

Instrumentação para Ensino de Física II

Luiz Adolfo de Melo



**São Cristóvão/SE
2011**

Instrumentação para Ensino de Física II

Elaboração de Conteúdo
Luiz Adolfo de Melo

Projeto Gráfico e Capa
Hermeson Alves de Menezes

Diagramação
Nycolas Menezes Melo

Copyright © 2011, Universidade Federal de Sergipe / CESAD.
Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização por escrito da UFS.

FICHA CATALOGRÁFICA PRODUZIDA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

M528i

Melo, Luiz Adolfo de .
Instrumentação para ensino de física II / Luiz Adolfo
de Melo. - São Cristóvão:
Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2011.

1. Física - Instrumentos. 2.Física - estudo e ensino. I.
Título.

CDU 53.08

Presidente da República
Dilma Vana Rousseff

Chefe de Gabinete
Ednalva Freire Caetano

Ministro da Educação
Fernando Haddad

Coordenador Geral da UAB/UFS
Diretor do CESAD
Antônio Ponciano Bezerra

Diretor de Educação a Distância
João Carlos Teatini Souza Clímaco

coordenador-adjunto da UAB/UFS
Vice-diretor do CESAD
Fábio Alves dos Santos

Reitor
Josué Modesto dos Passos Subrinho

Vice-Reitor
Angelo Roberto Antonioli

Diretoria Pedagógica
Clotildes Farias de Sousa (Diretora)

Núcleo de Avaliação
Hérica dos Santos Matos (Coordenadora)

Diretoria Administrativa e Financeira
Edélzio Alves Costa Júnior (Diretor)
Sylvia Helena de Almeida Soares
Valter Siqueira Alves

Núcleo de Tecnologia da Informação
João Eduardo Batista de Deus Anselmo
Marcel da Conceição Souza
Raimundo Araujo de Almeida Júnior

Coordenação de Cursos
Djalma Andrade (Coordenadora)

Assessoria de Comunicação
Guilherme Borba Gouy

Núcleo de Formação Continuada
Rosemeire Marcedo Costa (Coordenadora)

Coordenadores de Curso
Denis Menezes (Letras Português)
Eduardo Farias (Administração)
Paulo Souza Rabelo (Matemática)
Hélio Mario Araújo (Geografia)
Lourival Santana (História)
Marcelo Macedo (Física)
Silmara Pantaleão (Ciências Biológicas)

Coordenadores de Tutoria
Edvan dos Santos Sousa (Física)
Raquel Rosário Matos (Matemática)
Ayslan Jorge Santos da Araujo (Administração)
Carolina Nunes Goes (História)
Viviane Costa Felicíssimo (Química)
Gleise Campos Pinto Santana (Geografia)
Trícia C. P. de Sant'ana (Ciências Biológicas)
Vanessa Santos Góes (Letras Português)
Lívia Carvalho Santos (Presencial)
Adriana Andrade da Silva (Presencial)

NÚCLEO DE MATERIAL DIDÁTICO

Fábio Alves dos Santos (Coordenador)
Marcio Roberto de Oliveira Mendonça

Neverton Correia da Silva
Nicolos Menezes Melo

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
Cidade Universitária Prof. "José Aloísio de Campos"
Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze
CEP 49100-000 - São Cristóvão - SE
Fone(79) 2105 - 6600 - Fax(79) 2105- 6474

Sumário

AULA 1

Equilíbrio térmico e a lei zero da termodinâmica: Escalas termométricas07

AULA 2

Dilatação Térmica23

AULA 3

Calorimetria 43

AULA 4

A Propagação do Calor 69

AULA 5

Leis dos Gases Ideais: Geral, Boyle, Gay-Lussac, Charles e Clayperon.....93

AULA 6

Calor e trabalho98

AULA 7

Equivalência Trabalho Mecânico e Calor. O Efeito Joule 106

AULA 8

Ciclo de Carnot.....115

AULA 9

Teoria Cinética dos Gases..... 123

AULA 10

Entropia e a 2ª lei da termodinâmica..... 129

EQUILÍBRIO TÉRMICO E A LEI ZERO DA TERMODINÂMICA: ESCALAS TERMOMÉTRICAS

META

Fazer com que o estudante comece a pensar no ensino de ciências como algo “orgânico” que está em profunda transformação. Fazer com que os alunos percebam, através de um texto básico complementado com atividades lúdicas, *applets* de ensino, vídeos, que o conceito de temperatura pode ser aprendido de forma simples e divertido. Repensar a seqüência de apresentação do conteúdo programático da termodinâmica e discutir as formas como são apresentadas no ensino médio e no superior.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

estar cientes das novas possibilidades e dos desafios que envolvem o ensino de ciências em geral. Estes, também, devem ter compreendido que as ciências naturais estão baseadas na experimentação e que esta é feita de ensaios, experiências e medidas e que estas levam a compreensão e matematização dos conceitos físicos (naturais em geral). Deve estar cientes das dificuldades de se ministrar um curso de termodinâmica começando pela teoria cinética dos gases.

PRÉ-REQUISITO

Os alunos deverão ter cursado psicologia da educação física A e B.

INTRODUÇÃO

Pondo de lado o problema da originalidade, temos muitas abordagens diferentes sobre o tema calor e leis da termodinâmica nos livros didáticos. Em geral os livros do segundo grau definem escala termométrica sem mencionar as leis dos gases ideais, deixando este para um momento posterior. Nos livros para o ensino superior em geral começam com as leis dos gases ou abordando sistemas e só mais tarde definem temperatura. Para ilustrarmos este fato colocamos abaixo um quadro ilustrativo do conteúdo de alguns livros.

Ramalho, Nicolau...	Ementa UNB	Ementa UFPE
Capítulo 1 • Conceitos fundamentais, 2 1. Termologia: observações macroscópicas, interpretações microscópicas, 2 2. Energia térmica e calor, 2 3. Noção de temperatura, 3 4. Os estados de agregação da matéria, 4 Capítulo 2 • A medida da temperatura — Termometria, 9 1. Sensação térmica, 9 2. Medida da temperatura. Termômetro, 9 3. Graduação de um termômetro. Escalas termométricas, 11 3.1. Conversão entre as escalas Celsius e Fahrenheit, 12 4. Variação de temperatura, 15 5. Função termométrica, 18 6. A temperatura como medida da agitação térmica. A escala absoluta Kelvin, 19 Capítulo 3 • Dilatação térmica de sólidos e líquidos, 31 Capítulo 4 • A medida do calor — Calorimetria,	9.2- medida da temperatura. 9.6- a dilatação térmica 9.7- tensões térmicas 10- calor e a 1a. Lei da termodinâmica, calor específico e capacidade térmica 10.4- formas de transmissão de calor: 10.5- equivalente mecânico do calor. 10.6- calor e trabalho. 1a. Lei da termodinâmica. 11- teoria cinética dos gases 11.1- gás ideal: 11.2 e 3- calculo cinético da pressão e da temperatura. 11.4- forças intermoleculares. 11.5- calor específico de um gás ideal. 11.6- equi-partição de energia. 11.8- distribuição de velocidades moleculares. A distribuição de, maxwell-boltzmann. 11.9- movimento browniano. 11.10- equação de estado de <i>van der waals</i> .	Cap. 18 Temperatura, calor e a primeira lei da Termodinâmica temperatura, lei zero da termodinâmica, medição de temperaturas, escalas, expansão térmica, temperatura e calor, absorção de calor por sólidos e líquidos, calor e trabalho, a 1ª. Lei da Termodinâmica, transferência de calor; Cap. 19 Teoria cinética dos gases o número de Avogadro, gases ideais, pressão, temperatura e velocidade quadrática média, energia cinética translacional, calores específicos, expansão adiabática de um gás ideal; Cap. 20 Entropia e a Segunda Lei da Termodinâmica processos irreversíveis e entropia, variação da entropia, máquinas e refrigeradores, eficiências de máquinas, visão estatística da entropia.

<p>1. Calor: energia térmica em trânsito, 2. Calor sensível e calor latente, 3. Quantidade de calor sensível. Equação fundamental da Calorimetria. Calor específico, 4. Capacidade térmica de um corpo, 5. Trocas de calor. Calorímetro, Capítulo 5 • Mudanças de fase, Capítulo 6 • Os diagramas de fases Capítulo 7 • Propagação do calor, 121 1. Fluxo de calor, 121 2. Condução térmica, 121 3. Lei da condução térmica, 123 4. Aplicações da condução térmica, 5. Convecção térmica, 127 6. Noções de irradiação térmica, 128 7. Lei de Stefan-Boltzmann. Lei de Kirchhoff Capítulo 8 • Estudo dos gases Capítulo 9 • As leis da Termodinâmica</p>	<p>12- entropia e 2a. Lei da termodinâmica 12.1- transformações reversíveis e irreversíveis. 12.2- o ciclo de carnot e a 2a. Lei da termodinâmica. 12.3- o rendimento das maquinas. 12.4- a escala termodinâmica de temperatura. 12.5- entropia: processos reversíveis e irreversíveis. 12.6- entropia e 2a. Lei 12.7- entropia e desordem</p>	
--	---	--

CURSO A DISTÂNCIA DE BERTULANI

Vamos analisar aqui alguns cursos disponíveis na web. O primeiro será o do professor Bertulani que é um curso preparado para o ensino a distancia para a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Esse curso começa com a definição de temperatura

Ele começa com definição de temperatura, sem preocupar com a explicação de quando os objetos se aquecem as moléculas ou átomos que o compõe absorvem essa energia e a transformam em movimento ou vibração. Ou seja, ele não começa com a teoria cinética dos gases. Essa é a abordagem histórica e intuitiva já que lidamos com o fenômeno de objetos estarem ora mais quente ora mais frio sem nos atentarmos para o fato de que a matéria é composta PR “partículas”.

Na seqüência ele define expansão e dilatação térmica para poder explicar como funcionam os termômetros e fundamentar a definição de temperatura absoluta: escala Kelvin.

1.1 - Temperatura

- Lei zero da termodinâmica
- escalas termométricas
- expansão e dilatação térmica

Em seguida ele define a forma de energia denominada de calor e como esta é absorvida e trocada entre corpos. Como calor é uma forma de energia ele passa a definir trabalho em sistemas térmicos e o conceito de energia interna de um sistema. Ele termina esta seção definindo transformações em sistemas térmicos para que ele possa definir em seções posteriores o que seja uma máquina térmica e uma máquina térmica ideal.

1.2 - 1ª Lei da Termodinâmica

- Calor Latente e Sensível
- Equação de Estado
- Trabalho em sistemas térmicos
- Energia Interna
- Isotermas e transformações adiabáticas

Na seção seguinte ele define as formas de propagação do calor.

1.3 - Formas de Propagação do Calor

Em seguida ele define a teoria cinética dos gases e dá o embasamento teórico das seções anteriores. Ele desenvolve esse capítulo como fosse um físico estatístico dando muita ênfase à teoria das distribuições.

1.4 - Teoria Cinética dos Gases

- O elo entre energia molecular e pressão
- A distribuição de velocidades de Maxwell
- A distribuição de Boltzmann
- A distribuição de Boltzmann
- Movimento Browniano

Finalmente ele termina fazendo a aplicação máxima da termodinâmica que é a construção das máquinas térmicas e do cálculo de seu rendimento. Ele começa definindo a segunda lei da termodinâmica através da definição de um motor reversível. Em seguida ele define o conceito de entropia e desordem em sistemas termodinâmicos. Ele define o ciclo de Carnot e rendimento de máquinas térmicas. E termina com uma aplicação: o ciclo de Otto, ou seja, do motor de combustão de quatro tempos.

1.5 - A segunda lei da termodinâmica

ANÁLISE DO LIVRO TEXTO: SERWAY E JEWETT, VOL.2.

2.1 - Termodinâmica

Neste livro texto a construção da teoria da termodinâmica se faz em cima do conceito de que a matéria é feita de átomos e moléculas e que

tudo pode ser explicado em termos do movimento destes. Ele começa definindo o conceito de temperatura e a lei zero da termodinâmica. Ele define escalas termométricas e termômetros sem definir dilatação térmica e a lei da expansão dos gases. No capítulo 16 eles definem estas propriedades em seguida definem as propriedades de um gás ideal em termos da teoria cinética dos gases.

16.1 – Temperatura e a lei zero da Termodinâmica

16.2 – Termômetros e Escalas de Temperatura.

16.3 – Expansão térmicas de sólidos e líquidos

16.4 – Descrição macroscópica de um gás ideal

16.5 – A teoria cinética dos gases

16.6 – Distribuição das velocidades moleculares

No capítulo seguinte (cap-17) ele desenvolve o conceito de calor, estendendo nosso conceito de trabalho mecânico aos processos térmicos, apresentando a primeira lei da termodinâmica e investigando algumas aplicações importantes.

Ele começa definindo energia interna para depois definir a quantidade calor. Depois ele apresenta a calorimetria e as formas de condução de calor. Em seguida eles definem trabalho em sistemas termodinâmicos e terminam definindo teorema da equipartição da energia.

17.1 – Calor e energia interna

17.2 – Calor específico

17.3 – Calor Latente

17.4 - Trabalho em sistemas termodinâmicos

17.5 – A 1ª Lei da termodinâmica

17.6 – Aplicações da 1ª Lei

17.7 – Capacidades caloríficas molares de gases ideais

17.8 – Processos adiabáticos

17.9 - Capacidades caloríficas molares e a equipartição da energia

17.10 – Mecanismos de transferência de energia em processos térmicos

TERMODINÂMICA

(* Preparado por C.A. Bertulani e adaptado por Luiz Adolfo)

O que é temperatura?

Esta é uma das grandezas mais difícil de ser definida, pois, é uma medida indireta e envolve uma sensação muito corriqueira de estarmos sentido frio ou calor. De forma intuitiva e errônea, dizemos que a temperatura de um objeto como sendo aquela que está associada com a sensação de quente ou frio quando entramos em contato com ele. Mas, por exemplo, quando tocamos na sala de aula na parte de madeira da carteira e depois na metálica todos temos a sensação de que o metal está mais frio, apesar de estarem a mesma temperatura. Como explicar e comprovar isto? Para isto precisamos de



ATIVIDADES

1. Pegue um termômetro e meça a temperatura do metal e da madeira.

uma forma quantitativa de se medir e definir esta quantidade – Temperatura.

A solução está na forma de como sabemos que um corpo está quente ou frio. Precisamos entrar em contato com ele. Tocar nele. Vejamos, é fácil mostrar que quando dois objetos são postos em contato (dizemos que eles estão em contato térmico), o objeto com temperatura maior esfria, enquanto que o objeto com temperatura menor esquenta, até um ponto em que não ocorrem mais mudanças e, para os nossos sentidos, eles parecem estar com a mesma temperatura. Quando as mudanças térmicas terminam, dizemos que os dois objetos (mais rigorosamente, sistemas) estão em equilíbrio térmico. Podemos então definir a temperatura de um sistema dizendo que a temperatura é uma quantidade que é a mesma para ambos os sistemas, se eles estão em equilíbrio térmico.

Ex: O termômetro que utilizamos acima foi colocado em contato com o metal e a madeira até atingir o equilíbrio.

Se fizermos experiências com mais de dois sistemas, encontraremos que muitos sistemas podem ser colocados em equilíbrio térmico entre si. Ou seja, o equilíbrio térmico não depende do tipo de objeto utilizado. Ou, mais precisamente,

se dois sistemas estão separadamente em equilíbrio térmico com um terceiro, então eles também devem estar em equilíbrio térmico entre si,

e eles todos possuem a mesma temperatura independentemente do tipo de sistemas que eles forem. A sentença em itálico é chamada de lei zero da termodinâmica, e pode ser reescrita na forma:

Se três ou mais sistemas estiverem em contato térmico entre si, e se todos estiverem em equilíbrio, então qualquer dois deles separadamente estão em equilíbrio térmico entre si.

2. Pegue uma porção de água quente, uma fria e uma morna (ambiente), misture-as e deixe-as até que a temperatura atinja o equilíbrio (não varie mais). Discuta o que ocorreu durante todo o processo térmico com seus alunos.

EQUILÍBRIO TÉRMICO: PRINCÍPIO ZERO DA TERMODINÂMICA BÁSICO [E-ESCOLA]

Dois sistemas termodinâmicos com temperaturas diferentes são colocados em contato térmico através de uma parede condutora térmica. Esta parede permite a troca do calor do sistema com uma temperatura superior para o sistema com uma temperatura inferior. As restantes paredes são isoladores térmicos, dado que não possibilitam a troca de calor.

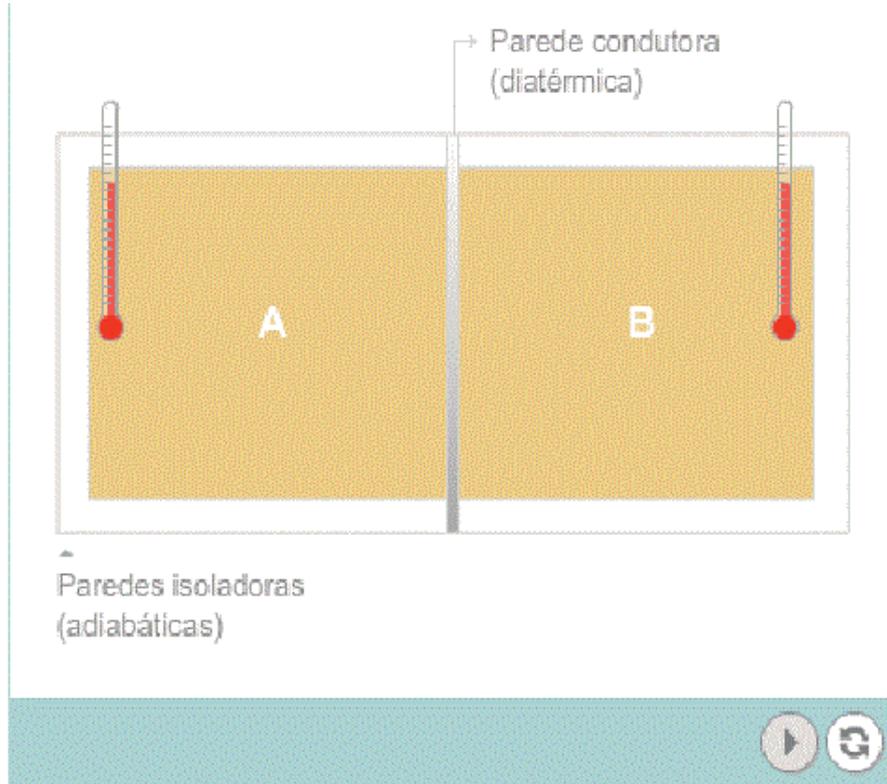


Figura 1 – Equilíbrio termodinâmico. Fonte: e-escola

Qualquer um dos três sistemas pode ser utilizado como padrão de medida da temperatura - ou seja, usado como um termômetro. Quando um termômetro calibrado é posto em contato com um sistema e alcança equilíbrio térmico, temos então uma medida quantitativa da temperatura do sistema. Por exemplo, um termômetro clínico de mercúrio em vidro é posto em contato sob a língua de um paciente e se espera até o momento em que ele chegue a um equilíbrio térmico com a boca do paciente - e lemos a escala do termômetro para achar a temperatura do paciente.

Padrão de medida é um material ou propriedade que serve de comparação para se medir alguma grandeza. Exemplo, comprimento → régua.

ATIVIDADES

- 1 – Vá para o site do museu virtual da PUC-Rio e analise os textos sobre a segunda e primeira lei da termodinâmica. [<http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/>]
- 2 – Analise a forma de apresentação do capítulo de termodinâmica de um livro didático universitário e um do secundário.
- 3 - Procure na enciclopédia as definições de padrão de medida e calibração.
- 4 - Faça uma análise do applet do Prof. F.Garcia - <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/transporte/simConduccion/simConduccion.htm#Mecanismo%20básico>

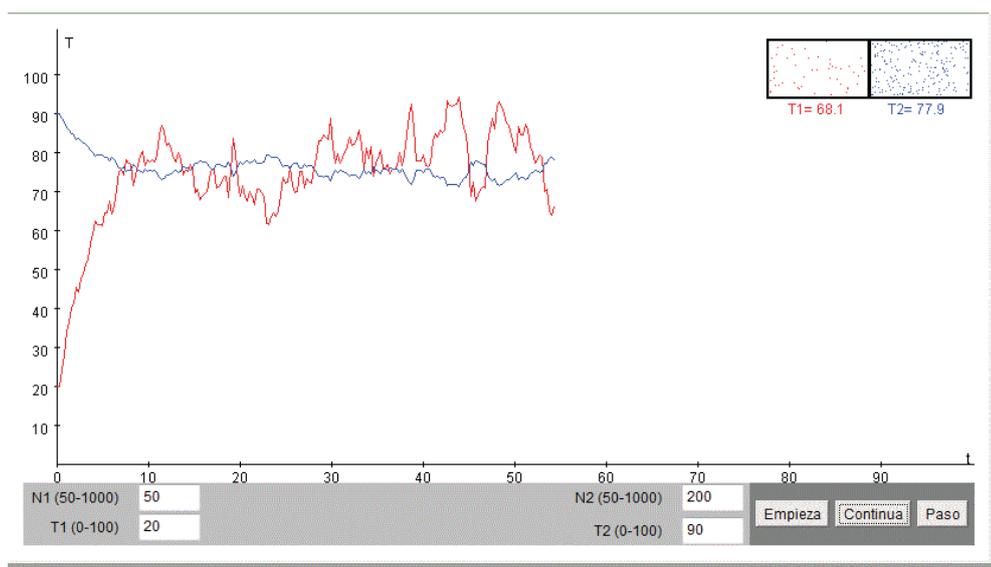


Figura 2 - *Applet* de animação do efeito de equilíbrio térmico entre dois gases em contato através de uma parede condutora de calor. Fonte: Física con ordenador

O QUE É UM TERMÔMETRO?

Um termômetro é um instrumento que mede quantitativamente a temperatura de um sistema. A maneira mais fácil de se fazer isso é achar uma substância que possua uma propriedade que se modifica de modo regular com a temperatura. A forma direta mais 'regular' é a forma linear:

$$t(x) = ax + b, \quad [4.1]$$

onde t é a temperatura da substância utilizada e muda com a propriedade x da substância. As constantes a e b dependem da substância utilizada e podem ser calculadas especificando dois pontos na escala de temperatura, tais como 0° para o ponto de congelamento da água e 100° para o seu ponto de ebulição.

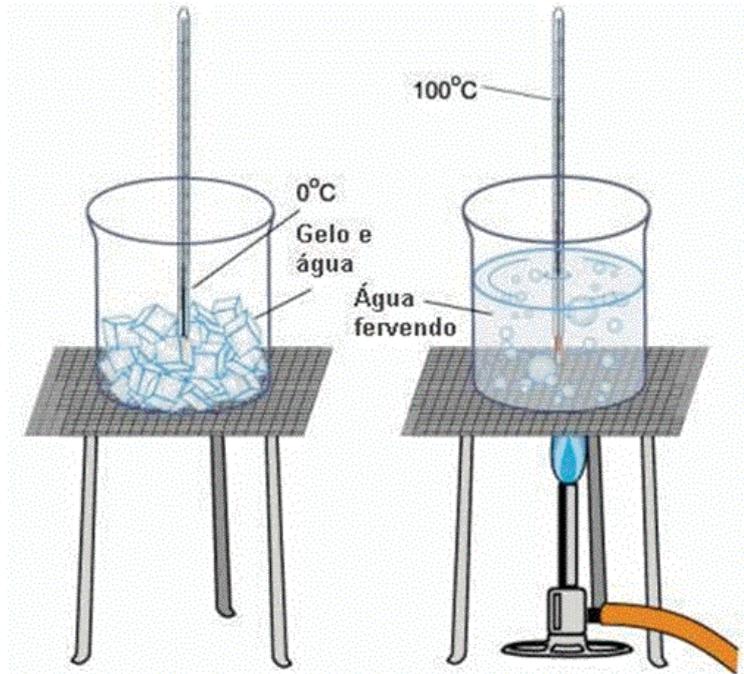


Fig.3 – Tirado do site - http://professorviegas.blogspot.com/2010_06_01_archive.html

Por exemplo, o elemento mercúrio é líquido no intervalo de temperatura de $-38,9^{\circ}\text{C}$ a $356,7^{\circ}\text{C}$ (o único metal líquido em baixas temperaturas). Como todo líquido, o mercúrio expande à medida que ele é aquecido. Sua expansão é linear e pode ser calibrada com precisão.

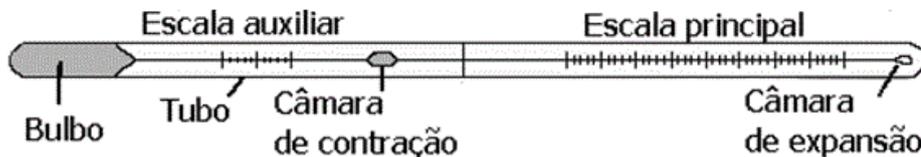


Figura 4 - Termômetro. Fonte: Bertulani.

O termômetro de mercúrio em um tubo de vidro está ilustrado acima. Ele contém um bulbo cheio de mercúrio que é permitido expandir em um tubo capilar (tubo muito fino). A sua taxa de expansão é calibrada na escala de vidro.



ATIVIDADES

Mostre um termômetro de mercúrio aos seus alunos e meça a temperatura de alguns deles. Esfregue a mão no mercúrio e compare com a temperatura normal de uma pessoa. Discuta o que aconteceu.

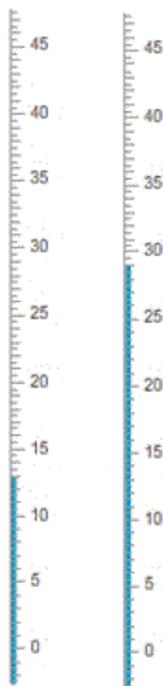


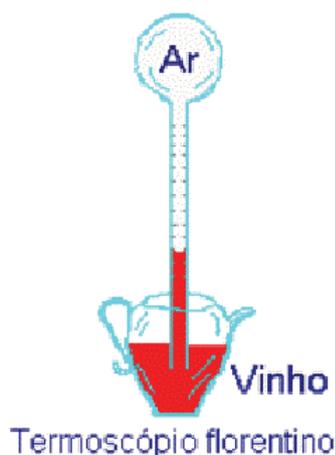
Figura 5 – O nível de mercúrio do termômetro aumenta devido ao aumento de temperatura.

ESCALAS DE TEMPERATURA

Um Pouco de História

Os primeiros termômetros surgiram na Idade Média, e eram chamados de termoscópios. Eles consistiam de um bulbo contendo um tubo longo com um extremo mergulhado em água colorida (vinho era muito utilizado). Um pouco do ar no tubo era expulso antes de colocar o líquido. Isto fazia com que o líquido subisse no tubo. Quando o ar restante no tubo e no bulbo era aquecido ou esfriado, o nível do líquido no tubo variava, refletindo uma mudança na temperatura do ar. Uma escala no tubo permitia que uma medida quantitativa dessas flutuações fosse feita.

Em 1702, o astrônomo Ole Roemer de Copenhagen utilizou dois pontos fixos em sua escala: gelo e água em ebulição. Em 1724 Gabriel Fahrenheit, um consertador de instrumentos em Danzig e Amsterdam, usou o mercúrio como líquido de termômetro. A expansão térmica do mercúrio é grande e uniforme. Ele não adere ao vidro, e permanece líquido em um grande intervalo de temperaturas. Sua aparência metálica facilita a leitura.



A escala de temperatura *Fahrenheit* foi desenvolvida pelo físico alemão Daniel Fahrenheit (1686 - 1736). Fahrenheit usou dois pontos de referência na sua escala: a temperatura mais baixa que conseguiu obter em laboratório (uma solução aquosa de cloreto de amônio e gelo em equilíbrio térmico, à qual atribuiu a temperatura de 0 °F), e a sua temperatura corporal a que atribuiu a temperatura de 96 °F.

Fahrenheit dividiu esse intervalo em 12 partes iguais e conseqüentemente dividiu cada uma das partes em 8 partes iguais, perfazendo um total de 96 divisões entre 0 °F e 96 °F.

Na escala de temperatura *Fahrenheit* o ponto de gelo e o ponto de vapor da água correspondem a 32 °F e 212 °F, respectivamente, tendo uma separação de 180°. Assim, o intervalo de 1 °F corresponde a $100/180 = 5/9$ do intervalo de 1 °C [e-escola].

Em 1745, Carolus Linnaeus de Upsala, Suécia, descreveu uma escala em que o ponto de congelamento da água era zero, e o ponto de ebulição 100, definindo a escala do centígrado (passo de cem). Anders Celsius (1701-1744) usou a escala contrária em que zero representa o ponto de ebulição da água e 100 o seu ponto de congelamento. Novamente, com 100 graus entre os dois pontos de definição.

Em 1948 o uso da escala de Centígrado foi trocada pelo uso de uma nova escala de graus Celsius (°C). A escala *Celsius* é definida pelos seguintes dois ítems, que discutiremos mais tarde:

- (i) o ponto triplo da água é definido como 0.01 °C
- (ii) um grau Celsius é igual à mesma mudança de temperatura que um grau numa escala de gás ideal.

Na escala Celsius o ponto de ebulição da água nas condições normais de pressão atmosférica é 99.975 C, em contraste com os 100 graus definidos pela escala do Centigrado.

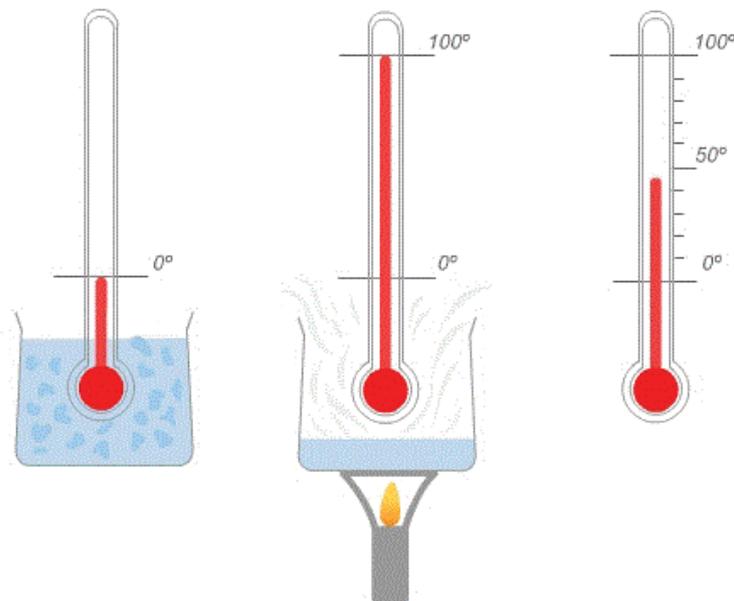


Figura 7 – Pontos de referência da escala de temperatura Celsius.

Para converter de Celsius a Fahrenheit: multiplique por 1.8 e some 32.

$$^{\circ}F = 1.8^{\circ}C + 32 \quad [4.2]$$

ESCALA KELVIN

A unidade básica de temperatura (símbolo: T) no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o kelvin (K). Tanto o *kelvin* quanto o grau Celsius ($^{\circ}C$) são definidos, por meio de um acordo internacional, por dois pontos: o zero absoluto e o ponto triplo da água (considerando a proporção de isótopos encontrada nas águas oceânicas - padrão de Viena)[6]. O zero absoluto é definido precisamente como 0 K e $-273,15^{\circ}C$. O zero absoluto é definido como a temperatura onde toda a energia cinética das partículas cessa, ou seja, quando as partículas se tornam imóveis. Ou seja, aprendemos que a matéria é composta de átomos e moléculas. Tomemos o caso mais simples de um gás monoatômico. Podemos imaginar que estas estão se movendo para todos os lados (aleatoriamente). Ver *applet* da *wikipédia* [7]. A temperatura seria o resultado das colisões das moléculas do gás com nossa pele, a transferência de energia cinética. Sem movimento não há colisões e a temperatura seria zero.

A noção de partículas imóveis apenas faz sentido dentro da física clássica e a média das energias cinética das partículas não se aplica como definição para as temperaturas muito próximas ao zero absoluto, devendo neste caso uma parcela ser subtraída desta energia para obter-se a correta definição de temperatura, a saber a parcela correspondente à energia cinética do estado fundamental das partículas. Assim, mesmo sob a temperatura de zero absoluto, as partículas não ficam totalmente imóveis; ao contrário, os átomos e moléculas estão no estado fundamental e retêm movimentos quânticos. No zero absoluto, a matéria não contém energia térmica.

Pesquisa: O que é o fenômeno da superfluides?

Do mesmo modo que a escala *Celsius* a escala *Kelvin* também é centígrada. Deste modo, para converter de *Celsius* para *Kelvin*, some 273:

$$K = ^\circ C + 273 \quad [4.4]$$

Tabela 4.1: Comparações entre escalas

	$^\circ\text{C}$	K	$^\circ\text{F}$
Água em ebulição	100	373	212
Água congela	0	273	32
Zero absoluto	-273	0	-459

Um Pouco de História

Em 1780, J. A. C. Charles, um médico Francês, mostrou que para o mesmo aumento de temperatura, todos os gases exibem o mesmo aumento de volume. Como o coeficiente de expansão dos gases é aproximadamente o mesmo, é possível estabelecer uma escala de temperatura baseada em um ponto fixo simples, em vez de uma escala com dois pontos fixos, como as escalas *Fahrenheit* e *Celsius*.

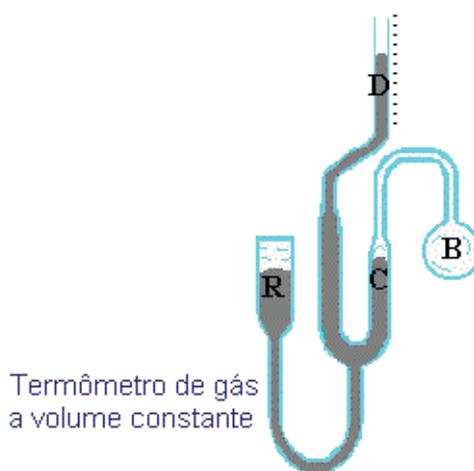


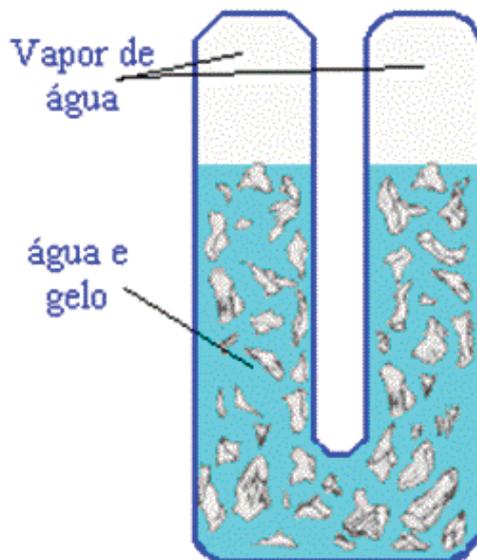
Figura 8 – Termômetro de gás. Fonte: Bertulani

Em um termômetro de gás a volume constante, um grande bulbo de gás B, por exemplo hidrogênio, sob uma dada pressão é conectado a um manômetro de mercúrio por meio de um tubo de volume muito pequeno. (O bulbo B é a parte sensível à temperatura e deve conter a maior parte do hidrogênio). O nível de mercúrio em C deve ser ajustado subindo, ou abaixando, o reservatório de mercúrio R. A pressão do gás de hidrogênio, que é a variável "x" na relação linear com a temperatura (eq. [4.1]), é dado pela diferença entre os níveis D e C mais a pressão acima de D.

Observa-se experimentalmente que existe muito pouca diferença nas escalas de temperatura para gases diferentes, a pequenas pressões. Nessas condições, todos os gases se comportam como gases perfeitos, obedecendo a relação

$$pV = constante \cdot T \quad [4.3]$$

Esta temperatura é conhecida como temperatura termodinâmica e é hoje aceita como uma medida fundamental da temperatura. Note que existe um zero natural nessa escala - é o ponto em que a pressão do gás ideal é zero. Logo, apenas um outro ponto precisa ser definido. Este foi definido pelo Comitê Internacional de Pesos e Medidas como sendo o ponto triplo da água (o ponto em que a água, o gelo e o vapor de água coexistem em equilíbrio). Seu valor foi tomado como 273.16. A unidade de temperatura nessa escala é chamada de *Kelvin*, e o seu símbolo é o K (não se usa o símbolo de grau nesse caso). Uma "célula" de ponto triplo é mostrada na figura abaixo. A célula é resfriada até que a água, gelo e vapor de água estejam em equilíbrio. A temperatura é 273.16 K por definição. Um termômetro pode ser calibrado inserindo-o no tubo central.



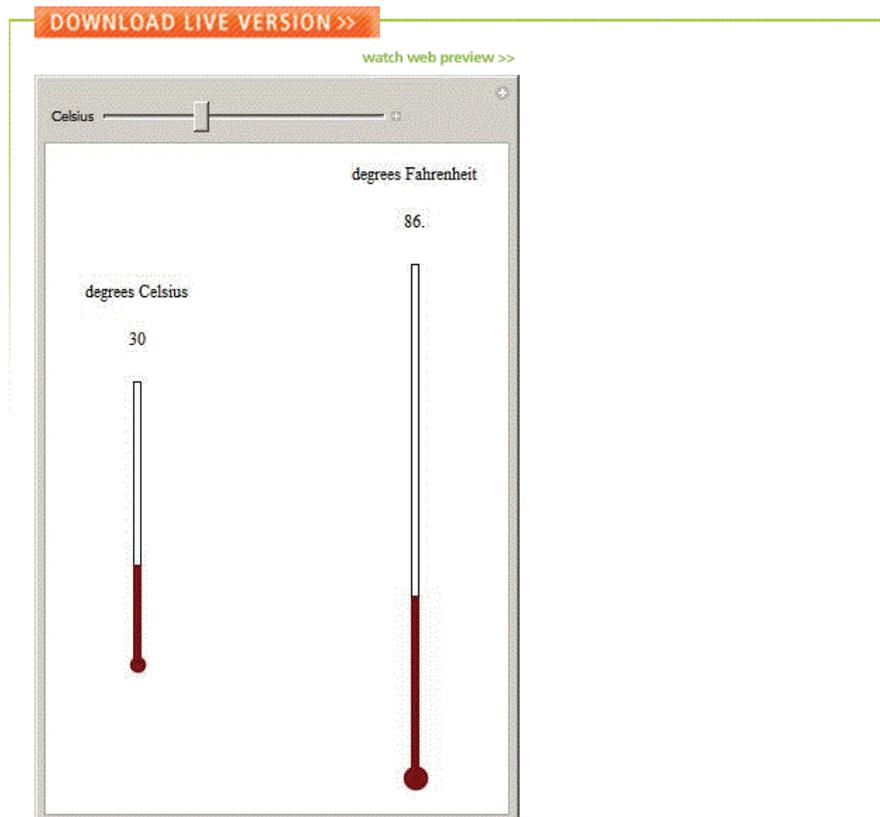
VIDEOS EDUCATIVOS

1. Video aula1 do Professor André Luis - <http://www.youtube.com/watch?v=dsSRAGopAAY&feature=related>
2. Video aula1 do Professor André Luis - <http://www.youtube.com/alfreitas9#p/a/u/2/pWgcjHofqn0>
3. Video aula do Matematica Zero - http://www.youtube.com/watch?v=9NH-5A_1q74&feature=fvw
4. Video aula http://www.youtube.com/watch?v=xQP5ZOXme_g&feature=related
5. Novo Telecurso - Ensino Médio - Física - Aula 22 (1 de 2) - <http://www.youtube.com/watch?v=cu3BO-NZPWQ&feature=related>

APPLETS DE ENSINO

1. Projeto de Demonstração de *Physica* por Wolfram. <http://demonstrations.wolfram.com/>

Celsius and Fahrenheit Thermometers



2. *Applet* do Virtual *Chemistry Experiments*: <http://www.chm.davidson.edu/vce/chemistryApplets.html>

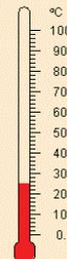
thermometer.Thermometer.class

Archive [thermometer.jar](#)

Required Archives [STools4.jar](#)

Description This applet depicts a thermometer and serves as both a Data Listener and a Data Source (Data Connections). As a Data Listener, the applet receives the temperature (as the dependent variable) and updates the thermometer display. As a Data Source the applet provides the temperature (T) to other applets. The user may drag the liquid level to manually change the temperature; this feature may be disabled. The thermometer may be oriented vertically or horizontally.

Thermometer, Version 2.0, Copyright 2000, 2008, David N. Blauch



3. *Applet* do projeto *Math Education and Technology* - <http://www.ies.co.jp/math/java/geo/therm/therm.html>

Thermometer

The Applet of Thermometer is to understand the concept of minus quantities. To understand easily, it asked the students to compare the degrees between two days. And it instructs them one of the concepts of minus quantities as the difference quantities between two things.

Applet of Thermometer



The difference of degrees
between the A and B day is :

$$[18.0] - [-20.0] = [38.0]$$

The A day

The B day



(c) IES, 1998

Random

Quiz

Move the scrollbars
of the A and B,
Note the difference
of degrees.
Click <Quiz> to try
to find the difference
of degrees.
Click <Random> to show
the random values.



ATIVIDADES

5. Faça uma análise dos vídeos da página anterior e discuta se eles complementam ou podem substituir as aulas presenciais.
6. Faça uma análise dos *applets* acima e discuta se eles realmente complementam ou auxiliam no entendimento da teoria.
7. Faça uma análise dos experimentos acima e discuta:
 - a) o grau de dificuldade de realizá-los
 - b) se eles cumprem o papel de ajudar no entendimento do conceito físico
 - c) classifique-os em experimentos de demonstração (fazer um único para a sala) ou de ludoteca (para se realizar em grupos de aluno).

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Os futuros professores devem compreender o papel central que eles têm na escolha do conteúdo, da técnica e da didática a ser utilizada em sala de aula. Este deve ter adquirido uma idéia de como se deve preparar um curso ou apenas uma aula. Eles devem compreender que uma aula é um processo dinâmico e orgânico.

Os alunos devem ficar cientes que existem muitas formas de abordar um curso de termodinâmica. Que a escolha final da seqüência do conteúdo programático é dele. Este deve perceber que muitas vezes usamos o paradigma mecanicista para explicarmos os fatos da física, mesmo que isto não fique bem claro no texto ou na seqüência da aprendizagem.

Respostas as questões ou tarefas.

Q1 a 4 – Estas são atividades de pesquisa e de análise de material que tem que ser analisada caso a caso.

Q5 e 6 - Estas são atividades de pesquisa e de análise de material que tem que ser analisada caso a caso.

CONCLUSÃO

Mostramos através de um texto simples adaptado da página do professor Bertulani [1] complementado com alguns experimentos de baixo custo e *applets* de ensino que o conceito de termologia, mais especificamente temperatura e escalas termométricas, pode ser ensinado de forma lúdica e menos teórica. Também ficou claro que termologia é um tema que envolve muitos fatos (experiências) corriqueiros e cotidianos e que podemos torná-lo um tema mais atraente e menos decorativo para os alunos.

Deve ter ficado claro para o futuro professor que existem muitos conceitos e paradigmas envolvidos nas explicações dos fenômenos termodinâmicos. Que podemos usar um ou mais destes ao explicar estes.

Estes devem ter ficado cientes que existem diversos materiais de apoio ao ensino de física, como *applets* e vídeos aulas, e que podem usados como reforço no aprendizado.



RESUMO

Apresentamos aqui um texto simples sobre temperatura e escalas termométricas adaptado da página do professor Bertulani[1]. Complementamos este com alguns experimentos de baixo custo elaborados por nós mesmos, e com alguns *applets* de ensino retirados de diversos *sites* de ensino. Mostramos que existe várias vídeo aulas, algumas feitas de forma profissional, que devem ser sugeridas aos seus futuros alunos.

Fizemos uma análise do conteúdo programático de alguns livros e sugerimos que fosse feito mais alguns. Com isto procuramos mostrar aos futuros professores um leque de opções de como abordar o seu curso.

REFERÊNCIAS

- C.A. Bertulani - <http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/temperatura/temperatura.html>
HALLIDAY, D., Resnick, R., Walker, J.; **Física**, Vol. 2, Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1996
TIPLER, P.A.; **Física** (Para Cientistas e Engenheiros), Vol.2 , **Gravitação Ondas e Termodinâmica**, 3a Ed., Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1995.
RAMALHO, Nicolau e Toledo – **Os Fundamentos da Física**; Ed. Moderna
H. M. Nussenzveig – **Curso de física Básica**. Ed. blucher Serway e Jewett, vol.2. Princípios de Física. Ed. Thomson