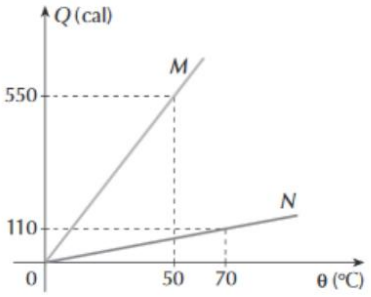
c) 0,05 cal/g°C; 0,2 cal/g°C; 2,2 cal/g°C

d) 0,2 cal/g°C; 0,5 cal/g°C; 2,2 cal/g°C

e) 0,5 cal/g°C; 0,2 cal/g°C; 22 cal/g°C

09. Questão

O gráfico a seguir representa o calor absorvido por dois corpos sólidos M e N em função da temperatura. A capacidade térmica do corpo M, em relação do corpo N, vale



a) 1,4 b) 5,0 c) 5,5 d) 6,0 e) 7,0

10. Questão

Imagine que a água de uma certa piscina tem uma profundidade de 2,0 m e sua superfície possui uma área de 50 m². Se a intensidade da radiação solar absorvida pela água dessa piscina for igual a 800 W/m², o tempo, em horas para a temperatura da água subir de 20 °C para 22 °C, por efeito dessa radiação, será, aproximadamente, igual a

Dados:

Densidade da água = 1 g/cm³

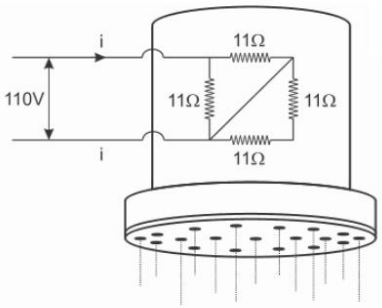
Calor específico da água = 1 cal/g°C

1 cal = 4J

a) 0,8 b) 5,6 c) 1,6 d) 11 e) 2,8

11. Questão

Em um chuveiro elétrico, submetido a uma tensão elétrica constante de 110 V são dispostas quatro resistências ôhmicas, conforme figura abaixo.



Faz-se passar pelas resistências um fluxo de água, a uma mesma temperatura, com uma vazão constante de 1,32 litros por minuto. Considere que a água tenha densidade de 1,0 g /cm³ e calor específico de 1,0 cal / g °C, que 1cal = 4 J e que toda energia elétrica fornecida ao chuveiro seja convertida em calor para aquecer, homogeneamente, a água. Nessas condições, a variação de temperatura da água, em C,°ao passar pelas resistências é

a)25
b)28
c)30
d)35
e)45

ANOTACÕES

Exercícios de Casa

Para um bom aprendizado da física, o estudante deve inicialmente ler a teoria completa do capítulo, escrita pessoalmente pelo Prof: Felipe Costa. Em seguida, deve rever todas as questões resolvidas em classe e que estão copiadas no seu caderno (o caderno é imprescindível!). Só então, o aluno deve partir para a fixação dos conceitos na lista de exercícios de casa. Sugestão: Tenha um caderno dividido em duas metades, uma para as questões de classe e a outra para as questões de casa. Às vésperas do vestibular, na hora da revisão, você verá como valeu a pena ter se organizado.

Questão 01

A energia consumida por uma pessoa adulta em um dia é igual a 2 400 kcal.
Determine a massa de gelo a 0°C que pode ser totalmente liquefeita pela quantidade de energia consumida em um dia por um adulto. Em seguida, calcule a energia necessária para elevar a temperatura dessa massa de água até 30°C.

Questão 02

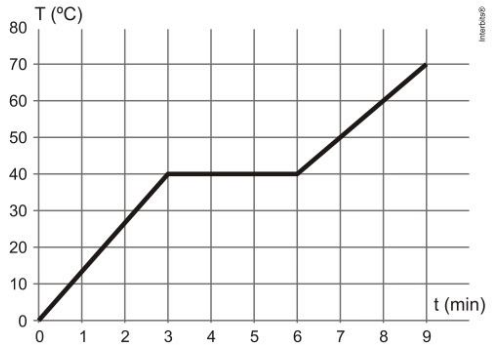
Materiais com mudança de fase são bastante utilizados na fabricação de tecidos para roupas termorreguladoras, ou seja, que regulam sua temperatura em função da temperatura da pele com a qual estão em contato. Entre as fibras do tecido, são incluídas microcápsulas contendo, por exemplo, parafina, cuja temperatura de fusão está próxima da temperatura de conforto da pele, $31\,^{\circ}C$. Considere que um atleta, para manter sua temperatura interna constante enquanto se exercita, libere $1{,}5\times10^{4}$ J de calor através da pele em contato com a roupa termorreguladora e que o calor de fusão da parafina é $L_F = 2{,}0\times10^{5}$ J/kg.
Para manter a temperatura de conforto da pele, a massa de parafina encapsulada deve ser de, no mínimo,
a) 500 g.
b) 450 g.
c) 80 g.
d) 75 g.
e) 13 g.

Questão 03

Uma ferramenta de corte a raio laser consegue cortar vários materiais, como aço carbono, aço inoxidável, alumínio, titânio, plásticos, etc. Supondo, numa situação idealizada para fins de simplificação, que o material sólido a ser cortado estava exatamente na sua temperatura de transição do estado sólido para o líquido; além disso, que o laser foi aplicado e liquefez o material nos trechos em que esteve em contato com ele, porém, sem aumentar a temperatura do material nesses trechos. Pode-se dizer que o laser transferiu para o material uma quantidade de energia associada diretamente
a) ao calor específico do material.
b) ao calor latente de fusão do material.
c) à capacidade térmica do material.
d) ao módulo de compressibilidade do material.
e) ao número de moles do material.

Questão 04

O gráfico representa, em um processo isobárico, a variação em função do tempo da temperatura de uma amostra de um elemento puro cuja massa é de 1,0 kg, observada durante 9 minutos.



A amostra está no estado sólido a 0 ºC no instante $t = 0$ e é aquecida por uma fonte de calor que lhe transmite energia a uma taxa de $2{,}0 \times 10^3$ J/min, supondo que não haja perda de calor.

A partir dos dados do gráfico, pode-se afirmar que esse elemento apresenta uma temperatura de fusão e um calor específico no estado líquido que são, respectivamente,

a) 70 ºC e 180 J/(kg·K).
b) 70 ºC e 200 J/(kg·K).
c) 70 ºC e 150 J/(kg·K).
d) 40 ºC e 180 J/(kg·K).
e) 40 ºC e 200 J/(kg·K).

Questão 05

Três cubos de gelo de 10,0 g, todos eles a 0 °C, são colocados dentro de um copo vazio e expostos ao sol até derreterem completamente, ainda a 0,0 °C. Calcule a quantidade total de calor requerida para isto ocorrer, em calorias. Considere o calor latente de fusão do gelo L_F = 80 cal/g

a) $3{,}7 \times 10^{-1}$
b) $2{,}7 \times 10^{1}$
c) $1{,}1 \times 10^{2}$
d) $8{,}0 \times 10^{2}$
e) $2{,}4 \times 10^{3}$

Questão 06

A presença de vapor d'água num ambiente tem um papel preponderante na definição do clima local. Uma vez que uma quantidade de água vira vapor, absorvendo uma grande quantidade de energia, quando esta água se condensa libera esta energia para o meio ambiente. Para se ter uma ideia desta quantidade de energia, considere que o calor liberado por 100 g de água no processo de condensação seja usado para aquecer uma certa massa m de água líquida de 0°C até 100°C.

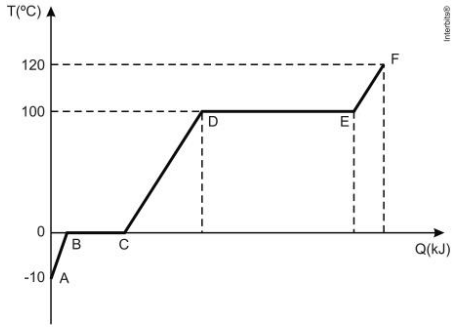
Com base nas informações apresentadas, calcula-se que a massa m, de água aquecida, é:

(Dados: Calor latente de fusão do gelo LF = 80 cal/g; Calor latente de vaporização LV = 540 cal/g; Calor específico da água, c = 1 cal/g°C.)

a) 540 g
b) 300 g
c) 100 g
d) 80 g
e) 6,7 g

Questão 07

O gráfico abaixo, obtido experimentalmente, mostra a curva de aquecimento que relaciona a temperatura de uma certa massa de um líquido em função da quantidade de calor a ele fornecido.



Sabemos que, por meio de gráficos desse tipo, é possível obter os valores do calor específico e do calor latente das substâncias estudadas. Assinale a alternativa que fornece corretamente o intervalo em que se pode obter o valor do calor latente de vaporização desse líquido.

a) AB.
b) BD.
c) DE.
d) CD.
e) EF.

Questão 08

No anúncio promocional de um ferro de passar roupas a vapor, é explicado que, em funcionamento, o aparelho borrifa constantemente 20 g de vapor de água a cada minuto, o que torna mais fácil o ato de passar roupas. Além dessa explicação, o anúncio informa que a potência do aparelho é de 1 440 W e que sua tensão de funcionamento é de 110 V.

Da energia utilizada pelo ferro de passar roupas, uma parte é empregada na transformação constante de água líquida em vapor de água. A potência dissipada pelo ferro para essa finalidade é, em watts,

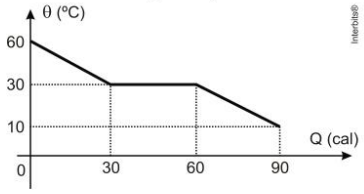
Adote:

• temperatura inicial da água: 25°C
• temperatura de mudança da fase líquida para o vapor: 100°C
• temperatura do vapor de água obtido: 100°C
• calor específico da água: 1 cal/(g °C)
• calor latente de vaporização da água: 540 cal/g
• 1 cal = 4,2 J

a) 861.
b) 463.
c) 205.
d) 180.
e) 105.

Questão 09

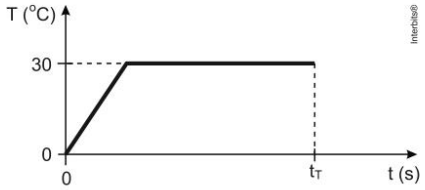
Uma amostra de determinada substância com massa 30 g encontra-se inicialmente no estado liquido, a 60°C. Está representada pelo gráfico abaixo a temperatura dessa substância em função da quantidade de calor por ela cedida. Analisando esse gráfico, é correto afirmar que



a) a temperatura de solidificação da substância é 10°C.
b) o calor específico latente de solidificação é –1,0 cal/g.
c) o calor específico sensível no estado líquido é 1/3 cal/g°C.
d) o calor específico sensível no estado sólido é 1/45 cal/g°C.
e) ao passar do estado líquido a 60°C para o sólido a 10°C a substância perdeu 180 cal.

Questão 10

O gálio (Ga) é um metal cuja temperatura de fusão, à pressão atmosférica, é aproximadamente igual a 30 ºC. O calor específico médio do Ga na fase sólida é em torno de 0,4 kJ/(kg.ºC) e o calor latente de fusão é 80 kJ/kg. Utilizando uma fonte térmica de 100 W, um estudante determina a energia necessária para fundir completamente 100 g de Ga, a partir de 0ºC. O gráfico mostra a variação da temperatura em função do tempo das medições realizadas pelo estudante. Determine o tempo total t_T que o estudante levou para realizar o experimento. Suponha que todo o calor fornecido pela fonte é absorvido pela amostra de Ga. Dê a sua resposta em segundos.



Questão 11

Ao se colocar gelo em um copo com água, verifica-se que a água resfria. Esse fenômeno é explicado pelo fato do(a)
a) gelo liberar calor para água.
b) gelo ceder energia para água.
c) água ceder calor para o gelo.
d) água absorver energia do gelo.

Questão 12

Um estudante de física, ao nível do mar, possui um aquecedor de imersão de 420 W de potência e o coloca dentro de uma panela contendo 2 litros de água a 20°C. Supondo que 80% da energia dissipada seja absorvida pela água, o intervalo de tempo necessário para que 20% dessa água seja vaporizada será aproximadamente de

Dados:
calor específico da água: 1,0 cal/g°C
Calor Latente de vaporização da água: 540 cal/g
Densidade absoluta da água: 1,0 kg/L e 1 cal = 4,2 J
a) 1 h e 13 minutos.
b) 1 h e 18 minutos.
c) 1 h e 25 minutos.
d) 1 h e 30 minutos.
e) 2 h e 10 minutos.

Questão 13

Na preparação caseira de um chá aconselha-se aquecer a água até um ponto próximo da fervura, retirar o aquecimento e, em seguida, colocar as folhas da planta e tampar o recipiente. As folhas devem ficar em processo de infusão por alguns minutos.

Caso o fogo seja mantido por mais tempo que o necessário, a água entrará em ebulição. Considere que a potência fornecida pelo fogão à água é igual a 300 W, e que o calor latente de vaporização da água vale $2,25 \times 10^3$ J/g. Mantendo-se o fogo com a água em ebulição e o recipiente aberto, qual é a massa de água que irá evaporar após 10 minutos?

a) 18 g.
b) 54 g.
c) 80 g.
d) 133 g.

Questão 14

Um cubo de gelo de massa 100 g e temperatura inicial -10 ºC é colocado no interior de um micro-ondas.

Após 5 minutos de funcionamento, restava apenas vapor d' água. Considerando que toda a energia foi totalmente absorvida pela massa de gelo (desconsidere qualquer tipo de perda) e que o fornecimento de energia foi constante, determine a potência utilizada, em W.

São dados:

Pressão local = 1 atm

Calor específico do gelo = 0,5 $cal.g^{-1}.{}^0C^{-1}$

Calor específico da água líquida = 1,0 $cal.g^{-1}.{}^0C^{-1}$

Calor latente de fusão da água = 80 cal. g^{-1}

Calor de vaporização da água = 540 $cal.g^{-1}$

1 cal = 4,2 J

a) 1008
b) 896
c) 1015
d) 903
e) 1512

Questão 15

Uma quantidade de água líquida de massa m = 200 g, a uma temperatura de 30 C^o, é colocada em uma calorímetro junto a 150 g de gelo a 0 C^o. Após atingir o equilíbrio, dado que o calor específico da água é c_a = 1,0 cal/(g . C^o) e o calor latente de fusão do gelo é L = 80 cal/g, calcule a temperatura final da mistura gelo + água.

a) 10 C^o b) 15 C^o
c) 0 C^o d) 30 C^o e) 60 C^o

Questão 16

Uma bola de ferro e uma bola de madeira, ambas com a mesma massa e a mesma temperatura, são retiradas de um forno quente e colocadas sobre blocos de gelo.

Marque a opção que descreve o que acontece a seguir.

a) A bola de metal esfria mais rápido e derrete mais gelo.
b) A bola de madeira esfria mais rápido e derrete menos gelo.
c) A bola de metal esfria mais rápido e derrete menos gelo.
d) A bola de metal esfria mais rápido e ambas derretem a mesma quantidade de gelo.
e) Ambas levam o mesmo tempo para esfriar e derretem a mesma quantidade de gelo.

Questão 17

Um cubo de gelo dentro de um copo com água resfria o seu conteúdo. Se o cubo tem 10 g e o copo com água tem 200 ml e suas respectivas temperaturas iniciais são 0 °C e 24 °C, quantos cubos de gelo devem ser colocados para baixar a temperatura da água para 20 °C? (Considere que o calor específico da água é c_a = 1,0 cal/(g °C), o calor latente de fusão do gelo L = 80 cal/g, e a densidade da água, d = 1 g/ml)

a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

Questão 18

A água apresenta propriedades físico-químicas que a coloca em posição de destaque como substância essencial à vida. Dentre essas, destacam-se as propriedades térmicas biologicamente muito importantes, por exemplo, o elevado valor de calor latente de vaporização. Esse calor latente refere-se à quantidade de calor que deve ser adicionada a um líquido em seu ponto de ebulição, por unidade de massa, para convertê-lo em vapor na mesma temperatura, que no caso da água é igual a 540 calorias por grama.

A propriedade físico-química mencionada no texto confere à água a capacidade de

a) servir como doador de elétrons no processo de fotossíntese.
b) funcionar como regulador térmico para os organismos vivos.
c) agir como solvente universal nos tecidos animais e vegetais.
d) transportar os íons de ferro e magnésio nos tecidos vegetais.
e) funcionar como mantenedora do metabolismo nos organismos vivos.

Questão 19

Considere que um bloco de gelo, inicialmente a 0 °C, seja aquecido a uma taxa constante. Um tempo t é necessário para transformar o bloco de gelo completamente em vapor d'água a 100 °C. O que se tem após o tempo $\frac{t}{2}$?

Considere: calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g; calor específico da água = 1 cal/g.°C e calor latente de vaporização da água = 540 cal/g.

a) Água a uma temperatura entre 0 °C e 100 °C.
b) Apenas gelo a 0 °C.
c) Uma mistura de água e vapor a 100 °C.
d) Uma mistura de gelo e água a 0 °C.

GABARITO - CASA			
01. 900 kcal	**07.** C	**13.** C	**19.** C
02. D	**08.** A	**14.** C	
03. B	**09.** B	**15.** C	
04. E	**10.** 92s	**16.** C	
05. E	**11.** C	**17.** A	
06. A	**12.**B	**18.** B	

COMENTÁRIO - EXERCÍCIOS DE CASA

01. Questão

→ Massa de gelo fundida:

Dados: **Q** = 2.400 kcal; L_f = 80 kcal/kg.

Da expressão do calor latente:

$$Q = m\,L_f \;\Rightarrow\; m = \frac{Q}{L_f} = \frac{2\,400}{80} \;\Rightarrow\; m = 30\ \text{kg}.$$

→ Energia para elevar até 30 °C:

Dados: **m** = 30 kg; **c** = 1 kcal/kg·°C; $\Delta\theta = 30°C$.

Da expressão do calor sensível:

$$Q = m\,c\,\Delta\theta \;\Rightarrow\; Q = 30 \cdot 1 \cdot 30 \;\Rightarrow\; Q = 900\ \text{kcal}.$$

02. Questão

Dado: $Q = 1{,}5 \times 10^4$ J; $L = 2 \times 10^5$ J/kg.

Aplicando a equação do calor latente:

$$Q = mL \;\Rightarrow\; m = \frac{Q}{L} = \frac{1{,}5 \times 10^4}{2 \times 10^5} = 0{,}075\ \text{kg} \;\Rightarrow\; \boxed{m = 75\ \text{g}.}$$

03. Questão

O calor transferido a um material para que ele mude do estado sólido para o líquido está associado ao **calor latente de fusão do material**.

04. Questão

A temperatura de fusão obtemos por leitura direta do gráfico: $T_{fusão}$ **= 40 °C**.

No intervalo de 6 min a 9 min $(\Delta t = 3\text{min})$ o elemento está no estado líquido. Se a potência da fonte é **P** = 2.000 J/min, vamos calcular a quantidade de calor absorvida no aquecimento do líquido de 40 °C e 70 °C $(\Delta\theta = 30°C = 30K)$ e aplicar na equação do calor sensível.

$$\left.\begin{matrix} Q = P\Delta t \\ Q = m\,c\,\Delta\theta \end{matrix}\right\} \;\Rightarrow\; m\,c\,\Delta\theta = P\Delta t \;\Rightarrow\; c = \frac{P\Delta t}{m\,\Delta\theta} = \frac{2.000 \times 3}{1 \times 30} = 200\ \text{J/kg.°C} \;\Rightarrow$$

$$\boxed{c = 200\ \text{J/kg}\cdot\text{K}.}$$

05. Questão

O calor em questão é latente.

$$Q = mL = 3 \times 10 \times 80 = 2.400 \text{ cal} \Rightarrow \boxed{Q = 2,4 \times 10^3 \text{ cal.}}$$

06. Questão

$$Q_{água} = Q_{cond} \Rightarrow m\ c\ \Delta\theta = m_V\ L_V \Rightarrow m = \frac{m_V\ L_V}{c\ \Delta\theta} = \frac{100 \cdot 540}{1 \cdot 100} \Rightarrow m = 540\ g.$$

07. Questão

Comentário: *o enunciado apresenta uma imprecisão, pois afirma que se trata de um líquido. A não identificada substância apresenta-se totalmente na fase líquida apenas no intervalo de **C** a **D**.*

O intervalo **DE** apresenta a vaporização do líquido, onde é possível determinar o calor latente de vaporização.

08. Questão

Dados: 1 cal = 4,2 J; $\theta_0 = 25°C$; $\theta = 100°C$; **c** = 1 cal/g·°C = 4,2 J/g·°C; $\mathbf{L_V}$ = 540 cal/g = 2.268 J/g; **m** = 20 g; Δt = 1 min = 60 s.

O calor total fornecido à massa de água é a soma do calor sensível com o calor latente.

$$Q = Q_S + Q_L \Rightarrow Q = m\ c\ \Delta\theta + m\ L_V \Rightarrow Q = 20 \cdot 4,2(100 - 25) + 20 \cdot 2.268 \Rightarrow$$

$$Q = 51.660\ J.$$

Da expressão da potência térmica:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{51.660}{60} \Rightarrow$$

$$P = 861\ W.$$

09. Questão

De fato:

$$L = \text{calor/massa} = -30/30 = -1 \text{cal/g}$$

10. Questão

Energia necessária para aquecer e fundir 0,1kg (100g) de gálio:

$$Q = Q_{sensível} + Q_{latente} \rightarrow Q = m.c.\Delta T + m.L$$

Substituindo os valores:

$$Q = m.c.\Delta T + m.L \rightarrow Q = 0,1.0,4.30 + 0,1.80 \rightarrow Q = 9,2kJ$$

$$Q = 9200J$$

Da definição de potência temos:

$$P = \frac{Q}{t} \rightarrow t = \frac{Q}{P}$$

Substituindo os valores:

$$t = \frac{Q}{P} \rightarrow t = \frac{9200}{100}$$

$$t = 92s.$$

11. Questão

Pela diferença de temperaturas, ocorre um fluxo de calor da água para o gelo.

12. Questão

Dados: **V** = 2 L; **P** = 420 W; **c** = 1 cal/g.°C = 4,2 J/g.°C; **L** = 540 cal/g = 2.268 J/g; **d** = 1 kg/L; **ΔT** = (100 – 20) = 80 °C.

A massa de água usada é:

$$d = \frac{M}{V} \Rightarrow M = d\,V = 1\,(2) \Rightarrow M = 2\text{ kg} = 2.000\text{ g}.$$

Calculando a quantidade de calor necessária para que 20% da massa (**0,2 M**) de água seja vaporizada:

$$Q = Q_{sensível} + Q_{latente} \Rightarrow Q = M\,c\,\Delta T + (0,2\,M)\,L \Rightarrow Q = 2.000\,(4,2)\,(80) + (0,2 \times 2.000)\,2.268 = 67.200 + 907.200 \Rightarrow Q = 1.579.200\text{ J}.$$

A potência útil é 20% da potência total:

$$P_{útil} = 0,8\,P = 0,8\,(420) \Rightarrow P_{útil} = 336\text{ W}.$$

Aplicando a definição de potência:

$$P_{útil} = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{P_{útil}} = \frac{1.579.200}{336} = 4.700\text{ s} \Rightarrow$$

Δt = 1 h, 18 min e 20 s.

13. Questão

Dados: **L** = $2,25 \times 10^3$ J/g; **P** = 300 W; **Δt** = 10 min = 600 s.

A quantidade de calor liberada pelo fogão é:

$$Q = P\,\Delta t = m\,L \Rightarrow m = \frac{P\,\Delta t}{L} = \frac{300 \times 600}{2,25 \times 10^3} \Rightarrow$$

M = 80 g.

14. Questão

Dados: **m** = 100 g; c_{gelo} = 0,5 cal/g.°C; $L_{fusão}$ = 80 cal/g; $c_{água}$ = 1 cal/g.°C; L_{vap} = 540 cal/g; **Δt** = 5 min = 300 s e 1 cal = 4,2 J.

A quantidade de calor total é igual ao calor sensível do gelo de –10°C até 0 °C, mais o calor latente de fusão do gelo, mais o calor sensível da água de 0 °C a 100 °C e mais o calor de vaporização da água.

Equacionando:

$Q = Q_{gelo} + Q_{fusão} + Q_{água} + Q_{vaporização} \Rightarrow Q = m\,c_{gelo}\,\Delta T_{gelo} + m\,L_{fusão} + m\,c_{água}\,\Delta T_{água} + m\,L_{vap} \Rightarrow$

$Q = 100\,(0,5)\,[0 - (-10)] + 100\,(80) + 100\,(1)\,(100 - 0) + 100\,(540) \Rightarrow$

Q = 500 + 8.000 + 10.000 + 54.000 = 72.500 cal.

Transformando em joules:

Q = 72.500 (4,2) = 304.500 J.

Calculando a potência:

$$Q = \frac{P}{\Delta t} = \frac{304.500}{300} \Rightarrow$$

Q = 1.015 W.

15. Questão

Dados: $m_{ág}$ = 200 g; m_{gelo} = 150 g; T_0 = 30 °C; $c_{ág}$ = 1 cal/g.°C; L_{gelo} = 80 cal/g.

Nesse tipo de problema, envolvendo gelo e água, precisamos sempre verificar se, no equilíbrio térmico, sobra gelo ou se há fusão total. Para isso, temos que comparar o calor latente necessário para fusão do gelo (Q_{gelo}) com o calor sensível liberado pela água ($Q_{água}$) até 0 °C. Assim:

$Q_{gelo} = m_{gelo}\,L_{gelo} = 150\,(80) \Rightarrow Q_{gelo} = 12.000$ cal.

$Q_{água} = m_{ág}\, c_{ág}\, \Delta T = 200\,(1)\,(0-30) \Rightarrow Q_{água} = -6.000$ cal (o sinal negativo indica apenas que houve liberação de calor)

Comparando essas quantidades de calor (em módulo), verificamos que a quantidade de calor necessária para fundir o gelo (12.000 cal) é menor que a quantidade de calor liberada pela água (6.000 cal → apenas metade da necessária). Portanto, apenas metade da massa de gelo se funde e a temperatura de equilíbrio térmico é 0 °C.

16. Questão

As quantidades de calor sensível liberadas por cada uma das bolas são transferidas para os blocos de gelos.

Como o ferro tem maior condutividade térmica que a madeira, ele transfere calor mais rapidamente, sofrendo um resfriamento mais rápido.

A quantidade de calor sensível de cada esfera é igual, em módulo, a quantidade de calor latente absorvida por cada bloco de gelo.

$$|Q|_{bola} = |Q|_{gelo} \Rightarrow mc\,|\Delta T| = m_{gelo}\, L_{gelo} \Rightarrow m_{gelo} = \frac{mc\Delta T}{L_{gelo}}.$$

Como as massas das bolas são iguais e as variações de temperatura também, a massa de gelo fundida em cada caso é diretamente proporcional ao calor específico do material que constitui a bola. Assim, analisando a expressão, vemos que funde menor quantidade de gelo a bola de material de menor calor específico, no caso, a de metal.

17. Questão

Dados: $\mathbf{m_{cubo}} = 10$ g; $\mathbf{L_{gelo}} = 80$ cal/g; $\mathbf{m_{ág}} = 200$ g; $\mathbf{T_0} = 24$ °C; $\mathbf{T} = 20$ °C; $\mathbf{c_{ág}} = 1$ cal/g.°C.

Módulo da quantidade calor liberada pela água para o resfriamento desejado:

$|Q_{ág}| = m_{ág}\, c_{ág}\, |\Delta T| = 200\,(1)\,|20-24| = 800$ cal.

Quantidade de calor necessária para fundir um cubo de gelo:

$Q_{cubo} = m_{cubo}\, L_{gelo} = 10\,(80) = 800$ cal.

Como $|Q_{ág}| = Q_{cubo}$, concluímos que basta um cubo de gelo para provocar o resfriamento desejado da água.

18. Questão

Devido ao alto calor específico da água, ela serve como regulador térmico para os seres vivos. Quando a temperatura do organismo aumenta, ele elimina água na forma de suor. Essa água, ao evaporar, absorve calor desse organismo, regulando sua temperatura. Cada 1 grama que se transforma em vapor absorve 540 cal.

19. Questão

Dados: calor latente de fusão do gelo → $L_g = 80$ cal/g; calor específico sensível da água → $c_a = 1$ cal/g.°C; variação de temperatura → $\Delta T = 100$°C; calor latente de vaporização da água → $L_v = 540$ cal/g; massa de gelo → m.

Calor de fusão do gelo: $Q_g = mL_g = m(80)$;

Calor sensível da água: $Q_a = mc_a\Delta T = m(1)(100) = m(100)$;

Calor de vaporização da água: $Q_v = mL_v = m(540)$;

A quantidade de calor até o instante t é: $Q = Q_g + Q_a + Q_v = m(80) + m(100) + m(540) = m(720)$.

Como o calor é fornecido à taxa constante, até o instante $\frac{t}{2}$ a quantidade fornecida é $\frac{Q}{2} = m(360)$.

Essa quantidade de calor é suficiente para derreter o gelo e aquecer a água até 100°C e vaporizar uma massa m' de água, que pode ser calculada por:

$m(360) = m(80) + m(100) + m'(540) \Rightarrow$

$m'(540) = m(360) - m(180) \Rightarrow$

$$m'(540) = 180\,m \Rightarrow m' = \frac{180m}{540} = \frac{m}{3}.$$

Ou seja, na metade do tempo teremos uma mistura de água e vapor a 100 °C, restando $\frac{2}{3}$ da massa inicial da água

SIMULADO DE CALORIMETRIA 01

Olá, galerinha!! Nessa parte do nosso material, selecionei umas questões especiais para você testar seus conhecimentos absorvidos sobre o assunto. Sugiro que você resolva todas as questões como se realmente fosse um simulado e somente ao final confira o gabarito. No final, disponibilizei para você o gabarito dessas questões e suas respectivas soluções. Faça um bom proveito desse material e caso necessário, conte comigo! ☺

01. Questão

A energia contida nos alimentos

Para determinar o valor energético de um alimento, podemos queimar certa quantidade desse produto e, com o calor liberado, aquecer determinada massa de água. Em seguida, mede-se a variação de temperatura sofrida pela água depois que todo o produto foi queimado, e determina-se a quantidade de energia liberada na queima do alimento. Essa é a energia que tal alimento nos fornece se for ingerido.

No rótulo de um pacote de castanha de caju, está impressa a tabela a seguir, com informações nutricionais sobre o produto.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL Porção 15 g	
Quantidade por porção	
Valor energético	90 kcal
Carboidratos	4,2 g
Proteínas	3 g
Gorduras totais	7,3 g
Gorduras saturadas	1,5 g
Gordura trans	0 g
Fibra alimentar	1 g
Sódio	45 g

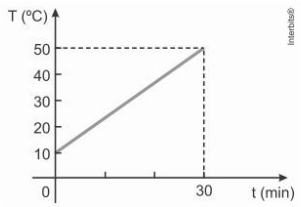
www.brcaju.com.br

Considere que $150\ g$ de castanha tenham sido queimados e que determinada massa m de água, submetida à chama dessa combustão, tenha sido aquecida de $15\ °C$ para $87\ °C$. Sabendo que o calor específico da água líquida é igual a $1\ cal/(g \cdot °C)$ e que apenas 60% da energia liberada na combustão tenha efetivamente sido utilizada para aquecer a água, é correto afirmar que a massa m, em gramas, de água aquecida era igual a

a) 10000. b) 5000. c) 12500. d) 7500. e) 2500.

02. Questão

Um corpo de massa igual a $500g$, aquecido por uma fonte térmica cuja potência é constante e igual a $100\,cal/min$, absorve integralmente toda a energia fornecida por essa fonte. Observe no gráfico a variação de temperatura do corpo em função do tempo.



Calcule o calor específico da substância da qual o corpo é composto, bem como a capacidade térmica desse corpo.

03. Questão

Os cálculos dos pesquisadores sugerem que a temperatura média dessa estrela é de $T_i = 2.700\ °C$. Considere uma estrela como um corpo homogêneo de massa $M = 6,0 \times 10^{24}\ kg$ constituída de um material com calor específico $c = 0,5\,kJ/(kg\,°C)$. A quantidade de calor que deve ser perdida pela estrela para que ela atinja uma temperatura final de $T_f = 700\ °C$ é igual a

a) $24,0 \times 10^{27}$ kJ.

b) $6,0 \times 10^{27}$ kJ.

c) $8,1 \times 10^{27}$ kJ.

d) $2,1 \times 10^{27}$ kJ.

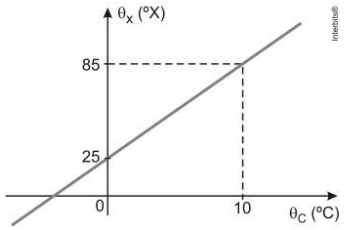
04. Questão

Uma forma de aquecer água é usando aquecedores elétricos de imersão, dispositivos que transformam energia elétrica em energia térmica, mediante o uso de resistores elétricos. Um desses aquecedores, projetado para fornecer energia na razão de 500 calorias por segundo, é utilizado no aquecimento de 500 gramas de água, da temperatura de $20°\,C$ para $80°\,C$. Considerando que toda a energia transferida é aproveitada no aquecimento da água e sabendo que o calor específico da água é $c = 1,0\ cal/g \cdot °C$, o tempo necessário para atingir $80°\,C$ é igual a

a) 60 s
b) 68 s
c) 75 s
d) 84 s
e) 95 s

05. Questão

Para testar os conhecimentos de termofísica de seus alunos, o professor propõe um exercício de calorimetria no qual são misturados 100 g de água líquida a 20 °C com 200 g de uma liga metálica a 75 °C. O professor informa que o calor específico da água líquida é $1\,cal/(g \cdot °C)$ e o da liga é $0,1\,cal/(g \cdot °X)$, onde X é uma escala arbitrária de temperatura, cuja relação com a escala Celsius está representada no gráfico.



Obtenha uma equação de conversão entre as escalas X e Celsius e, considerando que a mistura seja feita dentro de um calorímetro ideal, calcule a temperatura final da mistura, na escala Celsius, depois de atingido o equilíbrio térmico

06. Questão

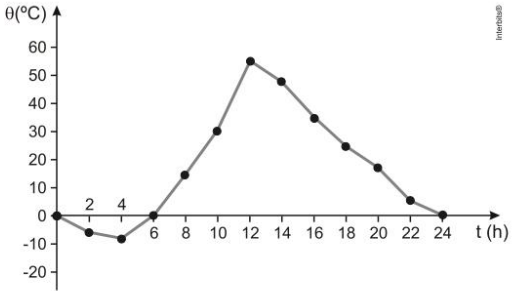
Uma gota de álcool de 10 g, à temperatura de 70 °C, cai em um reservatório com 1000 litros de água a 33 °C.

Dados: Calor específico da água: 1,0 cal/g °C
Calor específico do álcool: 0,6 cal/g °C
Massa específica da água: 1000 kg/m^3

Calcule a quantidade de calor transferida para a água.

07. Questão

O gráfico representa, aproximadamente, como varia a temperatura ambiente no período de um dia, em determinada época do ano, no deserto do Saara. Nessa região a maior parte da superfície do solo é coberta por areia e a umidade relativa do ar é baixíssima.



A grande amplitude térmica diária observada no gráfico pode, dentre outros fatores, ser explicada pelo fato de que

a) a água líquida apresenta calor específico menor do que o da areia sólida e, assim, devido a maior presença de areia do que de água na região, a retenção de calor no ambiente torna-se difícil, causando a drástica queda de temperatura na madrugada.

b) o calor específico da areia é baixo e, por isso, ela esquenta rapidamente quando ganha calor e esfria rapidamente quando perde. A baixa umidade do ar não retém o calor perdido pela areia quando ela esfria, explicando a queda de temperatura na madrugada.

c) a falta de água e, consequentemente, de nuvens no ambiente do Saara intensifica o efeito estufa, o que contribui para uma maior retenção de energia térmica na região.

d) o calor se propaga facilmente na região por condução, uma vez que o ar seco é um excelente condutor de calor. Dessa forma, a energia retida pela areia durante o dia se dissipa pelo ambiente à noite, causando a queda de temperatura.

e) da grande massa de areia existente na região do Saara apresenta grande mobilidade, causando a dissipação do calor absorvido durante o dia e a drástica queda de temperatura à noite.

08. Questão

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo. O Brasil ainda é um dos maiores exportadores desta rubiácea. Ao saborear uma xícara desta bebida em uma cafeteria da cidade, André verificou que a xícara só estava morna. O café foi produzido a $100{,}00\ ^{\circ}C$. A xícara era de porcelana cujo calor específico $c_x = 0{,}26\ cal/g^{\circ}C$ e sua temperatura antes do contato com o café era de $25{,}00\ ^{\circ}C$. Considerando o calor específico do café de $c_c = 1{,}0\ cal/g^{\circ}C$, a massa da xícara $m_x = 50{,}00\ g$ e a massa do café $m_c = 150{,}00\ g$, a temperatura aproximada da xícara detectada por André, supondo já atingido o equilíbrio térmico e considerando não ter havido troca de calor com o ambiente, era:

a) $94{,}00\ ^{\circ}C$
b) $84{,}00\ ^{\circ}C$
c) $74{,}00\ ^{\circ}C$
d) $64{,}00\ ^{\circ}C$
e) $54{,}00\ ^{\circ}C$

09. Questão

A energia consumida por uma pessoa adulta em um dia é igual a 2 400 kcal.
Determine a massa de gelo a 0°C que pode ser totalmente liquefeita pela quantidade de energia consumida em um dia por um adulto. Em seguida, calcule a energia necessária para elevar a temperatura dessa massa de água até 30°C.

10. Questão

Recentemente houve incidentes com meteoritos na Rússia e na Argentina, mas felizmente os danos foram os menores possíveis, pois, em geral, os meteoritos ao sofrerem atrito com o ar se incineram e desintegram antes de tocar o solo. Suponha que um meteorito de 20 kg formado basicamente por gelo entra na atmosfera, sofre atrito com o ar e é vaporizado completamente antes de tocar o solo. Considere o calor latente de fusão e de vaporização da água iguais a 300 kJ/kg e 2200 kJ/kg, respectivamente. O calor específico do gelo é $0{,}5 cal/(g\cdot^{\circ}C)$ e da água líquida é $1{,}0 cal/(g\cdot^{\circ}C)$. Admita que 1 cal é igual a 4,2 J. Supondo que o bloco de gelo estava à temperatura de -10 °C antes de entrar na atmosfera, calcule qual é a quantidade de energia fornecida pelo atrito, em joules, para:

a) aumentar a temperatura do bloco de gelo de -10 °C até gelo a 0 °C.
b) transformar o gelo que está na temperatura de 0 °C em água líquida a 20 °C.

11. Questão

Um sistema é constituído por uma pequena esfera metálica e pela água contida em um reservatório. Na tabela, estão apresentados dados das partes do sistema, antes de a esfera ser inteiramente submersa na água.

Partes do sistema	Temperatura inicial (°C)	Capacidade térmica (cal/°C)
esfera metálica	50	2
água do reservatório	30	2000

A temperatura final da esfera, em graus Celsius, após o equilíbrio térmico com a água do reservatório, é cerca de:

a) 20
b) 30
c) 40
d) 50

12. Questão

Assumindo que o calor específico da água vale $1\,cal/g\,°C$, considere que $100\,g$ de água a $60\,°C$ foram depositadas em uma cuia de chimarrão que já possuía erva-mate e bomba. Suponha que após um rápido intervalo de tempo a água transmitiu 100 calorias para a bomba, 100 calorias para a erva e 30 calorias para a cuia. Qual a temperatura da água no instante exato após terem ocorrido essas transmissões de calor? Para fins de simplificação, ignore qualquer outro evento de perda de energia interna da água que não esteja entre os citados acima.

a) 57,7 °C
b) 52,3 °C
c) 45,0 °C
d) 28,2 °C
e) 23 °C

13. Questão

Com o objetivo de descobrir o calor específico de uma liga metálica, colocou-se $0,5kg$ da liga dentro de um pequeno forno elétrico no qual podia ser lida a seguinte especificação: $120V - 10A$. Considerando que o forno funcionou plenamente de acordo com as especificações e que, após 1 minuto, a temperatura da liga sofreu uma variação de $80K$, pode-se afirmar que o valor encontrado para o calor especifico foi, em $cal/g°C$, de

Dado: $1\,cal = 4J$

a) 0,25
b) 0,30
c) 0,35
d) 0,40
e) 0,45

14. Questão

Considere duas amostras, X e Y, de materiais distintos, sendo a massa de X igual a quatro vezes a massa de Y.
As amostras foram colocadas em um calorímetro e, após o sistema atingir o equilíbrio térmico, determinou-se que a capacidade térmica de X corresponde ao dobro da capacidade térmica de Y.
Admita que c_X e c_Y sejam os calores específicos, respectivamente, de X e Y.

A razão $\frac{c_X}{c_Y}$ é dada por:

a) $\frac{1}{4}$
b) $\frac{1}{2}$
c) 1
d) 2

15. Questão

Para se aquecer um corpo constituído por uma substância de calor específico 0,4 cal/g °C foi utilizado uma fonte térmica que fornece 120 cal/min. Se, no aquecimento, o corpo sofreu um aumento de 50 °C em sua temperatura num intervalo de 15 minutos, então, a massa desse corpo e de

a) 60 g.
b) 80 g.
c) 90 g.
d) 180 g.

16. Questão

Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até 70°C. No entanto, a temperatura ideal da água para um banho é de 30°C. Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água à temperatura ambiente de um outro reservatório, que se encontra a 25°C.
Qual a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?
a) 0,111.
b) 0,125.
c) 0,357.
d) 0,428.
e) 0,833.

17. Questão

Ao trocar calor com o meio ambiente, um corpo de massa 0,5 kg teve sua temperatura reduzida para 20°C, sem sofrer mudança no seu estado físico. Sendo o calor específico da substância que constitui esse corpo igual a 0,175 cal/g °C e a quantidade total de calor transferida igual a 4.900 cal, então, a temperatura inicial do corpo no início do processo era de
a) 72°C.
b) 76°C.
c) 80°C.
d) 84°C.

18. Questão

Um líquido é aquecido através de uma fonte térmica que provê 50,0 cal por minuto. Observa-se que 200 g deste líquido se aquecem de 20,0 °C em 20,0 min.
Qual é o calor específico do líquido, medido em cal/(g °C)?
a) 0,0125
b) 0,25
c) 5,0
d) 2,5
e) 4,0

19. Questão

Em um laboratório, as amostras X e Y, compostas do mesmo material, foram aquecidas a partir da mesma temperatura inicial até determinada temperatura final.
Durante o processo de aquecimento, a amostra X absorveu uma quantidade de calor maior que a amostra Y.
Considerando essas amostras, as relações entre os calores específicos c_X e c_Y, as capacidades térmicas C_X e C_Y e as massas m_X e m_Y são descritas por:
a) $c_X = c_Y \quad C_X > C_Y \quad m_X > m_Y$
b) $c_X > c_Y \quad C_X = C_Y \quad m_X = m_Y$
c) $c_X = c_Y \quad C_X > C_Y \quad m_X = m_Y$
d) $c_X > c_Y \quad C_X = C_Y \quad m_X > m_Y$

20. Questão

O homem utiliza o fogo para moldar os mais diversos utensílios. Por exemplo, um forno é essencial para o trabalho do ferreiro na confecção de ferraduras. Para isso, o ferro é aquecido até que se torne moldável. Considerando que a massa de ferro empregada na confecção de uma ferradura é de 0,5 kg, que a temperatura em que o ferro se torna moldável é de 520 ºC e que o calor específico do ferro vale 0,1 cal/gºC, assinale a alternativa que fornece a quantidade de calor, em calorias, a ser cedida a essa massa de ferro para que possa ser trabalhada pelo ferreiro.

Dado: temperatura inicial da ferradura: 20 ºC.
a) 25
b) 250
c) 2500
d) 25000
e) 250000

Galerinha, confira aqui o gabarito das questões e suas soluções!!! Aproveite!! Caso continue com dúvida, pode me procurar! ☺

GABARITO – SIMULADO 01			
01. D	**07.** B	**13.** E	**19.** A
02.	**08.** A	**14.** B	**20.** D
03. B	**09.**	**15.** C	
04. A	**10.**	**16.** B	
05.	**11.** B	**17.** B	
06.	**12.** A	**18.** B	

COMENTÁRIO DO SIMULADO - 01

01. Questão

Em 150 g de castanha temos 10 porções. Portanto, da tabela, a energia liberada nessa queima é:

$E = 10 \times 90 = 900 \text{ kcal} \Rightarrow E = 900.000 \text{ cal}.$

Como somente 60% dessa energia são usados no aquecimento da água, aplicando a equação do calor sensível, temos:

$$Q = m\,c\,\Delta\theta \Rightarrow 0,6\,E = m\,c\,\Delta\theta \Rightarrow m = \frac{0,6\,E}{c\,\Delta\theta} = \frac{0,6 \times 900.000}{1 \times (87-15)} \Rightarrow$$

$$\boxed{m = 7.500 \text{ g}.}$$

02. Questão

Dados: $m = 500$ g; $P = 100$ cal/min.

$$\left.\begin{cases} Q = m\,c\,\Delta T \\ P = \dfrac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = P\Delta t \end{cases}\right\} \Rightarrow m\,c\,\Delta T = P\Delta t \Rightarrow c = \frac{P\Delta t}{m\,\Delta T} = \frac{100(30)}{500(50-10)} \Rightarrow$$

$$\boxed{c = 0,15 \text{ cal/g} \cdot °C.}$$

$$C = m\,c = 500(0,15) \Rightarrow \boxed{C = 75 \text{ cal/°C}.}$$

03. Questão

$$Q = M\,c\,|\Delta\theta| = 6 \times 10^{24} \times 0,5 \times |700 - 2.700| \Rightarrow \boxed{Q = 6 \times 10^{27} \text{ kJ}.}$$

04. Questão

Dados: $\theta_0 = 20°C;\ \theta = 80°C;\ m = 500\ g;\ P = 500\ cal/s;\ c = 1\ cal/g\cdot°C.$

Aplicando a definição de potência:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{P} = \frac{m\,c\,\Delta\theta}{P} = \frac{500\times1\times(80-20)}{500} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 60\ s.}$$

05. Questão

Dados: $m_A = 100\ g;\ m_L = 200\ g;\ c_A = 1\ cal/g\cdot°C;\ kg/m^3;\ c_L = 0{,}1\ cal/g\cdot°X = 0{,}6\ cal/g\cdot°C.$

– Equação de conversão entre as escalas.

Com os valores do gráfico:

$$\frac{\theta_X - 25}{85-25} = \frac{\theta_C - 0}{10-0} \Rightarrow \frac{\theta_X - 25}{60} = \frac{\theta_C}{10} \Rightarrow$$

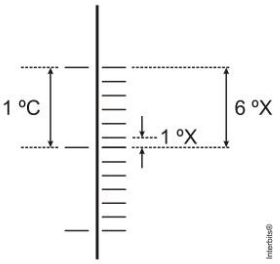
$$\boxed{\theta_X = 6\,\theta_C + 25.}$$

– Temperatura de Equilíbrio (θ).

Ainda do gráfico:

$$\frac{\Delta\theta_X}{60} = \frac{\Delta\theta_C}{10} \Rightarrow \Delta\theta_X = 6\,\Delta\theta_C.$$

Enquanto a marca do mercúrio sobe 1 grau na escala Celsius, sobe 6 graus na escala X, conforme ilustra a figura.



Então o calor específico da liga é seis vezes maior quando expresso usando a escala Celsius. Assim:

$c_L = 6\times(0{,}1\ cal/g\cdot°C) = 0{,}6\ cal/g\cdot°C$

Fazendo o somatório dos calores trocados para um sistema termicamente isolado:

$$Q_{água} + Q_{Liga} = 0 \Rightarrow (m\,c\,\Delta\theta)_{Água} + (m\,c\,\Delta\theta)_{Liga} = 0 \Rightarrow$$

$$100(1)(\theta - 20) + 200(0{,}6)(\theta - 75) = 0 \Rightarrow$$

$$\theta - 20 + 1{,}2\,\theta - 90 = 0 \Rightarrow 2{,}2\,\theta = 110 \Rightarrow$$

$$\boxed{\theta = 50\ °C.}$$

06. Questão

Nota: muito estranho 1 gota ter massa 10 gramas. Não se pretende discutir, aqui, o conceito de gota, mas, para a água, se aceita como padrão, 20 gotas ter massa 1 g.

Como a massa de água é muito maior que a massa de álcool, a temperatura de equilíbrio é 33 °C. Então a quantidade de calor perdida pela a gota é:

$$Q_{água} + Q_{gota} = 0 \Rightarrow Q_{água} = -Q_{gott} = -m_{gota}\ c_{álcool}\ \Delta\theta_{gota} = -10\cdot0{,}6\cdot(33-70) \Rightarrow$$

$$\boxed{Q_{água} = 222\ cal.}$$

07. Questão

O calor específico sensível representa uma espécie de "resistência" do material, ou da substância, à variação de temperatura. Assim, devido ao baixo calor específico, a temperatura da areia varia rapidamente quando recebe ou cede calor. Relativamente à areia, a água tem alto calor específico; havendo pouco vapor d'água na atmosfera, não há um regulador térmico para impedir a grande amplitude térmica.

08. Questão

Dados: $m_x = 50g;\ c_x = 0,26cal/g\cdot°C;\ \theta_x = 25°C;\ m_c = 150g;\ c_c = 1cal/g\cdot°C;\ \theta_c = 100°C.$

Trata-se de sistema termicamente isolado. Então:

$$Q_{xícara} + Q_{café} = 0 \Rightarrow m_x\ c_x\ \Delta\theta_x + m_c\ c_c\ \Delta\theta_c = 0 \Rightarrow$$

$$50(0,26)(\theta - 25) + 150(1)(\theta - 100) = 0 \Rightarrow$$

$$0,26\,\theta - 6,5 + 3\,\theta - 300 = 0 \Rightarrow 3,26\,\theta = 306,5 \Rightarrow$$

$$\boxed{\theta \cong 94\ °C.}$$

Nota: *O examinador provavelmente utilizou o termo "morno" por engano.*

09. Questão

→ Massa de gelo fundida:

Dados: **Q** = 2.400 kcal; L_f = 80 kcal/kg.

Da expressão do calor latente:

$$Q = m\ L_f \Rightarrow m = \frac{Q}{L_f} = \frac{2\,400}{80} \Rightarrow m = 30\ kg.$$

→ Energia para elevar até 30 °C:

Dados: **m** = 30 kg; **c** = 1 kcal/kg·°C; $\Delta\theta = 30°C$.

Da expressão do calor sensível:

$$Q = m\ c\ \Delta\theta \Rightarrow Q = 30\cdot 1\cdot 30 \Rightarrow Q = 900\ kcal.$$

10. Questão

a) Dados: $m = 20kg;\ c_g = 0,5cal/g\cdot°C = 2.100J/kg\cdot°C;\ \Delta\theta = 10°C.$

$$Q_{gelo} = m\,c_g\ \Delta\theta = 20\times 2.100\times 10 \Rightarrow \boxed{Q_g = 4,2\times 10^5\ J.}$$

b) Dados: $m = 20kg;\ L_f = 300kJ/kg = 300.000J/kg;\ c_a = 1cal/g\cdot°C = 4.200J/kg\cdot°C;\ \Delta\theta = 20°C.$

$$Q = Q_{fusão} + Q_{água} = m\ L_f + m\,c_a\ \Delta\theta = (20\times 300.00) + (20\times 4.200\times 20) \Rightarrow$$

$$\boxed{Q = 7,68\times 10^6\ J.}$$

11. Questão

A análise dos dados dispensa cálculos. A capacidade térmica da esfera metálica é desprezível em relação à da água contida no reservatório, portanto, a temperatura da água praticamente não se altera, permanecendo em cerca de 30 °C.

Mas, comprovemos com os cálculos.

Considerando o sistema água-esfera termicamente isolado:

$Q_{esf} + Q_{água} = 0 \Rightarrow C_{esf}\ \Delta T_{esf} + C_{água}\ \Delta T_{água} = 0 \Rightarrow$

$2(T-50) + 2.000(T-30) = 0 \Rightarrow 2\ T - 100 + 2.000\ T - 60.000 = 0 \Rightarrow$

$2.002\ T - 60.100 = 0 \Rightarrow T = \frac{60.100}{2.002} = 30,0998\ °C \Rightarrow$

$T = 30\ °C.$

12. Questão

A água perde 230 cal. De acordo com a convenção de sinais, calor cedido é negativo. Assim:

$Q = m\,c\,\Delta\theta \Rightarrow -230 = 100(1)(\theta - 60) \Rightarrow \frac{-230}{100} = \theta - 60 \Rightarrow -2,3 + 60 = \theta \Rightarrow$

$\boxed{\theta = 57,7°C.}$

13. Questão

Dados: $U = 120V;\ i = 10A;\ \Delta T = 80K = 80°C;\ m = 0,5kg = 500g;\ \Delta t = 1min = 60s;\ 1cal = 4\,J.$

Considerando que toda energia (calor) liberada pelo forno tenha sido absorvida pela liga, temos:

$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = U\,i\,\Delta t = 120 \cdot 10 \cdot 60 = 72.000\ J = \frac{72.000}{4} cal = 18.000\ cal.$

$Q = m\,c\,\Delta T \Rightarrow c = \frac{Q}{m\,\Delta T} = \frac{18.000}{500 \times 80} \Rightarrow$

$\boxed{c = 0,45\ cal/g \cdot °C.}$

14. Questão

Dados apresentados no enunciado:

$m_x = 4m_y$

$C_x = 2C_y$

A relação entre a capacidade térmica de um corpo e sua massa é dada por:

$C = m \cdot c$, em que "c" corresponde ao calor específico sensível. Assim sendo, temos:

$m_x \cdot c_x = 2 \cdot m_y \cdot c_y \Rightarrow 4m_y \cdot c_x = 2 \cdot m_y \cdot c_y$

$2 \cdot c_x = c_y$

$\therefore \boxed{\frac{c_x}{c_y} = \frac{1}{2}}$

15. Questão

Dados: $c = 0,4\,cal/g \cdot °C;\ P = 120\,cal/min;\ \Delta t = 15\ min;\ \Delta\theta = 50°C$

$$\left.\begin{array}{l} P = \dfrac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = P\,\Delta t \\ Q = m\,c\,\Delta\theta \end{array}\right\} \Rightarrow m\,c\,\Delta\theta = P\,\Delta t \Rightarrow m = \frac{P\,\Delta t}{c\,\Delta\theta} = \frac{120\cdot 15}{0{,}4\cdot 50} \Rightarrow$$

$$\boxed{m = 90\ g.}$$

16. Questão

Considerando o sistema termicamente isolado, temos:

$$Q_{água1} + Q_{água2} = 0 \Rightarrow m_{quente}\, c_{água}\,(30-70) + m_{fria}\, c_{água}\,(30-25) \Rightarrow$$

$$\frac{m_{Quente}}{m_{fria}} = \frac{5}{40} = \frac{1}{8} \Rightarrow \frac{m_{Quente}}{m_{fria}} = 0{,}125.$$

17. Questão

Dados: **Q** = - 4.900 cal (calor cedido); **m** = 0,5 kg = 500 g; **c** = 0,175 cal/g·°C; $\theta = 20°C$.

$$Q = m\ c\ \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{Q}{m\ c} = \frac{-4.900}{500\times 0{,}175} \Rightarrow \Delta\theta = -56 \Rightarrow \theta - \theta_0 = -56 \Rightarrow$$

$$20 - \theta_0 = -56 \Rightarrow \theta_0 = 20 + 56 \Rightarrow$$

$$\boxed{\theta_0 = 76\ °C.}$$

18. Questão

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{mc\Delta\theta}{\Delta t} \rightarrow c = \frac{P.\Delta t}{m.\Delta\theta} = \frac{50x20}{200x20} = 0{,}25 cal/(g°C)$$

19. Questão

Como as duas amostras são do mesmo material, elas apresentam o mesmo calor específico:

$c_X = c_Y = c$.

Sendo Q_X e Q_Y as quantidades de calor absorvidas pelas amostras X e Y, respectivamente:

$$\left.\begin{array}{l} Q_X = C_X\,\Delta\theta \\ Q_Y = C_Y\,\Delta\theta \end{array}\right\} Q_X > Q_Y \Rightarrow C_X > C_Y.$$

$$\left.\begin{array}{l} C_X = m_X\,c \\ C_Y = m_Y\,c \end{array}\right\} C_X > C_Y \Rightarrow m_X > m_Y.$$

20. Questão

Da equação fundamental da calorimetria:

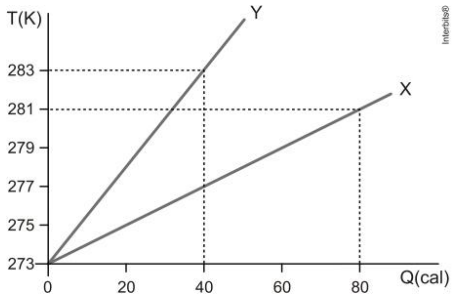
$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow Q = 500(0{,}1)(520-20) = 25.000\ cal.$$

SIMULADO DE CALORIMETRIA 02

Olá, galerinha!! Nessa parte do nosso material, selecionei umas questões especiais para você testar seus conhecimentos absorvidos sobre o assunto. Sugiro que você resolva todas as questões como se realmente fosse um simulado e somente ao final confira o gabarito. No final, disponibilizei para você o gabarito dessas questões e suas respectivas soluções. Faça um bom proveito desse material e caso necessário, conte comigo! ☺

01. Questão

Considere X e Y dois corpos homogêneos, constituídos por substâncias distintas, cujas massas correspondem, respectivamente, a 20 g e 10 g.
O gráfico abaixo mostra as variações da temperatura desses corpos em função do calor absorvido por eles durante um processo de aquecimento.



Determine as capacidades térmicas de X e Y e, também, os calores específicos das substâncias que os constituem.

02. Questão

Um calorímetro de capacidade térmica 10 cal/ºC, contendo 500 g de água a 20 ºC, é utilizado para determinação do calor específico de uma barra de liga metálica de 200 g, a ser utilizada como fundo de panelas para cozimento. A barra é inicialmente aquecida a 80 ºC e imediatamente colocada dentro do calorímetro, isolado termicamente. Considerando o calor específico da água 1,0 cal/(g · ºC) e que a temperatura de equilíbrio térmico atingida no calorímetro foi 30 ºC, determine:

a) a quantidade de calor absorvido pelo calorímetro e a quantidade de calor absorvido pela água.
b) a temperatura final e o calor específico da barra.

03. Questão

Um homem gasta 10 minutos para tomar seu banho, utilizando-se de um chuveiro elétrico que fornece uma vazão constante de 10 litros por minuto. Sabendo-se que a água tem uma temperatura de 20°C ao chegar no chuveiro e que alcança 40°C ao sair do chuveiro, e admitindo-se que toda a energia elétrica dissipada pelo resistor do chuveiro seja transferida para a água nesse intervalo de tempo, é correto concluir-se que a potência elétrica desse chuveiro é

Obs.: Considere que a densidade da água é 1 kg/litro, que o calor específico da água é 1 cal/g ºC e que 1 cal = 4,2 J.
a) 10 KW b) 12 KW c) 14 KW d) 16 KW e) 18 KW

04. Questão

Dois blocos metálicos A e B, ambos de materiais diferentes, são colocados em contato no interior de um calorímetro ideal, de modo a isolá-los de influências externas. Considerando que a massa do bloco A (m_A) é igual ao dobro da massa do bloco B (m_B), o calor específico do bloco A (c_A) é igual à metade do calor específico do bloco B (c_B) e a temperatura inicial do bloco A (T_A) é igual ao triplo da temperatura inicial do bloco B (T_B), pode-se afirmar que, quando alcançado o equilíbrio térmico do sistema, a temperatura de equilíbrio (T_{eq}) será igual a:

a) T_B
b) $2\ T_B$
c) $3\ T_B$
d) $4\ T_B$
e) $5\ T_B$

05. Questão

Um bico de Bunsen consome 1,0 litro de gás combustível por minuto. A combustão de $1,0m^3$ de gás libera 5000kcal. Sobre o bico de gás, coloca-se um recipiente contendo 2,0 litros de água a 10°C. Sabendo que para o aquecimento da água se aproveitam 60% do calor liberado pela combustão do gás e dado o calor específico sensível da água 1 cal/(g.°C) e massa específica $1g/cm^3$, o tempo necessário, em minutos, para levar a água ao ponto de ebulição, é o seguinte:

a) 35.
b) 40.
c) 55.
d) 60.
e) 90.

06. Questão

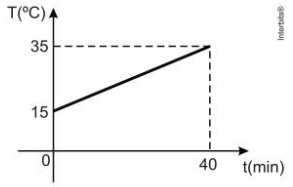
Um copo com 300 ml de água é colocado ao sol. Após algumas horas, verifica-se que a temperatura da água subiu de 10 °C para 40 °C.
Considerando-se que a água não evapora, calcule em calorias a quantidade de calor absorvida pela água.

Dados: $d_{água} = 1\ g/cm^3$ e $c_{água} = 1\ cal/g\ °C$

a) $1,5 \times 10^5$
b) $2,0 \times 10^5$
c) $3,0 \times 10^3$
d) $9,0 \times 10^3$
e) $1,2 \times 10^2$

07. Questão

Um corpo constituído por uma substância de calor específico 840 J/kg°C e aquecido por uma fonte térmica e apresenta variação de temperatura conforme o gráfico.



Se o corpo tem massa igual a 250 g, então a quantidade de calor fornecida pela fonte a cada minuto é (Considerar: 1cal = 4,2 Joules)

a) 75 cal.
b) 25 cal.
c) 50 cal.
d) 42 cal.

08. Questão

Clarice colocou em uma xícara 50 mL de café a 80 °C, 100 mL de leite a 50 °C e, para cuidar de sua forma física, adoçou com 2 mL de adoçante líquido a 20 °C. Sabe-se que o calor específico do café vale 1 cal/(g.°C), do leite vale 0,9 cal/(g.°C), do adoçante vale 2 cal/(g.°C) e que a capacidade térmica da xícara é desprezível.

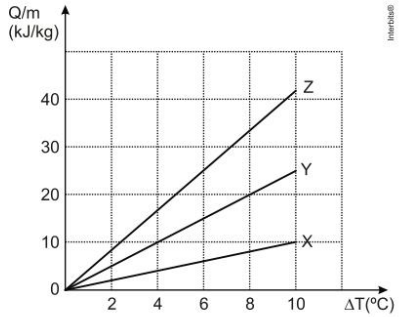
Considerando que as densidades do leite, do café e do adoçante sejam iguais e que a perda de calor para a atmosfera é desprezível, depois de atingido o equilíbrio térmico, a temperatura final da bebida de Clarice, em °C, estava entre
a) 75,0 e 85,0.
b) 65,0 e 74,9.
c) 55,0 e 64,9.
d) 45,0 e 54,9.
e) 35,0 e 44,9.

09. Questão

Um copo contendo 200 g de água é colocado no interior de um forno de micro-ondas. Quando o aparelho é ligado, a energia é absorvida pela água a uma taxa de 120 cal/s. Sabendo que o calor específico da água é igual a 1 $cal \cdot g^{-1} \cdot °C^{-1}$, calcule a variação de temperatura da água após 1 minuto de funcionamento do forno.

10. Questão

O gráfico a seguir representa o calor absorvido por unidade de massa, Q/m, em função das variações de temperatura ΔT para as substâncias ar, água e álcool, que recebem calor em processos em que a pressão é mantida constante.



(Considere que os valores de calor específico do ar, do álcool e da água são, respectivamente, 1,0 kJ/kg.°C, 2,5 kJ/kg.°C e 4,2 kJ/kg.°C.)

Com base nesses dados, é correto afirmar que as linhas do gráfico identificadas pelas letras X, Y e Z, representam, respectivamente,
a) o ar, o álcool e a água.
b) o ar, a água e o álcool.
c) a água, o ar e o álcool.
d) a água, o álcool e o ar.
e) o álcool, a água e o ar.

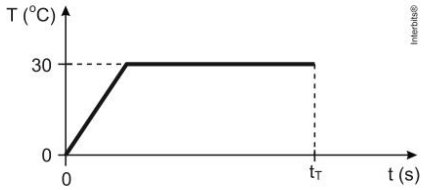
11. Questão

Uma barra metálica, que está sendo trabalhada por um ferreiro, tem uma massa M = 2,0 kg e está a uma temperatura T_i. O calor específico do metal é c_M = 0,10 cal/g °C. Suponha que o ferreiro mergulhe a barra em um balde contendo 10 litros de água a 20 °C. A temperatura da água do balde sobe 10 °C com relação à sua temperatura inicial ao chegar ao equilíbrio.

Calcule a temperatura inicial T_i da barra metálica.
Dado: $c_{água}$ = 1,0 cal/g °C e $d_{água}$ = 1,0 g/cm^3
a) 500 °C
b) 220 °C
c) 200 °C
d) 730 °C
e) 530 °C

12. Questão

O gálio (Ga) é um metal cuja temperatura de fusão, à pressão atmosférica, é aproximadamente igual a 30 ºC. O calor específico médio do Ga na fase sólida é em torno de 0,4 kJ/(kg.ºC) e o calor latente de fusão é 80 kJ/kg. Utilizando uma fonte térmica de 100 W, um estudante determina a energia necessária para fundir completamente 100 g de Ga, a partir de 0ºC. O gráfico mostra a variação da temperatura em função do tempo das medições realizadas pelo estudante. Determine o tempo total t_T que o estudante levou para realizar o experimento. Suponha que todo o calor fornecido pela fonte é absorvido pela amostra de Ga. Dê a sua resposta em segundos.



13. Questão

Considere a seguinte experiência: colocam-se, por um longo período de tempo, dois objetos de massas diferentes em contato entre si, de modo que suas temperaturas fiquem iguais. Em seguida, os objetos são separados e cada um deles é aquecido, de modo a receber uma mesma quantidade de calor Q.
A temperatura final dos dois objetos será a mesma? Justifique a sua resposta.

14. Questão

Ao se colocar gelo em um copo com água, verifica-se que a água resfria. Esse fenômeno é explicado pelo fato do(a)
a) gelo liberar calor para água.
b) gelo ceder energia para água.
c) água ceder calor para o gelo.
d) água absorver energia do gelo.

15. Questão

Uma mesma quantidade de calor Q é fornecida a massas iguais de dois líquidos diferentes, 1 e 2. Durante o aquecimento, os líquidos não alteram seu estado físico e seus calores específicos permanecem constantes, sendo tais que $c_1 = 5c_2$.

Na situação acima, os líquidos 1 e 2 sofrem, respectivamente, variações de temperatura ΔT_1 e ΔT_2, tais que ΔT_1 é igual a
a) $\Delta T_2 / 5$
b) $2\Delta T_2 / 5$.
c) ΔT_2.
d) $5\Delta T_2 / 2$.
e) $5\Delta T_2$.

16. Questão

Foi realizada uma experiência em que se utilizava uma lâmpada de incandescência para, ao mesmo tempo, aquecer 100 g de água e 100 g de areia. Sabe-se que, aproximadamente, 1 cal = 4 J e que o calor específico da água é de 1 cal/g °C e o da areia é 0,2 cal/g °C. Durante 1 hora, a água e a areia receberam a mesma quantidade de energia da lâmpada, 3,6 kJ, e verificou-se que a água variou sua temperatura em 8 °C e a areia em 30°C. Podemos afirmar que a água e a areia, durante essa hora, perderam, respectivamente, a quantidade de energia para o meio, em kJ, igual a

a) 0,4 e 3,0.
b) 2,4 e 3,6.
c) 0,4 e 1,2.
d) 1,2 e 0,4.
e) 3,6 e 2,4.

17. Questão

A utilização do termômetro, para a avaliação da temperatura de um determinado corpo, é possível porque, após algum tempo de contato entre eles, ambos adquirem a mesma temperatura.
Neste caso, é válido dizer que eles atingem a (o)

a) equilíbrio térmico.
b) ponto de condensação.
c) coeficiente de dilatação máximo.
d) mesma capacidade térmica.
e) mesmo calor específico.

18. Questão

Dona Joana é cozinheira e precisa de água a 80 °C para sua receita. Como não tem um termômetro, decide misturar água fria, que obtém de seu filtro, a 25 °C, com água fervente. Só não sabe em que proporção deve fazer a mistura. Resolve, então, pedir ajuda a seu filho, um excelente aluno em física. Após alguns cálculos, em que levou em conta o fato de morarem no litoral, e em que desprezou todas as possíveis perdas de calor, ele orienta sua mãe a misturar um copo de 200 mL de água do filtro com uma quantidade de água fervente, em mL, igual a

a) 800.
b) 750.
c) 625.
d) 600.
e) 550.

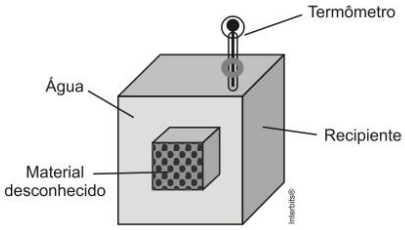
19. Questão

Um forno de micro-ondas produz ondas eletromagnéticas que aquecem os alimentos colocados no seu interior ao provocar a agitação e o atrito entre suas moléculas. Se colocarmos no interior do forno um copo com 250g de água a 15°C, quanto tempo será necessário para aquecê-lo a 80°C? Suponha que as micro-ondas produzam 13000cal/min na água e despreze a capacidade térmica do copo.
Dado: calor específico sensível da água: 1,0 cal/g°C.

a) 1,25 s
b) 25,0 s
c) 50,0 s
d) 75,0 s

20. Questão

Para tentar descobrir com qual material sólido estava lidando, um cientista realizou a seguinte experiência: em um calorímetro de madeira de 5 kg e com paredes adiabáticas foram colocados 3 kg de água. Após certo tempo, a temperatura medida foi de 10° C, a qual se manteve estabilizada. Então, o cientista retirou de um forno a 540° C uma amostra desconhecida de 1,25 kg e a colocou dentro do calorímetro. Após um tempo suficientemente longo, o cientista percebeu que a temperatura do calorímetro marcava 30° C e não se alterava (ver figura abaixo).

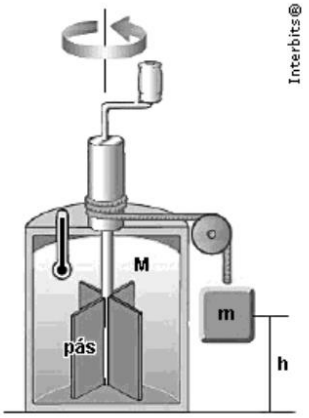


Material	Calor específico (cal/g.ºC)
Água	1,00
Alumínio	0,22
Chumbo	0,12
Ferro	0,11
Madeira	0,42
Vidro	0,16

Sem considerar as imperfeições dos aparatos experimentais e do procedimento utilizado pelo cientista, assinale a alternativa que indica qual elemento da tabela acima o cientista introduziu no calorímetro.
a) Chumbo
b) Alumínio
c) Ferro
d) Vidro

21. Questão

O equivalente mecânico do calor pode ser avaliado pela experiência realizada por James Prescott Joule (1818-1889), na qual se utiliza de um aparelho em que um peso, ao descer, gira um conjunto de pás em um recipiente com água, como ilustrado na figura abaixo.



Um bloco de massa *m* cai de uma altura *h*, girando as pás que aquecem uma amostra de água de massa *M*. Admitindo-se que toda energia da queda produza o aquecimento da água, a expressão que representa a variação de temperatura ΔT da amostra de água é

Dado: considere a aceleração da gravidade g e o calor específico da água *c*.

a) $\frac{gh}{c}$

b) $\frac{mgh}{Mc}$

c) $\frac{M}{m}\frac{c}{gh}$

d) $\frac{m}{M}\frac{h}{c}$

e) $\frac{m}{M}\frac{gh}{c}$

22. Questão

Considere uma barra de liga metálica, com densidade linear de $2,4 \cdot 10^{-3} g/mm$, submetida a uma variação de temperatura, dilatando-se 3,0mm. Sabendo-se que o coeficiente de dilatação linear e o calor específico da liga são, respectivamente, iguais a $2,0 \cdot 10^{-5} {}^{o}C^{-1}$ e a $0,2 cal/g^{o}C$, a quantidade de calor absorvida pela barra nessa dilatação é igual, em cal, a

a) 72,0
b) 80,0
c) 120,0
d) 132,0
e) 245,0

23. Questão

Uma bolsa térmica com 500 g de água à temperatura inicial de 60 ºC é empregada para tratamento da dor nas costas de um paciente. Transcorrido um certo tempo desde o início do tratamento, a temperatura da água contida na bolsa é de 40 ºC. Considerando que o calor específico da água é 1 cal/(g.ºC), e supondo que 60% do calor cedido pela água foi absorvido pelo corpo do paciente, a quantidade de calorias recebidas pelo paciente no tratamento foi igual a

a) 2 000.
b) 4 000.
c) 6 000.
d) 8 000.
e) 10 000.

24. Questão

As pontes de hidrogênio entre moléculas de água são mais fracas que a ligação covalente entre o átomo de oxigênio e os átomos de hidrogênio. No entanto, o número de ligações de hidrogênio é tão grande (bilhões de moléculas em uma única gota de água) que estas exercem grande influência sobre as propriedades da água, como, por exemplo, os altos valores do calor específico, do calor de vaporização e de solidificação da água. Os altos valores do calor específico e do calor de vaporização da água são fundamentais no processo de regulação de temperatura do corpo humano. O corpo humano dissipa energia, sob atividade normal por meio do metabolismo, equivalente a uma lâmpada de 100 W.
Se em uma pessoa de massa 60 kg todos os mecanismos de regulação de temperatura parassem de funcionar, haveria um aumento de temperatura de seu corpo. Supondo que todo o corpo é feito de água, em quanto tempo, aproximadamente, essa pessoa teria a temperatura de seu corpo elevada em 5 ºC?

Dado: calor específico da água $\cong$ 4,2 x 103 J/kg·ºC.

a) 1,5 h.
b) 2,0 h.
c) 3,5 h.
d) 4,0 h.
e) 5,5 h.

Galerinha, confira aqui o gabarito das questões e suas soluções!!! Aproveite!! Caso continue com dúvida, pode me procurar! ☺

GABARITO – SIMULADO 02			
01.	**07.** B	**13.**	**19.** D
02.	**08.** C	**14.** C	**20.** D
03. C	**09.**	**15.** A	**21.**B
04. B	**10.** A	**16.** C	**22.**A
05. D	**11.** E	**17.** A	**23.**C
06. D	**12.**	**18.** E	**24.**C

COMENTÁRIO DO SIMULADO - 02

01. Questão

CAPACIDADES TÉRMICAS:

$$C_x = \frac{Q_x}{\Delta\theta_x} = \frac{80cal}{(281-273)K} = \frac{80cal}{8K}$$

$$\boxed{C_x = 10cal/K}$$

$$C_y = \frac{Q_y}{\Delta\theta_y} = \frac{40cal}{(283-273)K} = \frac{40cal}{10K}$$

$$\boxed{C_x = 4cal/K}$$

CALORES ESPECÌFICOS SENSÌVEIS:

$$C_x = m_x.c_x \Rightarrow 10 = 20.c_x$$

$$\boxed{c_x = 0,5cal/gK}$$

$$C_y = m_y.c_y \Rightarrow 4 = 10.c_y$$

$$\boxed{c_y = 0,4cal/gK}$$

02. Questão

Dados: $\mathbf{C_C}$ = 10 cal/C°; $\mathbf{m_A}$ = 500 g; $\mathbf{m_B}$ = 200 g; $\mathbf{T_{0C}}$ = $\mathbf{T_{0A}}$ = 20 °C; T_{0B} = 80 °C; T_{eq} = 30 °C.

a) Quantidade de calor ($\mathbf{Q_C}$) absorvido pelo calorímetro:

$$Q_C = C_C\Delta T_C = 10(30-20) \Rightarrow Q_C = 100 \text{ cal.}$$

Quantidade de calor ($\mathbf{Q_A}$) absorvido pela água:

$$Q_A = mc_A\Delta T_A = 500(1)(30-20) \Rightarrow Q_C = 5.000 \text{ cal.}$$

b) A temperatura final da barra é igual à temperatura de equilíbrio térmico do sistema.

$$T_B^{final} = 30 \text{ °C.}$$

O sistema é termicamente isolado. Então:

$$Q_C + Q_A + Q_B = 0 \Rightarrow 100 + 5.000 + m_B c_B \Delta T_B = 0 \Rightarrow 5.100 + 200\ c_B (30 - 80) = 0 \Rightarrow$$

$$c_B = \frac{5.100}{10.000} \Rightarrow c_B = 0{,}51\ \text{cal/g}\cdot°\text{C}.$$

03. Questão

Dados: $\theta_0 = 20$ °C; $\theta = 40$ °C; **Z** = 10 L/min; $\rho = 1$ kg/L; 1 cal = 4,2 J; **c** = 1 cal/g·°C ⇒ **c** = 4,2 J/g·°C.

A massa de água que passa pelo chuveiro a cada minuto é:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho\ V = 1(10) \Rightarrow m = 10\ \text{kg} = 10.000\ \text{g}.$$

A quantidade de calor absorvida por essa massa de água é:

$$Q = m\ c(\theta - \theta_0) = 10.000(4{,}2)(40 - 20) \Rightarrow 840.000\ \text{J}.$$

Como essa quantidade de calor é trocada a cada minuto (60 s), vem:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{840.000}{60} \Rightarrow P = 14.000\ \text{W} \Rightarrow P = 14\ \text{kW}.$$

04. Questão

Dados: $\mathbf{m_A} = 2\ \mathbf{m_B}$; $\mathbf{c_A} = \mathbf{c_B}/2$; $\mathbf{T_A} = 3\ \mathbf{T_B}$.

Como o sistema é termicamente isolado, o somatório dos calores trocados entre os dois corpos é nulo.

$$Q_A + Q_B = 0 \Rightarrow m_A c_A \Delta T_A + m_B c_B \Delta T_B = 0 \Rightarrow$$

$$2m_B \frac{c_B}{2}(T - 3T_B) + m_B c_B (T - T_B) \Rightarrow T - 3T_B + T - T_B = 0 \Rightarrow$$

$$2T = 4T_B \Rightarrow T = 2T_B.$$

05. Questão

Dados: $\mathbf{V_a} = 2$ L ⇒ $\mathbf{m_a} = 2.000$ g; $\mathbf{c_a} = 1$ cal/g·°C; $\Delta\theta = 90°\text{C}$.

Calculando a quantidade de calor necessária para aquecer a água:

$$Q_a = m_a\ c_a\ \Delta\theta_a = 2.000(1)(90) \Rightarrow Q_a = 180.000\ \text{cal} = 180\ \text{kcal}.$$

Essa quantidade representa apenas 60% do calor total liberado pela combustão do gás. A quantidade total liberada é:

$$Q_a = 0{,}6\ Q_T \Rightarrow Q_T = \frac{180}{0{,}6} \Rightarrow Q_T = 300\ \text{kcal}.$$

Se 1 m^3 (1.000 L) de gás libera 5.000 kcal, cada litro libera 5 kcal. Ou seja, são liberados 5 kcal a cada minuto.

Assim:

$$\left.\begin{matrix}5\ \text{kcal} \rightarrow 1\ \text{min} \\ 300\ \text{kcal} \rightarrow t\end{matrix}\right\rangle\ t = \frac{300}{5} = 60\ \text{min}.$$

06. Questão

Dados: **V** = 300 ml ⇒ **m** = 300 g; **c** = 1 cal/g·°C; $\Delta\theta = 40 - 10 = 30°\text{C}$.

Usando a equação do calor sensível:

$$Q = m\ c\ \Delta\theta \Rightarrow Q = 300 \cdot 1 \cdot 30 \Rightarrow 9 \times 10^3\ \text{cal}.$$

07. Questão

Dados: 1 cal = 4,2 J; **c** = 840 J/kg·°C = 0,2 cal/g·°C; **m** = 250 g; $\Delta\theta = 35 - 15 = 20°C$.

Calculando a quantidade de calor total:

$Q_T = m\ c\ \Delta\theta = 250 \times 0{,}2 \times 20 \Rightarrow Q_T = 1\,000\ cal.$

Por proporção simples e direta:

$$\left.\begin{matrix} 40\ min \rightarrow 1\,000\ cal \\ 1\ min \rightarrow \quad Q\ \ cal \end{matrix}\right\rangle \Rightarrow Q = \frac{1\,000}{40} \Rightarrow Q = 250\ cal.$$

08. Questão

$\mathbf{V_{Café}}$ = 50 mL; $\mathbf{V_{Leita}}$ = 100 mL; $\mathbf{V_{Adoçante}}$ = 2 mL; $\mathbf{c_{Café}}$ = 1 cal/g·ºC; $\mathbf{c_{Leita}}$ = 0,9 cal/g·ºC; $\mathbf{c_{Adoçante}}$ = 2 cal/g·ºC.

Considerando o sistema termicamente isolado, vem:

$Q_{Café} + Q_{Leite} + Q_{Adoçante} = 0 \Rightarrow (mc\Delta\theta)_{Café} + (mc\Delta\theta)_{Leite} + (mc\Delta\theta)_{Adoçante} = 0 \Rightarrow$

Como as densidades (ρ) dos três líquidos são iguais, e a massa é o produto da densidade pelo volume (m = ρ ·V), temos:

$(\cancel{\rho} Vc\Delta\theta)_{Café} + (\cancel{\rho} Vc\Delta\theta)_{Leite} + (\cancel{\rho} Vc\Delta\theta)_{Adoçante} = 0 \Rightarrow$

$50(1)(\theta - 80) + 100(0{,}9)(\theta - 50) + 2(2)(\theta - 20) = 0 \Rightarrow$

$50\theta - 4.000 + 90\theta - 4.500 + 4\theta - 80 = 0 \Rightarrow$

$144\theta = 8.580 \Rightarrow \theta = \frac{8.580}{144} \Rightarrow$

$\theta = 59{,}6\ °C.$

Portanto, a temperatura de equilíbrio está sempre 55 °C e 64,9 °C.

09. Questão

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow P.\Delta t = m.c.\Delta\theta$$

$$\Delta\theta = \frac{P.\Delta t}{m.c} = \frac{120 \cdot 60}{200 \cdot 1}$$

$\therefore \Delta\theta = 36°C$

10. Questão

Da expressão do calor sensível:

$$Q = m\ c\ \Delta T \Rightarrow c = \frac{Q/m}{\Delta T}.$$

Essa expressão mostra que, no gráfico apresentado, o calor específico sensível (**c**) é o coeficiente angular ou declividade da reta. Assim, à substância de menor calor específico corresponde a reta de menor declividade. Comparando:

X → ar;

Y → álcool;

Z → água.

11. Questão

Dados:

$M = 2\ kg = 2.000\ g;\ V_{água} = 10\ L;\ d_{água} = 1{,}0\ g/cm^3 = 1.000\ g/L;\ c_{água} = 1{,}0\ cal/g\ °C;$

$c_M = 0{,}10\ cal/g \times °C;\ T_f = 30\ °C;\ \Delta\theta_{água} = 10\ °C.$

Considerando que o sistema seja termicamente isolado, temos:

$Q_{água} + Q_{barra} = 0 \Rightarrow (d\ V\ c\ \Delta\theta)_{água} + M\ c_M\ \Delta\theta_M = 0 \Rightarrow$

$1.000 \times 10 \times 1 \times 10 = 2.000 \times 0{,}1(30 - T_f) = 0 \Rightarrow 500 = 30 - T_f \Rightarrow$

$T_f = 530\ °C.$

12. Questão

Energia necessária para aquecer e fundir 0,1kg (100g) de gálio:

$Q = Q_{sensível} + Q_{latente} \rightarrow Q = m.c.\Delta T + m.L$

Substituindo os valores:

$Q = m.c.\Delta T + m.L \rightarrow Q = 0{,}1.0{,}4.30 + 0{,}1.80 \rightarrow Q = 9{,}2kJ$

$Q = 9200J$

Da definição de potência temos:

$$P = \frac{Q}{t} \rightarrow t = \frac{Q}{P}$$

Substituindo os valores:

$$t = \frac{Q}{P} \rightarrow t = \frac{9200}{100}$$

$t = 92s.$

13. Questão

Sendo C_1 e C_2 as respectivas capacidades térmicas desses corpos, temos:

$Q_1 = Q_2 \Rightarrow C_1\Delta T_1 = C_2\Delta T_2$.

– Se as capacidades térmicas são iguais ($C_1 = C_2$), as temperaturas finas serão iguais.
– Se as capacidades térmicas são diferentes ($C_1 \neq C_2$), as temperaturas finais são diferentes. O corpo de maior capacidade térmica terá menor temperatura final.

14. Questão

Pela diferença de temperaturas, ocorre um fluxo de calor da água para o gelo.

15. Questão

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow mc_1\Delta T_1 = mc_2\Delta T_2 \rightarrow 5c_2\Delta T_1 = c_2\Delta T_2 \rightarrow \Delta T_1 = \frac{\Delta T_2}{5}.$$

16. Questão

Dados: $m_{água} = m_{areia} = 100$ g; $c_{água} = 1$ cal/g·°C $= 4$ J/g·°C; $c_{areia} = 0{,}2$ cal/g·°C $= 0{,}8$ J/g·°C; $\Delta\theta_{água} = 8°C$; $\Delta\theta_{areia} = 30°C$; $Q_{lâmp} = 3{,}6$ kJ.

Calculando a quantidade de calor absorvida por cada uma das amostras:

$Q_{água} = m_{água}\, c_{água}\, \Delta\theta_{água} = 100\,(4)\,(8) = 3.200$ J $= 3{,}2$ kJ.
$Q_{areia} = m_{areia}\, c_{areia}\, \Delta\theta_{areia} = 100\,(0{,}8)\,(30) = 2.400$ J $= 2{,}4$ kJ.

As quantidades de energia perdidas são:
$E_{água} = 3{,}6 - 3{,}2 = 0{,}4$ kJ.
$E_{areia} = 3{,}6 - 2{,}4 = 1{,}2$ kJ.

17. Questão

Quando dois corpos entram em contato há um fluxo de calor do mais quente para o mais frio até que as temperaturas se igualem atingindo o equilíbrio térmico.

18. Questão

O somatório dos calores trocados é nulo.

$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 c \Delta T_1 + m_2 c \Delta T_2 = 0 \Rightarrow 200(80-25) + m_2(80-100) = 0 \Rightarrow$
$20m_2 = 11.000 \Rightarrow m_2 = 550\ g.$

19. Questão

$13.000 cal/min = \frac{13000}{60} cal/s$

O calor cedido pelo forno é recebido pela água.

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{mc\Delta\theta}{\Delta t} \rightarrow \frac{13000}{60} = \frac{250x1x(80-15)}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{250x65x60}{13000} = 75s.$$

20. Questão

$$\sum Q = 0 \rightarrow (mc\Delta\theta)_{água} + (mc\Delta\theta)_{madeira} + (mc\Delta\theta)_{material} = 0$$

$$3.1.(30-10) + 5.0,42(30-10) + 1,25c(30-540) = 0$$

$$637,5\ c = 102 \rightarrow c = 0,16\ cal/g^0C$$

21. Questão

A energia potencial transforma-se em calor.

$$mgh = Mc\Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{mgh}{Mc}.$$

22. Questão

$$\lambda = \frac{m}{L_0}$$

$$\left.\begin{array}{l} Q = mc\Delta\theta \\ \Delta L = L_0.\alpha.\Delta\theta \end{array}\right\} \frac{Q}{\Delta L} = \frac{m}{L_0}.\frac{c}{\alpha} = \lambda\frac{c}{\alpha} \rightarrow \frac{Q}{3} = 2,4x10^{-3}\ x\ \frac{0,2}{2x10^{-5}} \rightarrow Q = 72cal$$

23. Questão

$\Delta Q = 0,6mc\Delta\theta = 0,6x500x1x20 = 6.000cal.$

24. Questão

Dados: **P** = 100 W; **m** = 60 kg; **c** = $4,2 \times 10^3$ J/kg·°C; $\Delta\theta$ = 5 °C.

Da expressão de potência:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{P} = \frac{m\ c\ \Delta\theta}{P} = \frac{60 \times 4,2 \times 10^3 \times 5}{100} = 12.600\ s \Rightarrow$$

$$\Delta t = \frac{12.600}{3.600} h \Rightarrow$$

$$\Delta t = 3,5\ h.$$