

# **Módulo de Física 5**

## **Física térmica**

Preparado por Dr. Tilahun Tesfaye

# Nota

Este documento é publicado sob condições da Creative Commons

[http://en.wikipedia.org/wiki/Creative\\_Commons](http://en.wikipedia.org/wiki/Creative_Commons)

Atribuição

<http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/>

Licença (abreviado "cc-by", Versão 2.5.

# ÍNDICE/ LISTA DE CONTEÚDOS

I.	Física térmica/ Termodinâmica _____	5
II.	Pré-requisitos ou Conhecimentos _____	5
III.	Tempo _____	5
IV.	Materiais _____	5
V.	Razão do Módulo _____	6
VI.	Conteúdo _____	7
	6.1. Vista geral _____	7
	6.2. Perfil _____	8
	6.3. Organizador gráfico _____	9
VII.	Objectivos gerais _____	9
VIII.	Objectivos específicos de aprendizagem _____	10
IX.	Pré-avaliação/ Diagnóstico _____	11
X.	Conceitos-Chave (Glossário) _____	18
XI.	Leitura obrigatória _____	21
XII.	Recursos obrigatórios _____	23
XIII.	Conexões úteis _____	24
XIV.	Actividades de ensino e aprendizagem _____	31
XV.	Avaliação somativa _____	89
XVI.	Referências _____	94
XVII.	Sobre o autor do módulo _____	95

# Prefácio

Este módulo tem quatro secções principais

A primeira é a secção **INTRODUTÓRIA** que compreende 5 partes, a saber:

**Título:** O título do módulo está descrito de forma clara.

**Conhecimentos/pré-requisitos:** Esta secção proporciona-lhe informações a respeito dos conhecimentos/pré-requisitos específicos e capacidades que você necessita para iniciar o estudo deste módulo. Observe, cuidadosamente, as exigências apresentadas, pois ajudá-lo-ão a tomar uma decisão sobre a necessidade ou não de um trabalho de revisão.

**Tempo necessário:** Dá-lhe o tempo total (em horas) que você precisa para completar o módulo. Todos os auto-testes, actividades e avaliações devem ser concluídos dentro do tempo especificado.

**Materiais necessários:** Aqui vai encontrar a lista de materiais que precisa para completar o módulo. Alguns destes materiais são partes do pacote do curso que vai receber em CD-Rom ou acessar através da *internet*. Os materiais recomendados para realizar algumas experiências serão obtidos da sua instituição hospitaleira (Instituição parceira da AVU) ou deverá adquiri-los emprestados de outros meios.

**Razão do Módulo:** Nesta secção vai ter a resposta para perguntas como: “Por que devo estudar este módulo, sendo eu professor em exercício? Qual é relevância para a minha carreira?”

A segunda é a secção do **CONTEÚDO** que consiste em três partes:

**Vista geral:** O conteúdo do módulo é apresentado sumariamente. Nesta secção encontrará um ficheiro de vídeo (QuickTime, filme) onde o autor deste módulo é entrevistado sobre o módulo. O **parágrafo vista geral** do módulo é seguido pelo perfil dos conteúdos, incluindo, por aproximação, o tempo necessário para completar o estudo do módulo. Uma organização gráfica de todo o conteúdo está apresentada a seguir ao perfil. Todos estes três vão ajudá-lo **a ter o desenho** de como os conteúdos no módulo estão organizados.

**Objectivos gerais:** Objectivos claramente informativos, concisos e compreensíveis são proporcionados para lhe **dar** conhecimentos, capacidades e atitudes que se espera que alcance depois de estudar este módulo.

**Objectivos específicos de aprendizagem (Objectivos instrucionais):** Cada objectivo específico apresentado nesta secção, está **no centro** “*at the heart*” da actividade de ensino-aprendizagem. Unidades, elementos e temas do módulo são **pressupostos** para alcançar os objectivos específicos e qualquer tipo de avaliação é baseada nos objectivos que pretendem atingir. Será **forçado** a prestar máxima atenção aos objectivos específicos, pois eles são vitais para rentabilizar o seu **esforço** no estudo do módulo.

A terceira secção constitui a maior parte do módulo. É a secção onde irá despende a maior parte do tempo e refere-se às **Actividades de Ensino e Aprendizagem**. O essencial dos nove componentes está alistado em seguida:

**Pré-Avaliação:** Um conjunto de questões, que vão avaliar quantitativamente o seu nível de preparação para os objectivos específicos deste módulo, estão apresentados nesta secção. As questões de pré-avaliação ajudar-te-ão a identificar o que sabe e o que você precisa saber para, que o seu nível de **interesse** cresça e você possa **avaliar** o seu nível de mestria. O guião/a chave de respostas é fornecido/a para o conjunto de questões e são feitos, no fim, alguns comentários pedagógicos.

**Conceitos-Chave:** Esta secção contém breves e concisas definições de termos usados no módulo. Ajuda-o com termos que provavelmente não lhe sejam familiares no módulo.

**Leituras obrigatórias:** Um mínimo de três materiais de leitura obrigatória estão disponíveis. É um dever seu ler os documentos.

**Recursos obrigatórios:** Um mínimo de dois vídeos-audio com um resumo em forma de texto estão disponíveis nesta secção.

**Conexões úteis:** Uma lista de pelo menos dez *websites* é proporcionada nesta secção. Esta lista constitui uma mais valia, pois irá ajudá-lo a lidar com os conteúdos de forma mais aprofundada.

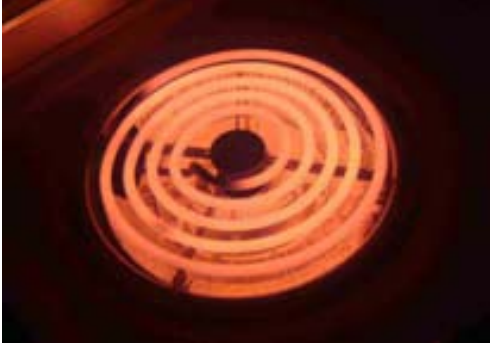
**Actividade de Ensino e Aprendizagem:** Esta secção constitui o coração do módulo. É importante que siga as orientações/os conselhos de aprendizagem aqui apresentados. São fornecidos também vários tipos de actividades. **Verifique** e realize cada actividade sugerida. Por vezes, não será necessário seguir a ordem em que as actividades são apresentadas. Mas é muito importante ter em conta que:

- as avaliações formativa e sumativa são ...;
- todas as leituras obrigatórias e recursos devem ser feitas;
- sempre que for possível, as conexões úteis deverão ser visitadas;
- **um *feedback* é dado ao autor e é feita a comunicação.**

Tenha prazer no seu trabalho neste módulo!

# I. Física térmica/ Termodinâmica

Pelo autor Dr. Tilahum Tesfaye, Addis Ababa University Etiopia



**Figura 1**

... .. é um problema significante nesta altura em falta a consciência de energia.

## II. Curso ou conhecimentos prévios

Para poder estudar este módulo, precisa de uma boa base de Física escolar do nível +2.

## III. Tempo

O estudo deste módulo pode ser completado em 120 horas.

## IV. Materiais

A lista seguinte identifica e descreve os equipamentos necessários para todas as actividades neste módulo. As quantidades alistadas são recomendadas para cada grupo.

1. **Aquecedor de imersão** - Estes são aparelhos relativamente baratos/acessíveis e prontamente disponíveis. Alguns têm imediatamente uma espiral de **nicrômio** ... "clad" **de alumínio**; outros têm um invólucro de alumínio envolvendo a espiral. Considerando o seu baixo custo e o seu repetido uso em quatro actividades deste módulo, seria bastante prudente ter um e algumas unidades de reserva.
2. **Balança** - Um "beam" ou balança de mola com a capacidade de 500g e sensibilidade de  $\pm 0,1g$  será bem suficiente. Algumas balanças "centigram" têm a capacidade de 300g.
3. **Copos "styrofoam" (2)** - Arranje o tamanho 14 ou 16 oz. Estes copos serão muito usados, assim seria prudente ter copos extras em mão.

4. **Termómetro (1)** - Um termómetro regular de laboratório -20 a 110° C vai ser suficiente desde que os estudantes sejam chamados a atenção de que o **bulbo** é frágil.
5. **Grande recipiente para água**
6. **Limpadores de ferro**
7. **Gelo despedaçado**
8. **Copos laboratorias de 250mL**



**Figura 2**

Os termómetros usam a variação nas propriedades físicas para medir a temperatura.

## V. Razão do Módulo

A Física é o estudo da energia e das suas transformações. O calor é a forma mais comum de energia que é transferida ou transformada quando corpos interagem. Este módulo ajudá-lo-á a entender o conceito de calor como forma de energia e os mecanismos relacionados com a sua conversão e transformação.

A conversão e transformação de calor tem o efeito de mudança de temperatura dos sistemas em interação. A variação de temperatura por sua vez tem efeitos sobre o nosso conforto pessoal e sobre as substâncias que nós usamos cada dia. Os métodos apresentados neste módulo têm aplicação em quase todas as outras áreas de profissão. A temperatura diária do **boletim meteorológico**, profissionais de medicina, **artífices/artesões** “*craftsmen*”, técnicos, etc. monitoram a temperatura para vários propósitos em vários métodos. Você vai desenvolver capacidades de medição da temperatura e do uso desta para analisar as leis das trocas de calor e “*broader*” ciência das leis da Termodinâmica.

Portanto, a inclusão de um módulo sobre Física térmica é justificada pelos factos acima mencionados.



**Figura 3**

O fogo de lenha é extremamente usado para a cozinha nas zonas rurais de África.



## VI. Conteúdos

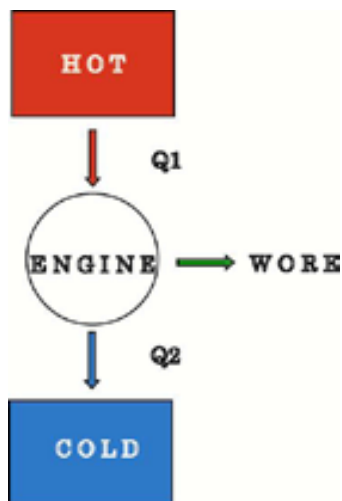
### 6.1 Vista geral

Os conceitos centrais deste módulo (Física térmica) são calor e temperatura. O módulo começa com o estudo da temperatura e as suas unidades de medida.

As actividades relativas à segunda unidade irão guiá-lo para distinguir entre calor e temperatura; para estudar o conceito de calor, os mecanismos do fluxo/escoamento do calor, a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um dado objecto, e a relação entre calor e trabalho (Energia).

Os conceitos de temperatura e calor serão utilizados no estudo dos gases e da teoria cinética dos gases. As actividades, no culminar do módulo, irão consolidar mais as teorias.

O estudo dos motores térmicos/máquinas térmicas está incluso como uma aplicação para suplementar a compreensão das teorias em calor e temperatura.



**Figura 4**

O motor térmico faz uso do calor para realizar trabalho.

## **6.2. Outline**

### **Unidade 1 - Introdução**

**10 horas**

Temperatura

Lei zero da Termodinâmica

Escalas termométricas

### **Unidade 2 - Calor**

**30 horas**

Calor específico/ Capacidade calorífica específica

Calor e Trabalho

Primeira lei da Termodinâmica

Transferência/ Transmissão de calor

Condução Convecção e Radiação

### **Unidade 3 - Gases**

**25 horas**

Número de Avogadro

Gases ideais e reais

Diagramas/ Gráficos –PV

### **Unidade 4 - Teoria cinética dos gases**

**23 horas**

*Mean free path*

Energia Interna

Constantes específicas de calor

### **Unidade 5 - Motores térmicos/ Máquinas térmicas**

**24 horas**

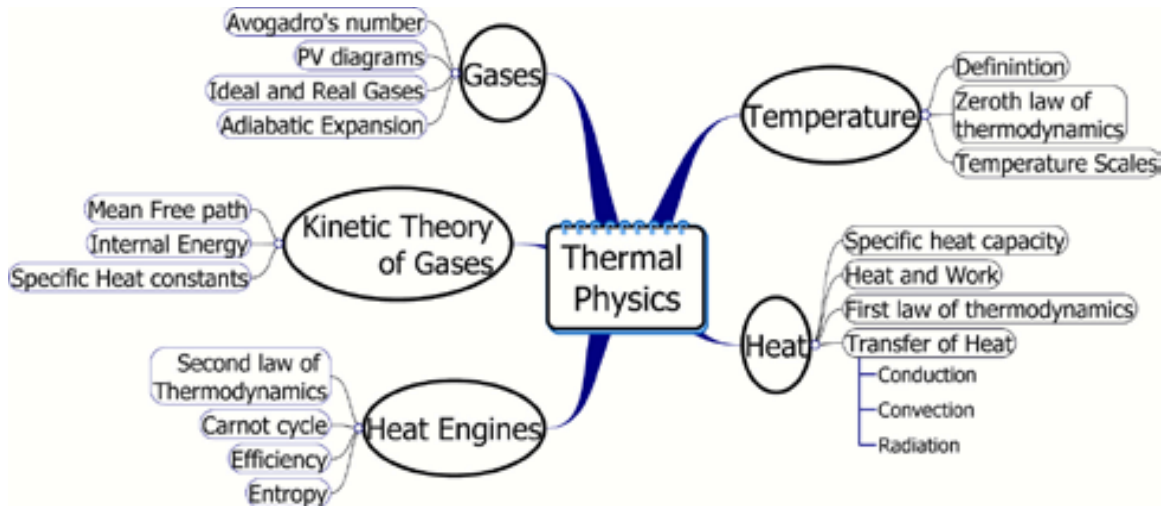
Segunda lei da Termodinâmica

Ciclo de *Carnot*

Eficiência

Entropia

### 6.3 Organizador gráfico



## VII. Objetivos gerais

**Depois de completar o estudo deste módulo, você será capaz de:**

Perceber que a Física térmica envolve o estudo de calor como a forma de transferência de energia e a aplicação da conservação de energia. Isto pressupõe:

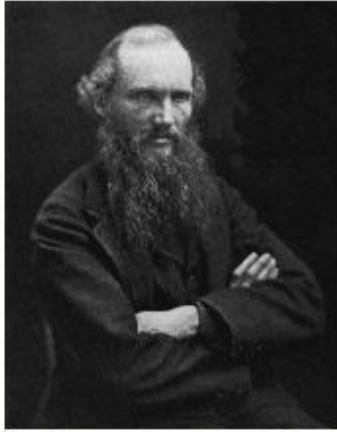
- Compreender o conceito de temperatura, calor e energia interna;
- Compreender os fundamentos bases da primeira lei da Termodinâmica;
- Compreender as propriedades dos gases e o uso do Diagramas P-V-T;
- Compreender a teoria cinética dos gases;
- Compreender e segunda lei da Termodinâmica e a entropia.

## VIII. Objectivos específicos de aprendizagem (Objectivos Instrucionais)

<b>Conteúdos</b>	<b>Objectivos de aprendizagem Depois de completar esta secção você deverá ser capaz de:</b>
<b>Temperatura (10 horas)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Temperatura</li><li>• Lei zero da Termodinâmica</li><li>• Escalas termométricas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Define temperatura</li><li>• Explica as escalas de temperatura</li><li>• Enuncia e explica a lei zero da Termodinâmica</li></ul>
<b>Calor (30 horas)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Calor específico/ Capacidade calorífica específica</li><li>• Calor e Trabalho</li><li>• Primeira lei da Termodinâmica</li><li>• Transferência/ Transmissão de calor<ul style="list-style-type: none"><li>○ Condução</li><li>○ Convecção</li><li>○ Radiação</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Distingue entre calor e temperatura</li><li>• Calcula o calor em vários materiais</li><li>• Descreve as diferentes formas de transferência de calor</li><li>• Analisa o uso da energia térmica</li><li>• Enuncia e aplica a Primeira lei da Termodinâmica</li></ul>
<b>Gases (25 horas)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Número de Avogadro</li><li>• Diagramas/ Gráficos –PV</li><li>• Gases ideais e reais</li><li>• Expansão adiabática</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Explica a relevância do número de Avogadro</li><li>• Explica as propriedades dos gases ideal e real</li><li>• Usa a equação do gás ideal e diagramas PVT para descrever sistemas termodinâmicos</li></ul>
<b>Teoria Cinética (23 hora)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Mean free path</i></li><li>• Energia Interna</li><li>• Constantes específicas de calor</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Analisa o movimento das moléculas <i>such as mean free path</i></li><li>• Calcula a energia cinética das moléculas do gás</li></ul>
<b>Máquinas térmicas/ Motores térmicos (32 horas)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Segunda lei da Termodinâmica</li><li>• Ciclo de <i>Carnot</i></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Enuncia e aplica a Segunda lei da Termodinâmica</li><li>• Descreve o que significa entropia</li></ul>

- Eficiência e Entropia
- Avalia vários ciclos de energia (p.ex. Ciclo de *Carnot*, Máquina Refrigerador de *Stirling*)

## IX. Pré-Avaliação



**Está pronto para este módulo?**

**Figura 5**  
Lord Kelvin (1824-1907)

### **Caros Estudantes/ Formandos**

Nesta secção, vai encontrar perguntas de auto-avaliação que irão ajudar-lhe a avaliar a sua preparação para completar este módulo. Deve julgar-se a si próprio com sinceridade e cumprir com as acções recomendadas após a conclusão do auto-teste. Nós encorajamos-lhe a dispor de tempo para responder às questões.

### **Caros Instrutores/ Formadores**

As perguntas de auto-avaliação colocadas aqui, orientam os formandos para decidir se estão preparados para acompanhar os conteúdos apresentados neste módulo. Aconselha-se ao cumprimento das recomendações feitas na base dos resultados obtidos a partir dos estudantes. Como seus instrutores, devem encorajá-los a auto-avaliarem-se, respondendo a todas as questões fornecidas em seguida. A investigação educacional mostra que este tipo de auto-avaliação pode ajudar os formandos a estarem mais preparados e isso permitir-lhes-á uma melhor articulação com os conhecimentos prévios.

## 9.1. Auto-avaliação associada à Física térmica

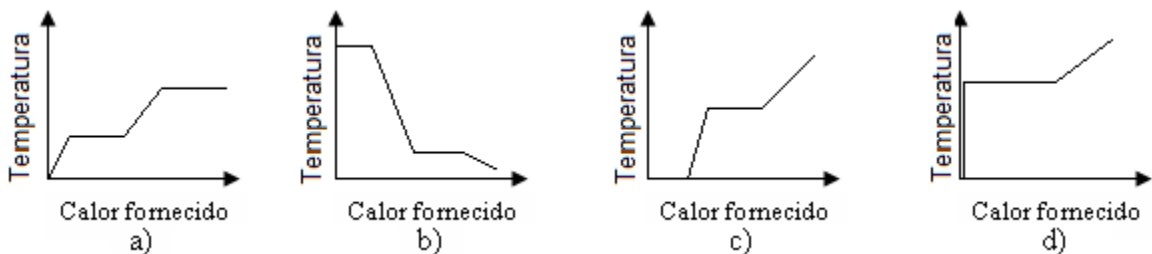
Avalie a sua preparação para atender ao módulo sobre a Física térmica. Se obtiver uma classificação superior ou igual a 60 de 75, significa que está pronto para usar este módulo. Se a sua classificação for algo entre 40 e 60, você terá que rever os seus conhecimentos de Física escolar sobre os tópicos de calor. Uma classificação inferior a 40 de 75 indica que você precisa de aprender Física escolar.

Tente responder as seguintes perguntas e avalie a sua posição em tópicos relacionados com a Física térmica.

1. Se a temperatura de uma paciente é  $40^{\circ}\text{C}$ , a sua temperatura na escala Fahrenheit será
  - a)  $104^{\circ}\text{F}$
  - b)  $72^{\circ}\text{F}$
  - c)  $96^{\circ}\text{F}$
  - d)  $100^{\circ}\text{F}$
2. Um copo é enchido de água a  $4^{\circ}\text{C}$ . Num dado momento, a temperatura subiu poucos graus acima de  $4^{\circ}\text{C}$  e num outro momento desceu poucos graus abaixo de  $4^{\circ}\text{C}$ . “One” deve observar-se que
  - a) o nível permanece constante em cada caso.
  - b) no primeiro caso a água sobe enquanto que no segundo caso o seu nível baixa.
  - c) no segundo caso a água transborda enquanto que no primeiro caso ela baixa.
  - d) a água transborda nos dois casos.
3. Os sólidos dilatam sob aquecimento porque
  - a) a energia cinética dos átomos aumenta.
  - b) a energia potencial dos átomos aumenta.
  - c) a energia total dos átomos aumenta.
  - d) a energia potencial *versus* a curva da distância inter-atômica é uma simetria sobre a distância de equilíbrio e a distância inter-molecular aumenta com o aquecimento.
4. Sob aquecimento, um líquido de coeficiente de dilatação cúbica  $\gamma$  num recipiente de coeficiente de dilatação cúbica  $\gamma/3$ , o nível do líquido no recipiente irá:
  - a) aumentar
  - b) é difícil dizer
  - c) vai permanecer mais ou menos estacionária
  - d) cai
5. Qual é o valor do zero absoluto na escala Fahrenheit?
  - a)  $0^{\circ}\text{F}$

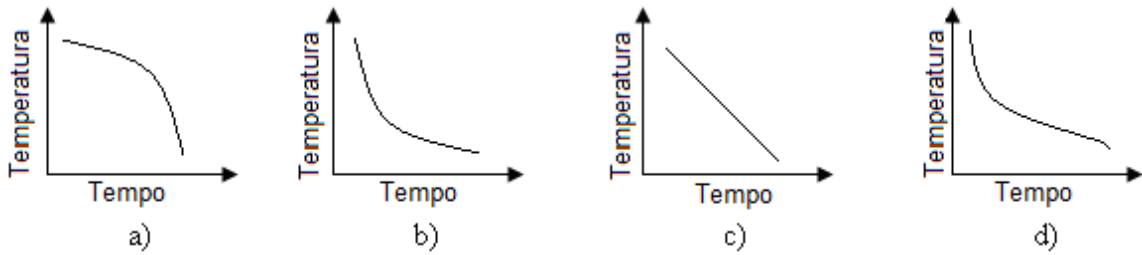
- b)  $-22^{\circ}\text{F}$
- c)  $-350^{\circ}\text{F}$
- d)  $-459.4^{\circ}\text{F}$

6. A água é usada para arrefecer máquinas. Isso é principalmente porque
- a) ela é barata.
  - b) ela tem um elevado calor específico/ capacidade calorífica.
  - c) o seu calor de vaporização é mais alto do que o seu calor específico.
  - d) é de fácil disponibilidade.
7. Se 50 gramas de gelo e 50 gramas de água estão ambos a  $0^{\circ}\text{C}$ , então é verdade que
- a) as moléculas da água têm uma maior energia cinética média do que as moléculas do gelo.
  - b) as moléculas do gelo têm uma maior energia cinética média do que as moléculas da água.
  - c) as moléculas da água têm uma maior energia potencial total do que as moléculas do gelo.
  - d) as moléculas do gelo têm uma maior energia potencial total do que as moléculas da água.
8. O calor transita de um objecto para o outro quando os objectos diferem
- a) no calor específico.
  - b) na capacidade calorífica.
  - c) na temperatura.
  - d) no estado físico.
9. Um bloco de gelo a  $-10^{\circ}\text{C}$  é aquecido lentamente e convertido a vapor a  $100^{\circ}\text{C}$ . Qual das seguintes curvas representa qualitativamente o fenómeno?



10. A energia irradiada por corpo negro por unidade de tempo é proporcional à temperatura absoluta elevada para
- a) Primeiro poder
  - b) Segundo poder
  - c) Terceiro poder
  - d) Quarto poder

11. Um bloco de metal é aquecido até uma temperatura mais elevada do que a temperatura da sala é permitido resfriar numa sala livre de correntes de ar. Qual das curvas seguintes representa correctamente a taxa de resfriamento?



12. O calor conduzido através de uma parede numa unidade de tempo é
- directamente proporcional à espessura da parede.
  - inversamente proporcional à área da parede.
  - directamente proporcional à diferença em temperatura das duas superfícies da parede.
  - não depende do material da parede.
13. Uma expansão adiabática de um gás é aquela em que
- a pressão é mantida constante.
  - o volume é mantido constante.
  - a temperatura é mantida constante.
  - o gás não perde nem ganha calor.
14. Se uma máquina de *Carnot* opera entre as temperaturas de  $27^{\circ}\text{C}$  e  $127^{\circ}\text{C}$ , a sua eficiência em percentagem é
- 20
  - 25
  - 35
  - 50
15. A água sempre ferve quando
- a temperatura atinge  $100^{\circ}\text{C}$ .
  - a pressão do vapor é  $1\text{ g/cm}^2$ .
  - a pressão do seu vapor saturado é igual à pressão atmosférica.
  - ... “above wich” um gás não pode ser liquefeito.
16. Iguais volumes de gás nas mesmas condições de temperatura e pressão
- contêm o mesmo número de moléculas.
  - tem a mesma densidade.
  - tem a mesma massa.
  - tem o mesmo potencial de ionização.



17. Os coeficientes de dilatação volumétrica ( $\gamma$ ), de dilatação superficial ( $\beta$ ) e de dilatação linear ( $\alpha$ ) estão relacionados entre si como
- $\alpha = 2\beta = 3\gamma$
  - $\gamma = 3\alpha = 2\beta$
  - $\frac{\gamma}{3} = \frac{\beta}{2} = \alpha$
  - $\gamma = 2\beta = 3\alpha$
18. Uma bola metálica, tendo um calor específico de  $0.22\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$ , pesando  $300\text{g}$ , dever ser convertido em líquido no seu ponto de fusão de  $660^\circ\text{C}$ . Se o calor latente do material da bola é  $76.8\text{kcal/g}$ , que quantidade de calor em kcal é necessária para tal? Inicialmente a bola está a  $20^\circ\text{C}$ .
- 55.3
  - 65.3
  - 75.3
  - 85.3
19. Qual das seguintes afirmações sobre capacidade calorífica a pressão constante  $C_p$  e o volume constante  $C_v$  está correcta?
- $C_p \leq C_v$
  - $C_p \neq C_v$
  - $C_p \geq C_v$
  - Todas acima são possíveis dependendo da situação.
20. Qual das seguintes afirmações não é correcta?
- Todas as máquinas reversíveis operando entre as mesmas duas temperaturas têm a mesma eficiência



- Nenhuma máquina pode ser mais eficiente do que a máquina de *Carnot*
- A máquina de *Carnot* é uma máquina reversível
- A eficiência de uma máquina reversível depende da substância de trabalho.

**Figura 6**  
Carnot (1796-1832)

## 9.2.Chave/ Guião de respostas

1. A
2. D
3. D
4. C
5. D
6. B
7. C
8. C
9. A
10. D
11. B
12. C
13. D
14. B
15. C
16. A
17. C
18. B
19. B
20. D

## 9.3. Comentários pedagógicos para o formando

A Física térmica difere de algum modo dos outros capítulos da Física, não apenas no **objecto de estudo** “*subject matter*” (sistemas muito grandes), mas também na sua estrutura lógica. Não há grandes equações diferenciais (como equações de Maxwell ou equações de Schrodinger) que abarcam todo o **conteúdo** “*subject*”. Pelo contrário, há apenas poucas e pequenas equações, a maioria das quais definições, junto com um conjunto de truques para a resolução de uma enorme variedade de problemas. Uma vez que os conceitos básicos estão definidos, quase tudo segue uma pura lógica.

Porque a lógica da Física térmica é mais importante do que qualquer equação particular, você devia concentrar-se mais na lógica do que nas equações, ao estudar. Você vai precisar de compreender e ser capaz de produzir a maioria das “*derivações*”, pois fora disso você vai achar difícil aplicar as ideias em novos sistemas que sejam diferentes destes que nós discutimos neste módulo. O número de possíveis aplicações é tão enorme que nós só teremos tempo para uma pequena fracção destes.

Visto que as ideias da Física térmica estão estreitamente ligadas umas com as outras, o material deste curso vai ser altamente sequencial. Por essa razão, é crucial que siga as actividades aqui apresentadas na sequência em que elas vão aparecendo no módulo. Caso não compreende alguma coisa, dirija-se aos materiais obrigatórios e visite as conexões úteis; não as registre apenas e esperando que mais tarde vais **■**. “*figure*”.

O mais importante de tudo, é que resolva os exercícios e faça as auto-avaliações na tabela; não deixe de fazer os trabalhos até ao último minuto (ou mais tarde).

Muitas pesquisas, nos últimos anos, têm mostrado que os estudantes que sobressaem em Física (e outras disciplinas) são aqueles que se envolvem activamente no processo de aprendizagem. Este envolvimento pode tomar várias formas: escrevendo “lots” de perguntas nas margens do módulo; colocando perguntas por e-mail; discutindo Física nos fóruns de discussão na AVU, etc.

### **Última palavra.....**

A Física não é tanto uma colecção de factos, mas sim um caminho de olhar para o mundo. O autor deste módulo espera que este curso não só lhe ensine muitas das ideias da Física térmica, mas também desenvolva as suas capacidades de pensamento cuidadoso, resolução de problemas e comunicação precisa. Neste curso você vai **...** “gain lots” de experiências com explicação qualitativa, estimativas numéricas **...** “rough” , e resolução quantitativa e cuidadosa de problemas. Se entende um problema em todos estes níveis, e pode descrevê-lo claramente para os outros, você estará <<pensando como um físico>> (como gostamos de dizer). Mesmo esquecendo-se, eventualmente, de algumas noções aprendidas neste curso, as capacidades adquiridas serão úteis para o resto da vida.

## X. Conceitos Básicos/Fundamentais (Glossário)

**Temperatura:** é a propriedade de um objecto que indica em que direcção a energia calorífica vai fluir se o objecto é colocado em contacto térmico com um outro. A Energia térmica flui de um objecto com temperatura mais alta para o outro de temperatura mais baixa.

O ponto de referência na medição da temperatura é o ponto triplo da água, o qual está arbitrariamente registado com o valor de 273.6 K. Existem três escalas de temperatura normalmente usadas:

### a. Escala em Centígrado ou Escala Celsius

Ponto fixo mais baixo = 0°C  
Ponto fixo mais alto = 100°C

### b. Escala Fahrenheit

Ponto fixo mais baixo = 0°C  
Ponto fixo mais alto = 100°C

### c. Escala de Reumer

Ponto fixo mais baixo = 0°C  
Ponto fixo mais alto = 80°C

**As três escalas estão relacionadas através da expressão**

$$\frac{C}{100} = \frac{R}{80} = \frac{F - 32}{180}$$

**A lei da Termodinâmica afirma que:** se dois corpos X e Y estão separadamente em equilíbrio térmico com um outro corpo Z, então eles estão em equilíbrio entre si. No caso mais comum o corpo Z é um termómetro.

**Calor específico:** é a energia calorífica necessária para elevar a temperatura de uma unidade de massa de uma substância em um Kelvin. A unidade no SI é  $\text{JK}^{-1}\text{g}^{-1}$ .

**Calorimetria:** é o estudo concernente à medição do calor.

**Calor específico latente:** é a quantidade de calor necessária para mudar uma unidade de massa de uma substância, do estado sólido para o líquido, ou do líquido para o gasoso, sem que no entanto haja mudança de temperatura. *Calor específico latente de fusão* é a quantidade de calor necessária para mudar uma unidade de massa de uma

substância do estado sólido para o líquido sem mudança de temperatura. *Calor específico latente de vaporização* é a quantidade de calor necessária para mudar uma unidade de massa de uma substância do estado líquido para o estado gasoso sem mudança de temperatura.

**Lei de resfriamento de Newton:** diz que um corpo perde calor a uma taxa proporcional à diferença em temperatura entre o corpo e o ambiente e exige que a temperatura do corpo seja mais alta do que a do ambiente.

**Radiação:** é um processo no qual a energia é transmitida através de ondas electromagnéticas.

**Primeira Lei da Termodinâmica:** diz que se um sistema termicamente isolado é trazido de um equilíbrio térmico para o outro, o trabalho necessário para se estabelecer essa mudança não depende do processo usado.

**Número de Avogadro:** é o número de partículas unitárias numa mole de uma substância. A partícula unitária pode ser um átomo, molécula, ião, electrão, fóton, etc.

O Número de Avogadro pode ser dado como o número de átomos em 0,012kg de  $^{12}\text{C}$ .

O símbolo do Número de Avogadro é  $N_A$  e é igual a  $N_A = 6,02252 \times 10^{23}$

**Estado:** o estado descreve a condição física de uma dada amostra de gás. Quatro grandezas descrevem o estado do gás. Essas grandezas são *temperatura*, *pressão*, *volume* e *massa*.

**Gás ideal:** é um gás hipotético com moléculas de tamanho desprezível, entre as quais não se exercem forças de interacção.

**Teoria cinética dos gases:** é a teoria baseada na suposição de que toda a matéria é constituída de partículas bastante pequenas, em constante movimento desordenado que experimentam choques perfeitamente elásticos.

**Ciclo:** é um processo no qual um conjunto de operações tomam lugar numa certa sequência, de modo que, no fim do conjunto de operações se restabelecem as condições iniciais. No caso de máquinas *the working fuel may be in the form of a gas and after undergoing series of changes* em pressão, volume e temperatura retorna para a sua forma original.

**Ciclo de Carnot:** É um ciclo (de expansão e compressão) de uma máquina térmica reversível idealizada, que trabalha sem perdas de calor.

**Energia interna:** é a energia que um sistema possui. Esta energia depende do estado interno do sistema, determinado pela sua pressão, temperatura e composição. A energia cinética de movimento de cada molécula ou ião, a energia cinética e energia potencial dos electrões e outras partículas em cada molécula ou ião, contribui para a

energia interna do sistema. Trabalho e calor são processos de transferência de energia para e do sistema, e, portanto, da mudança da energia interna. Pode-se dizer que a mudança da energia interna ( $U$ ) é igual ao calor ( $q$ ) fornecido ao sistema menos o trabalho efectuado ( $W$ ) sobre o sistema.

$$U = q - W$$

**Entropia:** é a medida do grau de desordem num sistema; quanto mais desordenado estiver um sistema, tanto maior é a sua entropia. A desordem pode ser o caos molecular, por exemplo, quando um líquido muda para gás à mesma temperatura, a entropia cresce, pois as moléculas do gás estão desordenadas do que as do líquido. Do mesmo modo, a mistura de dois gases tem maior entropia do que os dois gases em separado. Uma mudança de entropia ocorre quando o sistema absorve/cede calor; a mudança na entropia é medida como a variação do calor dividido pela temperatura em que a mudança toma lugar; então  $dS = dq/T$ , onde  $dS$  é a variação da entropia. A entropia de um cristal perfeito de cada elemento ou *compound* é dado um valor zero como referencial à temperatura do zero absoluto.

**Máquina térmica:** é um dispositivo que converte a energia térmica em outras formas de energia como mecânica, eléctrica, etc. As máquinas térmicas são dispositivos cíclicos:

- o calor é absorvido de um reservatório a alta temperatura;
- o trabalho é realizado pela máquina;
- o calor é expelido pela máquina para um reservatório a baixa temperatura;
- a máquina retorna para o estado inicial.

**Segunda lei da Termodinâmica:** diz que é impossível para uma máquina que opere por si só, trabalho em ciclo e sem que receba energia do meio exterior, consiga transferir calor de um corpo a uma temperatura baixa para um outro a temperatura mais elevada. Noutras palavras, o calor não pode fluir de um corpo frio para um corpo quente sem ajuda de um agente externo.

**Processos termodinâmicos:** são transformações que tomam lugar num sistema termodinâmico. Eles são de dois tipos.

- Processo reversível: é um processo no qual a transformação pode ser repassada/ *retraced* no sentido inverso. Todas as transformações isotérmicas e adiabáticas que são conduzidas muito lentamente são exemplos de processos reversíveis se nessas transformações for assumido que nenhum calor é libertado em atrito ou para a vizinhança.
- Processo irreversível: é um processo que não pode ser repassado. Trabalho feito contra o atrito, o aquecimento devido ao fluxo da corrente através de um condutor, são exemplos de processos irreversíveis.

**Processos termodinâmicos:** estes podem também ser classificados como:

- a. Isotérmico: é um processo que ocorre a temperatura constante.
- b. Isobárico: é um processo que ocorre a pressão constante.
- c. Isovolumétrico: é um processo que ocorre a volume constante.
- d. Adiabático: é um processo que ocorre sem transferência de calor.



# XI. Leituras obrigatórias

## Lição #1 Sobre Temperatura

**Referência completa:** <http://dmoz.org/Science/Physics/Thermodynamics/>

**Resumo:** As ligações na página mencionada acima levam-lhe a materiais de *html* em tópicos sobre Temperatura, Termodinâmica aplicada, Fundamentos de Termodinâmica, Termodinâmica e suas aplicações e muitos mais assuntos directamente relevantes para este módulo.

**Importante:** O Projecto de Directório Aberto é o maior, mais compreensível directório do *Web* editado pelo homem. Ele é construído e mantido por uma vasta comunidade global de editores voluntários. A lista inclui livros *online* gratuitos: Livro *online* sobre Termodinâmica na UC Berkele, apontamentos de conferências e problemas da Universidade de Pittsburg, um *Applet* da lei do gás ideal, ilustrando a lei do gás ideal, a acção de um pistão numa câmara de pressão cheia de gás ideal; um *Web Site* sobre máquinas de combustão interna na qual Termodinâmica e transferência de calor em combustão Interna. Os *Applets* são usados para executar cálculos simples, desenvolvidos na Universidade Estatal de Colorado.

**Data de Consulta:** Outubro, 2006.

## Lição #2 Termodinâmica

**Referência completa:** [http://www.lightandmatter.com/html\\_books/2cl/ch06/ch06.html](http://www.lightandmatter.com/html_books/2cl/ch06/ch06.html)

**Resumo:** Os tópicos discutidos neste documento incluem os conteúdos Pressão e Temperatura; a descrição microscópica de um gás ideal e Entropia.

**Importância:** Este é um capítulo de um livro de texto grátis mantido por [www.lightandmatter.com](http://www.lightandmatter.com). Está disponível em *pdf* e formatos de *html*. Os arquivos em *pdf* podem ser baixados capítulo por capítulo *d potencial*; introdução para relatividade especial; equações de Maxwell em ambas as formas, diferencial e integral; e as propriedades dos dieléctricos e materiais magnéticos.

**Data de Consulta:** Setembro, 2006.

## Lição # 3 Energia Interna, Trabalho, Calor e Primeira Lei

**Referência completa:** <http://www.shef.ac.uk/physics/teaching/phy203/lecture2.pdf>

**Resumo:** Os tópicos nas anotações desta conferência são energia interna de sólidos, líquidos e gases. Os conteúdos são dados sob calor e trabalho; funções de estado; Primeira Lei da Termodinâmica e capacidades de calorífica em termos de funções de estado.

Estão igualmente proporcionados processos especiais e algumas relações matemáticas úteis.

**Importância:** Este é um dos vários *secound-term freshman* cursos de Física oferecido pela Universidade de Sheffield. É direccionado a estudantes que procuram por uma introdução à Física térmica completa e desafiadora.

**Data de Consulta:** Novembro, 2006.

## XII. Recursos Obrigatórios

### 1. Fonte: Lon-CAPA

**URL:** <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap10/cd283.htm>.

**Data de Consulta:** Agosto, 2006.

**Descrição:** Este *applet* de Java ajuda-lhe a entender o efeito da temperatura e volume a partir do número de colisões das moléculas de gás com as paredes. No *applet*, você pode variar a temperatura e volume com o *sliders* no lado esquerdo. Também pode ajustar o tempo pelo qual a simulação ocorre. O *applet* conta todas as colisões e mostra o resultado após o decurso. Através da variação da temperatura e do volume e mantendo o resto do número de colisões, **você pode obter o sentido disso que o resultado principal de teoria cinética será. ?????**

### 2. Fonte: Universidade de Uoregon

**URL:** -: <http://jersey.uoregon.edu/vlab/Piston/index.html>

**Data de Consulta:** Novembro, 2006.

**Descrição:** Este *applet* de Java ajuda você a fazer uma série de experiências virtuais; pode controlar o pistão na câmara de pressão a qual está cheia de um gás ideal. O gás é definido através de quatro estágios: Temperatura; Volume ou densidade; Pressão e Peso molecular. Há 3 possíveis experiências para fazer. Na terceira experiência, designada lei do gás ideal, pode seleccionar dos recipientes de gás vermelho, azul ou amarelo. Cada gás nesses recipientes tem um peso molecular diferente e conseqüentemente cada um responderá de forma diferente sob variação das condições de pressão.

### 3. Fonte: video.google.com

**Referência completa:** - Cálculo computarizado de diagramas de fase.

<http://video.google.com/videoplay?docid=1397988176780135580&q=Thermodynamics&hl=en>

**Importante:** Modelos termodinâmicos de soluções podem ser usados junto com dados para calcular diagramas de fase. Estes diagramas revelam, para um determinado conjunto de todos os parâmetros (como temperatura, pressão, campo magnético), as fases que são termodinamicamente estáveis e em equilíbrio, as frações dos seus volumes e a sua composição química.

Esta aula cobre os métodos pragmáticos implementados num *software* comercial para estimação de multi-componentes e equilíbrios multifásicos. O conteúdo deveria ser, em geral, útil para cientistas. Este é o quinto de sete aulas sobre Termodinâmica das transformações de fase.

## XIII. Ligações úteis

### Ligação útil # 1

**Título:** Sobre Temperatura

**URL:** <http://eo.ucar.edu/skymath/tmp2.html>

*Screen capture:*

#### **Contents (click on star)**

- ★ What is Temperature
- ★ The Development of Thermometers and Temperature Scales
- ★ Heat and Thermodynamics
- ★ The Kinetic Theory
- ★ Thermal Radiation
- ★ 3 K - The Temperature of the Universe
- ★ Summary
- ★ Acknowledgments
- ★ References

### **What is Temperature?**

In a qualitative manner, we can describe the temperature of an object as that which di

**Descrição:** Há uma descrição elementar de temperatura. A página está bem ilustrada e serve de um bom ponto de partida.

**Importante:** Um tutorial bastante básico (preparado para os professores de Matemática do ensino médio), mas ainda útil para profissionais.

## Ligacao util #2

**Título:** Todas Termodinâmicas

**URL:** <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/heacon.html#heaco>

**Screen Capture:**

### Thermal Equilibrium

It is observed that a higher [temperature](#) object which is in contact with a lower temperature object will [transfer heat](#) to the lower temperature object. The objects will approach the same temperature, and in the absence of loss to other objects, they will then maintain a constant temperature. They are then said to be in thermal equilibrium. Thermal equilibrium is the subject of the [Zeroth Law of Thermodynamics](#).

```
graph TD; TE[Thermal Equilibrium] --- CHOC[Cooling a hot object]; TE --- CAL[Calorimetry]; CHOC --- CWI[Cooling with ice]; CHOC --- CBE[Cooling by evaporation]; CAL --- CCCC[Cooling of cup of coffee: Example];
```

[Index](#)  
[Heat transfer concepts](#)

**Descrição:** Todos os recursos exigidos para estudar a segunda actividade do módulo estão aqui disponíveis.

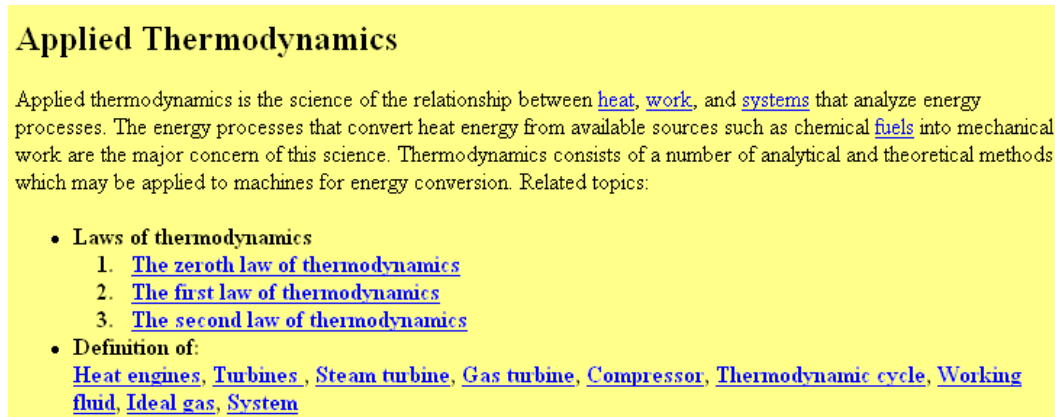
**Razão:** Esta página tem uma abrangente cobertura da maior parte da Física, o uso criativo de multimédia e ligações, e o impacto que teve para estudantes a nível mundial. Tutorias *online* cobrem uma extensa gama de tópicos de Física, incluindo a Física Moderna e Astronomia. O material está organizado através de extensos mapas de conceitos.

### Ligação útil # 3

**Título:** Applied termodinâmica

**URL:** <http://www.taftan.com/thermodynamics/>

**Screen Capture:**



**Applied Thermodynamics**

Applied thermodynamics is the science of the relationship between [heat](#), [work](#), and [systems](#) that analyze energy processes. The energy processes that convert heat energy from available sources such as chemical [fuels](#) into mechanical work are the major concern of this science. Thermodynamics consists of a number of analytical and theoretical methods which may be applied to machines for energy conversion. Related topics:

- **Laws of thermodynamics**
  1. [The zeroth law of thermodynamics](#)
  2. [The first law of thermodynamics](#)
  3. [The second law of thermodynamics](#)
- **Definition of:**  
[Heat engines](#), [Turbines](#), [Steam turbine](#), [Gas turbine](#), [Compressor](#), [Thermodynamic cycle](#), [Working fluid](#), [Ideal gas](#), [System](#)

**Descrição:** Definição e pequenas explicações dos termos, unidades e princípios básicos são aqui apresentadas.

**Importante:** Esta página serve como revisão dos conceitos cobertos neste módulo.

### Ligação útil #4

**Título:** Fundamentos da Termodinâmica

**URL:** <http://puccini.che.pitt.edu/~karlj/Classes/CHE2101>

**Screen Capture:**

Fall 2006

#### Course Documents

- [Course syllabus](#).
- [Example](#) of how to use Excel to solve systems of equations.
- 2-d linear interpolation [worksheet](#).
- Matlab [online](#) Documentation
- [Tutorial](#) for MathCad.
- [Molecular simulation](#) code written as a Java Applet.

#### Lectures

- [Lecture #1](#), variables, Gibbs phase rule, and laws of thermodynamics.
- [Lecture #2](#), work and processes.

**Descrição:** Notas de conferência e problemas da Universidade de Pittsburg.

**Importante:** Este é um conjunto alternativamente organizado de materiais de referência. Ajuda estudantes a.....

## Ligação útil #5

**Título:** Calor específico

**URL:** <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/spht.html>

### Screen Capture

**Specific Heat**

The specific heat is the amount of [heat](#) per unit mass required to raise the [temperature](#) by one degree Celsius. The relationship between heat and temperature change is usually expressed in the form shown below where  $c$  is the specific heat. The relationship does not apply if a [phase change](#) is encountered, because the heat added or removed during a phase change does not change the temperature.

$$Q = cm\Delta T$$

heat added      specific heat      mass      change in temperature

[Index](#)

The specific heat of water is 1 calorie/gram °C = 4.186 joule/gram °C which is

**Descrição:** A página dá a descrição da capacidade calorífica específica.

**Importante:** Há provisão *online* de cálculo da capacidade calorífica específica de acordo com a lei da troca de calor. Introduza os dados necessários e depois *clique* no texto activo por cima da quantidade que você deseja calcular *i.e.* a facilidade *online* dá-lhe a resposta.

## Ligação útil # 6

**Título:** Energia interna

**URL:** [http://en.wikipedia.org/wiki/Internal\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Internal_energy)

### Screen Capture

**Descrição:** Uma descrição detalhada e conteúdo interactivo está disponível nesta página.

**Internal energy**

From Wikipedia, the free encyclopedia

In thermodynamics, the **internal energy** of a thermodynamic system, or a body with well-defined boundaries, denoted by  $U$ , or sometimes  $E$ , is the total of the kinetic energy due to the motion of molecules (translational, rotational, vibrational) and the potential energy associated with the vibrational and electric energy of atoms within molecules or crystals. It includes

Thermodynamic potentials	
<b>Internal energy</b>	$U(S, V)$
Helmholtz free energy	$A(T, V) = U - TS$
Enthalpy	$H(S, P) = U + PV$
Gibbs free energy	$G(T, P) = U + PV - TS$

Materiais relacionados são a *click away*, usando ligações activas no documento.

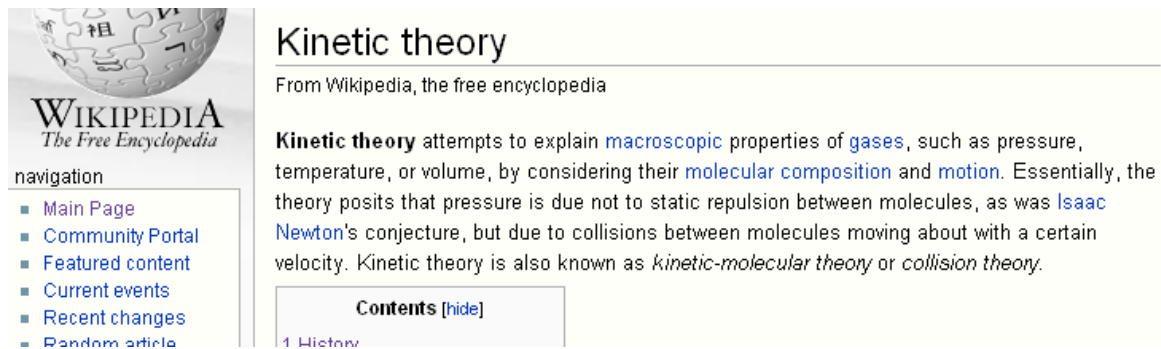
**Importância:** Útil para quem precisa de comparar várias referências.

### Ligação útil # 7

**Título:** Teoria cinética

**URL:** [http://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic_theory)

### Screen Capture

A screenshot of the Wikipedia article titled "Kinetic theory". The page features the Wikipedia logo on the left, a navigation menu with links to Main Page, Community Portal, Featured content, Current events, Recent changes, and Random article. The main content area has the title "Kinetic theory" and a sub-header "From Wikipedia, the free encyclopedia". The text explains that kinetic theory attempts to explain macroscopic properties of gases, such as pressure, temperature, or volume, by considering their molecular composition and motion. It mentions that the theory posits that pressure is due to collisions between molecules moving about with a certain velocity, contrasting this with Isaac Newton's conjecture of static repulsion. The article also notes that kinetic theory is also known as kinetic-molecular theory or collision theory. A "Contents" section is visible with a "hide" link, and a "History" link is partially visible below it.

**Descrição:** Esta ligação dá material de leitura satisfatório para novatos no campo como também leituras avançadas.

**Importante:** Coleção de artigos organizados e regularmente actualizado.

### Ligação útil # 8

**Título:** Teoria cinética de gases

**URL:** [web.mit.edu/8.333/www/lectures/lec7.pdf](http://web.mit.edu/8.333/www/lectures/lec7.pdf)

### Screen Capture



## III. Kinetic Theory of Gases

### III.A General Definitions

- **Kinetic theory** studies the macroscopic properties of large numbers of particles, starting from their (classical) equations of motion.

Thermodynamics describes the equilibrium behavior of *macroscopic objects* in terms of concepts such as work, heat, and entropy. The phenomenological laws of thermodynamics tell us how these quantities are constrained as a system approaches its equilibrium. At the *microscopic level*, we know that these systems are composed of particles (atoms, molecules), whose interactions and dynamics are reasonably well understood in terms of more fundamental theories. If these microscopic descriptions are complete, we should be able to account for the macroscopic behavior, i.e. derive the laws governing the macroscopic state functions in equilibrium. Kinetic theory attempts to achieve this objective. In particular, we shall try to answer the following questions:

- (1) How can we define “equilibrium” for a system of moving particles?

**Descrição:** Neste artigo de cinco de páginas é dada uma definição geral, as teoria cinética estuda as propriedades macroscópicas de grandes números de partículas, partindo da sua equação (clássica) de movimento.

**Importância:** Esta é uma conferência preparada em MIT material de *open courseware*.

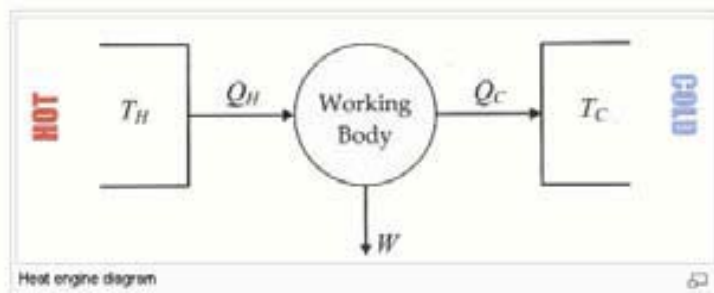
### Ligação útil # 9

**Título:** Aquecimento/calor de máquinas

**URL:** [http://en.wikipedia.org/wiki/Heat\\_engines](http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_engines)

### Screen Capture

Contents [hide]
1 Overview
2 Everyday examples
3 Examples of heat engines
3.1 Phase change cycles
3.2 Gas only cycles
3.3 Electron cycles
3.4 Magnetic cycles
2.5 Cycles used for refrigeration
4 Efficiency
5 Other criteria of heat engine performance



**Descrição:** São descritos diferentes parâmetros de máquinas térmicas em diferentes perspectivas.

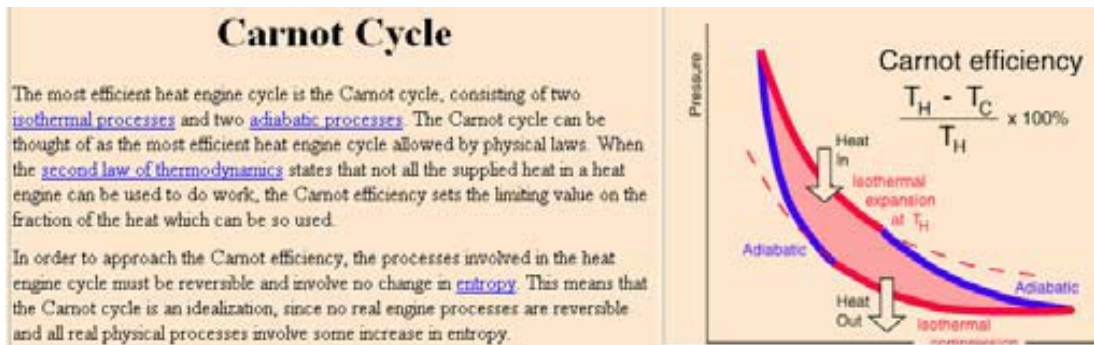
**Importância:** Este é um bom material de referência para complementar a actividade Nr.5 deste módulo.

### Ligação útil # 10

**Título:** Ciclo de *Carnot*

**URL:** <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/carnot.html>

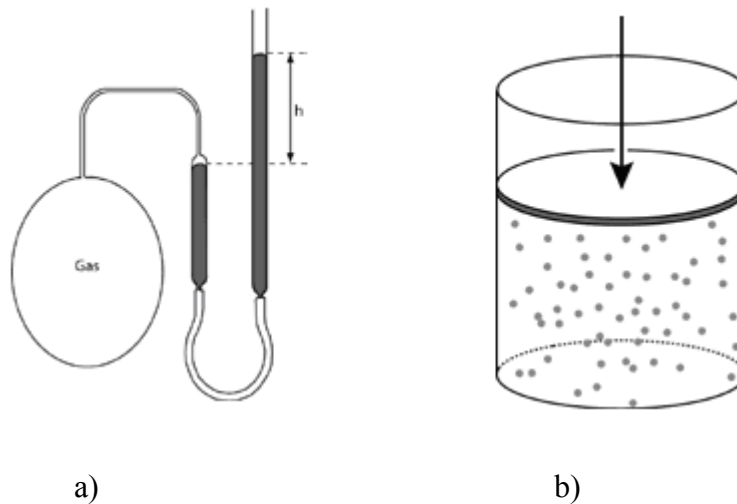
### Screen Capture



**Descrição:** Esta ligação explica os fundamentos do ciclo de *Carnot*. Inclui diagramas termodinâmicos e teoremas.

**Razão:** O ciclo de Carnot é a máquina térmica mais eficiente, consistindo em dois processos isotérmicos e dois processos adiabáticos. O ciclo de *Carnot* pode ser pensado como a máquina térmica cíclica mais eficiente permitida pelas leis físicas.

## XIV. Actividades de Ensino e Aprendizagem



**Figura 7**

a) Termômetro de gás a volume constante

b) Gás a pressão constante

### Actividade 1: Termómetro

Caro estudante, você precisará de 10 horas para completar esta actividade. Nesta actividade será guiado por uma série de leituras, vídeos multimédia, exemplos trabalhados/resolvidos, perguntas e problemas de auto-avaliação. Aconselha-se que veja as actividades e consulte todos os materiais obrigatórios, tanto quanto possível entre ligações e referências úteis.

#### Objectivos específicos de ensino e aprendizagem

- Defina a temperatura;
- Explique as escalas de temperatura;
- Enuncie e explique a lei zero da Termodinâmica.

#### Resumo da Actividade de Aprendizagem

##### Temperatura e escalas de temperatura

Nesta actividade aprenderá como são relacionadas as várias escalas de temperatura entre elas. Vai também aprender a relação entre a temperatura e a velocidade dos átomos constituintes e das moléculas. Vai estudar ainda como os movimentos dos átomos e das moléculas produzem isso. Observará também três formas de que a energia térmica pode ser transferida: por condução, convecção, e radiação. Participando nas actividades de

classe, descobrirá como e porquê a direcção do movimento do calor é de uma área mais quente para uma área mais fria.

Ser-lhe-ão apresentadas as fórmulas usadas para converter uma escala de temperatura noutra e como usar o calor específico de um objecto para determinar a variação na energia do objecto.

## Conceitos fundamentais

**Calor:** é a (soma) energia cinética interna total de todas as moléculas num determinado sistema de interesse. (xícara de café, banheira de banho, oceano).

**Temperatura:** é uma medida da energia cinética média individual das partículas num objecto. A energia cinética média interna das moléculas dentro da região de interesse.

**Calor (energia cinética interna):** sempre flui da região mais quente (objecto) para a região mais fria (objecto) para duas regiões/objectos em contacto directo (troca de calor).

**Escala Fahrenheit:** é a balança de temperatura na qual 32 e 212 são as temperaturas para as quais a água gela e ferve respectivamente.

**Escala Centígrado/Celcius:** é a escala de temperatura na qual zero e 100 são as temperaturas para as quais a água gela e ferve respectivamente.

**Escala Kelvin:** é a escala de temperatura na qual zero é a temperatura para a qual nenhuma energia mais pode ser removida da matéria.

**Zero absoluto:** é a temperatura na qual nenhuma energia mais pode ser removida da matéria.

**Grau:** é a unidade de medida de temperatura.

**Caloria:** é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água num grau centígrado/*celcius*.

## Lista de Leituras Relevantes

**Referência:** Douglas D. C. Físicas de Giancoli para Cientistas e Engenheiros. Vol. 2. Prentice Hall.

**Resumo:**

**Importância:** Esta obra é um livro de leitura *standard* em muitas Universidades e disponibiliza fontes de informação fáceis. Os conteúdos têm sido tratados de maneira clara com um suporte matemático adequado.

**Referência:** Raymond UM. Serway (1992). Física para Cientistas & Engenheiros. Versão actualizada.

**Resumo:**

**Importância:** Esta leitura requer, por parte do leitor, um nível avançado/ Física do Ensino Superior. Os conteúdos têm sido tratados de maneira clara e é provavelmente o melhor para este nível.

## Lista de Recursos Relevantes

**Referência:** <http://jersey.uoregon.edu/vlab/Piston/index.html>

**Data de Consulta:** Novembro, 2006.

**Descrição:** Este *applet* de Java vai ajudá-lo a fazer uma série de experiências virtuais: poderá controlar a acção de um pistão numa câmara de pressão que está cheio com um gás ideal. O gás está definido através de quatro estados: Temperatura, Volume ou Densidade, Pressão e Peso Molecular.

**Referência:** <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap10/cd283.htm>.

**Data de Consulta:** Agosto, 2006.

**Descrição:** Este *applet* de Java vai ajudá-lo a entender o efeito da temperatura e volume no número de colisões das moléculas de gás com as paredes. No *applet*, você pode mudar a temperatura e volume com o *sliders* no lado esquerdo. Pode também ajustar o tempo para qual a simulação ocorre. O *applet* conta todas as colisões e mostra o resultado depois da ocorrência. Variando a temperatura e o volume e não perdendo de vista o número de colisões, poderá aperceber se melhor do que será o principal resultado de teoria cinética.

**Referência:** video.google.com

**Data de Consulta:** Novembro, 2006.

**Referência completa:** - Cálculo computarizado de Diagramas de Fase.

<http://video.google.com/videoplay?docid=1397988176780135580&q=Thermodynamics&hl=en>

**Importância:** Podem ser usados modelos termodinâmicos de soluções juntamente com dados para calcular diagramas de fase. Estes diagramas revelam, para um determinado conjunto de todos os parâmetros (como temperatura, pressão e campo magnético), as fases que são termodinamicamente estáveis e em equilíbrio, a sua fracção do volume e as suas composições químicas.

## Lista de Ligações Úteis Pertinentes

**Título:** Sobre Temperatura

**URL:** - <http://eo.ucar.edu/skymath/tmp2.html>

**Resumo:** Este documento foi preparado para os professores de matemática do Ensino Médio que participam no Projecto Skymath. Proporciona uma descrição detalhada de temperatura.

**Título:** Uma breve história sobre medida de Temperatura

**URL:** <http://thermodynamics-information.net/>

**Resumo:** É apresentado uma breve biografia e termômetros criados por cientistas de Réne Antoine de Ferchault Réamur (1683-1757) para William John Macquorn Rankine (1820-1872). Também há uma mesa que compara os valores do Fahrenheit, Centígrado, e temperatura de Kelvin para um pouco de temperaturas de referência comuns.

**Título:** - Por que temos tantas escalas de temperatura?

**URL:** <http://www.unidata.ucar.edu/staff/blynds/tmp.html>

# Introdução para a Actividade

Qualitativamente, nós sabemos qual é o significado de quente e frio. Nós sabemos também que quando um objecto quente é colocado em contacto com um objecto frio esfria, enquanto o objecto frio se torna mais quente. Medir o grau de aquecimento ou de esfriamento de um objecto, tem que ser por um método que associa um número a estes atributos de objectos. Este número é chamado temperatura do objecto. Há uma variedade de caminhos pelos quais um número pode ser associado à propriedade de aquecimento, mas quatro deles são amplamente aceites e nesta actividade, irá estudar qual é a origem destas escalas e qual é a relação entre elas.

## Descrição detalhada de Actividade (Elementos Teóricos Principais)

\* Assegure que são providas orientações de aprendizagem claras e variedade de actividades de aprendizagem durante a actividade.

### Termometria

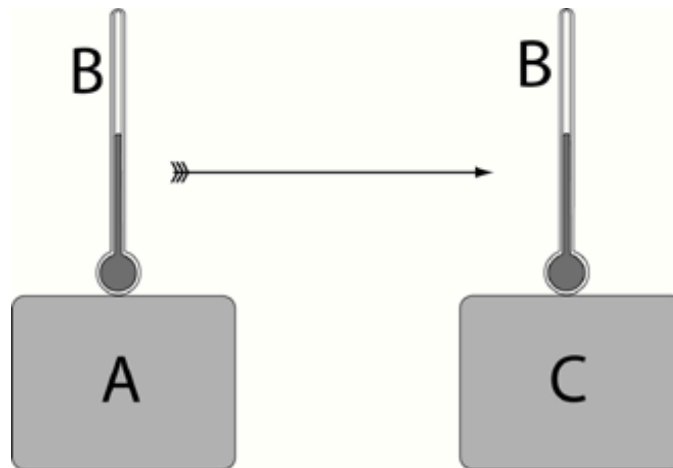
Noções de senso comum sobre calor e temperatura são comuns para todos nós. Em Física, nós precisamos definir as noções de calor, temperatura, trabalho, etc. mais cuidadosamente. Historicamente, levou muito tempo para se chegar ao conceito correcto de “calor”. O conceito moderno de calor aceita o calor como uma forma de energia.

Uma importante experiência relativa ao conceito de calor deveu-se a Benjamim Thomson (também conhecido como Conta Rumford) em 1798. Ele observou que ao perfurar um canhão de metal gerava-se muito calor, *indeed to oil water*. Mais signficante/ claramente, a quantidade de calor produzido dependia do trabalho feito, mas não do afiamento/agudez da broca. Visões antigas sobre calor não podiam explicar esta observação e a explicação mais natural foi de que o calor era uma forma de energia.

### Equilíbrio térmico

Quando pomos dois objectos "em contacto", os átomos nesses objectos podem trocar energia. Fazendo assim, algumas propriedades macroscópicas (mensurável) dos objectos podem mudar. Se esperarmos tempo suficiente, essas propriedades (de facto, todas as propriedades que a pessoa poderia medir) serão constantes, e nessa altura dizemos que os objectos estão em equilíbrio térmico uns com os outros.





**Figura 8**

A e C estão em equilíbrio térmico com B. Então A e C estão à mesma temperatura

A afirmação acima é conhecida como a **Lei Zero da Termodinâmica**. A lei Zero permite-nos saber se os objectos estão à mesma temperatura, mesmo quando não os podemos colocar em contacto térmico e ela permite com que a temperatura seja um conceito reproduzível e quantificável. Note que o corpo B pode ser um termómetro como se mostra na figura anterior.

A Lei de Zero diz-nos que há alguma propriedade que é comum para os objectos em equilíbrio térmico. Esta propriedade é temperatura, e assim a Lei Zero diz-nos realmente que temperatura é um conceito importante. Agora nós precisamos de um caminho para termos uma medida quantitativa da temperatura.

### Escalas de temperatura e Termómetros

Como foi discutido antes, *assigning* valores de temperatura para diferentes corpos é totalmente arbitrário i.e. a *matter of choice provided we ensure* que corpos em equilíbrio térmico têm um mesmo valor de temperatura. No entanto, há várias possíveis escalas de temperatura.

Escalas de temperatura são construídas escolhendo dois pontos fixos: um para fixar a origem da escala e o outro para fixar o grandeza/valor da unidade da escala. Por exemplo, na escala Celsius, os dois pontos fixos são nomeadamente os valores  $0^{\circ}\text{C}$  e  $100^{\circ}\text{C}$ .

Por outro lado, os dois pontos na escala de Fahrenheit são  $32^{\circ}\text{F}$  e  $212^{\circ}\text{F}$ , respectivamente, assim nos dois casos, a origem e o valor da unidade diferem das escalas.

Qualquer termómetro faz uso de alguma propriedade mensurável (chamada propriedade termométrica), a qual se altera com a temperatura. Essa poderia ser, por exemplo, comprimento, volume, pressão, resistência eléctrica, f.e.m., a energia termoeléctrica radiada, etc.

Suponha que escolhêssemos a resistência eléctrica como a propriedade termométrica. Primeiro medíamos a resistência  $R_0$  e  $R_{100}$  como resistência dos dois pontos fixos na escala de Celsius. Depois colocávamos o termómetro de resistência em contacto com o corpo cuja temperatura se pretende medir e *find its* resistência to be  $R_t$ . **Nós tomamos a**

propriedade termométrica (resistência) mudar linearmente com temperatura. A temperatura  $t_R$  do corpo é então determinada pela relação linear:

$$\circ \quad \frac{t_R}{100} = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0}$$

### Figure 9

As três mais comuns escalas de temperatura.

Um procedimento semelhante pode ser seguido para um termómetro que emprega outra propriedade termométrica, por exemplo, a força electromotriz termoeléctrica.

Consideremos líquido, gás, resistência, termómetros termoeléctricos e *pyrometers* com um pouco mais de detalhe.

**Termómetros líquidos:** Estes termómetros baseiam-se no princípio de variação do volume com variação da temperatura. O mercúrio e o álcool são líquidos comuns usados na construção de termómetros. Há três escalas (i) Centígrado (C), (ii) Reaumer (T) e (iii) Fahrenheit (F). Se tivermos qualquer termómetro marcado  $T_0$  para o ponto do gelo e tendo  $x$  divisões entre os pontos de ebulição e fusão, teremos  $T$  temperatura numa tal escala

$$\frac{C}{5} = \frac{R}{4} = \frac{F - 32}{9} = \frac{T - T_0}{x}$$

Escala absoluta de Kelvin  $0^\circ C = 273.16K \approx 273$ . em geral:

$$t^\circ C = t + 273 \quad \text{Kelvin}$$

**Termómetro de gás:** Termómetros de gás são de dois tipos: a pressão constante e o volume constante.

O termómetro de gás à pressão constante baseia-se no princípio de que mantendo-se a pressão constante, o volume de um determinado gás varia directamente como temperatura i.e.

$$T = \frac{V_T - V_0}{V_0 \gamma_P}$$

onde  $\gamma_P = 1/273$  é conhecido como coeficiente de expansão cúbica do gás.

O termómetro de gás a volume constante basea-se no princípio de que quando aquecemos um gás mantendo o volume constante a sua pressão aumenta e quando o esfriamos a sua pressão diminui, isto é:

$$T = \frac{P_T - P_0}{P_{100} - P_0} \times 100$$

onde  $P_T$ ,  $P_{100}$  e  $P_0$  denote pressão de um gás a volume constante a temperaturas  $T^\circ\text{C}$ ,  $100^\circ\text{C}$  e  $0^\circ\text{C}$  respectivamente.

**Termómetro de resistência de Platinium:** Este termómetro funciona com base no princípio de que resistência eléctrica dos metais aumenta mais ou menos uniformemente com temperatura. Se  $R_T$ ,  $P_{100}$  e  $P_0$  são resistências de dados arames/condutores à  $T^\circ\text{C}$  e  $0^\circ\text{C}$  respectivamente, então

$$R_T = R_0(1 + \alpha T)$$

onde  $\alpha$  é chamado coeficiente de temperatura de resistência. A temperatura desconhecida é calculada com ajuda da seguinte expressão:

$$T = \left( \frac{R_T - R_0}{R_{100} - R_0} \right) \times 100$$

onde  $R_{100}$  é as resistências do arame a  $100^\circ\text{C}$ .

**Termómetro termoeléctrico:** este termómetro funciona na base do princípio de que: quando dois condutores de metais diferentes são ligados da ponta a ponta e as junções são mantidas a temperaturas diferentes, produz-se uma f.e.m. A grandeza desta f.e.m. depende da diferença de temperaturas entre as junções quentes e frias. Conhecendo a temperatura de uma junção e a f.e.m. produzida, a temperatura de corpo desconhecido (em contacto com outra junção) pode ser conhecido.

**Pyrometers:**

- *Pyrometer* de Radiação Total de Fery: este *pyrometer* funciona com base no princípio de que um corpo quente emite radiação e a quantidade de calor radiada num intervalo de tempo qualquer depende da temperatura do corpo. De acordo com a lei de Stefan, a quantidade total de calor radiado por um corpo quente por segundo e por unidade de área é directamente proporcional a um quarto *power of temperature*.
- *Pyrometer* Filamento Óptico *Disappearing*: este funciona sob o princípio de que com o aquecimento, a cor de um corpo muda *due to change in temperetaure and the same colour when bodies have equal temperatures*

## Actividades de Aprendizagem

\*Tarefas de leitura, exemplos resolvidos, trabalhos de grupo, experiências, experiências à mão livre.

### Tarefa 1.1. Convertendo *Fahrenheit* para Centígrado

A temperatura de um quarto é 77°F. Qual é em *Celcius* a temperatura do quarto?

**Solução:** Este tipo de problemas são sempre resolvidos do seguinte modo:

- 77°F é  $77 - 32 = 45$  graus *Fahrenheit* acima do ponto de fusão.
- Já que graus de *Fahrenheit* são maiores que graus Centígrados, esta temperatura é simplesmente:
- $\left(\frac{5}{9}\right)(45) = 25$  graus centígrados a cima do ponto de fusão

Mas como o ponto de fusão na escala *Celsius* é 0°C, isto significa que a temperatura é 25°C.

### Tarefa 1.2. Questão para discussão

Discuta as seguintes questões com os seus colegas ou no *forum* de discussão da AVU.

1. Por que a água contida numa panela de barro esfria, quando abandonada na varanda?
2. Explique por que os alimentos levam muito mais tempo a cozer a alta altitude. Por que cozem mais rapidamente quando cozidos em panela de pressão?
3. Por que *moisture* é depositada fora de uma câmara de vidro contendo água gelada?
4. Pode-se fazer a água ferver sem que seja aquecida? Pode a água ferver a 0°C? Se sim, diga como isso acontece.
5. Por que o vapor quente pode causar queimadas mais severas do que água à mesma temperatura?

### Tarefa 1.3. Termómetro de fabrico caseiro

Termómetro desenhado e construído em casa. Reporte os procedimentos que seguiu (por.ex. os materiais usados, a fixação dos pontos fixos, o mais baixo e o superior etc.) e as limitações do seu termómetro.

## Avaliação formativa 1

1. Defina a temperatura.
2. Quantas escalas de temperatura conhece? Explique cada uma delas.
3. Enuncie a Lei Zero da Termodinâmica.
4. Como é que aplica a Lei Zero da Termodinâmica quando você mede a temperatura do seu corpo usando um termómetro?
5. Como é que vai a pressão de uma determinada massa de gás variar se o seu volume aumentar quatro vezes?
6. Converta:
  - a. 98.4 °F para a escala *Celsius*
  - b. 98.4 °F para a escala Kelvin
  - c. 0 °F para a escala *Celsius*
7. Que temperatura tem o mesmo valor numérico tanto na escala *Fahrenheit* como na escala *Celsius*?
8. Sugira um método conveniente para a medição da temperatura seguinte e apresente um breve argumento da sua escolha:
  - a. Nitrogénio líquido
  - b. A temperatura corporal de um dado animal
  - c. Aço fundido.
9. Um condutor feito a partir de uma certa mistura tem uma resistência de  $3(1 + \alpha T^2) \Omega m^{-1}$ , onde T Kelvin é a escala de temperatura do gás e  $\alpha$  é uma constante. O termómetro de resistência feito do condutor é calibrado, os pontos fixos definidos pelo gelo em fusão e água em ebulição. *Buy how much will it be in error with the respect to the gás scale at a temperature of 50° C?*

## Ensinando os conteúdos na Escola Secundária 1

O que interessa aos alunos sobre temperatura e variações de temperatura? Esta questão é um bom ponto de partida para preparar a aula sobre temperatura e escalas de temperatura. Deve-se permitir aos alunos que listem as suas ideias sobre temperatura e sua variação e como esta é convertida entre as diferentes escalas termométricas. Esta actividade vai proporcionar aos professores algumas informações sobre os conhecimentos prévios dos formandos e sua compreensão sobre o conceito de temperatura. Também vai nos dizer algo sobre o que os estudantes não sabem e quão são eles capazes de expor questões interessantes que possam ser respondidas matematicamente.

Com este inventário, é possível preparar uma série de actividades, as quais vão guiar os formandos para a definição microscópica da temperatura.

## Actividade 2: Calor

Caro estudante/formando, aqui você irá precisar de 30 horas para completar esta actividade. Nesta actividade você é orientado por uma série de leituras, vídeos de multimédia, exemplos resolvidos, questões e problemas de auto-avaliação. Aconselha-se que realize todas as actividades e consulte todos os materiais de consulta obrigatória e use tanto quanto for possível as ligações úteis e referências.

### Objectivos específicos de Ensino e Aprendizagem

- Distinga calor e temperatura;
- Explique a capacidade de calor como uma propriedade característica de materiais;
- Calcule o conteúdo de calor de vários materiais;
- Descreva os diferentes mecanismos de transmissão de calor;
- Analise o uso de energia térmica
- Aplique a Primeira Lei da Termodinâmica

### Resumo da Actividade de Aprendizagem

A grande ideia nesta actividade centra-se em como apresentar e analisar a quantidade de calor nos diferentes processos.

Na primeira secção da actividade, vai estudar as três vias pelas quais o calor é transmitido, e será introduzido ao conceito de condutividade. Na segunda secção, é determinada a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma determinada massa em grau e é definida a capacidade de calor. Esta actividade é *calumniated buy relating the concept of work an heat and the gist of this* é que calor é a forma de energia em trânsito do corpo quente ao corpo frio.

### Conceitos fundamentais

**Sistema:** Na Física térmica, a "coisa" pela qual nos interessamos é usualmente chamado o "sistema". Tudo o resto é chamado "vizinhança". Por exemplo, no estudo da mistura de gelo num calorímetro, o calorímetro, a água e o gelo juntos formam o sistema enquanto o ambiente/ar, a mesa na qual o calorímetro está colocado formam "a vizinhança". Num motor de um automóvel a gasolina ardente e os gases resultantes compõem o sistema. Os pistões, o bloco, o radiador, o ar exterior, etc. seriam a vizinhança.

**Equilíbrio térmico:** Quando um sistema contendo dois ou mais objectos em contacto e a temperaturas diferentes é deixado a si mesmo, a temperatura de cada objecto se torna a mesma depois de certo tempo. Esta situação é conhecida como equilíbrio térmico.

**Energia interna:** A energia interna de um objecto ou sistema físico é a soma das energias cinéticas e potenciais de todos os átomos ou moléculas constituintes do objecto ou sistema. A energia potencial surge das forças de atracção/repulsão entre átomos ou moléculas (modelo de "bolas e molas ") ou da interacção de átomos/moléculas com campos de eléctricos/magnéticos, etc. A importância relativa da Energia potencial e da Energia cinética, devido a interacção mútua, depende do estado da matéria.

**Calor:** É a transferência de energia entre objectos como resultado de uma diferença de temperatura entre eles. Note que temperatura de um objecto está associada à energia cinética do átomos/moléculas constituintes e este movimento de átomos/moléculas é caótico. Em outras palavras calor é transferência de energia associada à este movimento caótico.

**Trabalho:** Ao contrário do calor que é a transferência de energia associada ao movimento caótico, trabalho é transferência de energia associada ao movimento direccionado, ordenado de átomos/moléculas. Compressão/expansão de uma substância. A aplicação do campo magnético, a aplicação de campo eléctrico, o fluxo de corrente eléctrica, são exemplos de trabalho.

## Lista de Leituras Pertinentes

**Referência:** Kittel C. e Kroemer H., (1980) Físicas Térmicas, 2<sup>nd</sup> ed., W. H. Freeman and Co., São Francisco, a CA.

**Importância:** Esta referência clássica em Física térmica é recomendada para um estudante sério de Física. Os conteúdos foram tratados com detalhe com um suporte matemático adequado.

**Referência:** Nelkon & Parker (1995), Físicas Niveladas Avançadas, 7<sup>o</sup> ed, CBS, Publicadores & Distributer, 11, Daryaganji Delhi Novo (110002) a Índia. ISBN 81-239-0400-2.

**Importância:** Esta leitura prevê fontes fáceis de informação. Os conteúdos foram tratados de maneira clara e com suporte matemático adequado.

## Lista de Recursos Pertinentes

**Referência:** <http://jersey.uoregon.edu/vlab/Piston/index.html>

**Data de Consulta:** - Novembro, 2006.

**Descrição:** Este *applet* de Java o ajudá-lo-á a fazer uma série de experiências virtuais, você controlará a acção de um pistão numa câmara de pressão que está cheia de gás ideal. O gás está definido através de quatro estados: Temperatura, Volume ou Densidade, Pressão e Peso Molecular.

**Referência:** - <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap10/cd283.htm>.

**Data de Consulta:** Agosto, 2006.

**Descrição:** Este *applet* de Java ajudá-lo-á a entender o efeito da temperatura e o volume no número de colisões das moléculas de gás com as paredes. No *applet*, você pode mudar a temperatura e volume com o *sliders* do lado esquerdo. Pode também ajustar o tempo para qual ocorreu a simulação. O *applet* conta todas as colisões e mostra o resultado depois da ocorrência. Variando a temperatura e o volume e não perdendo de vista o número de colisões, você pode adquirir um bom sentimento do que será o principal resultado de teoria cinética.

**Referência:** vídeo.google.com

**Data de Consulta:** Novembro, 2006.

**Referência completa:** - Cálculo de computador de Diagramas de Fase.

<http://video.google.com/videoplay?docid=1397988176780135580&q=Thermodynamics&hl=en>

**Importância:** Podem ser usados modelos termodinâmicos de soluções junto com dados para calcular diagramas de fase. Estes diagramas revelam, para um determinado conjunto de parâmetros (como temperatura, pressão, campo magnético), as fases que são termodinamicamente estáveis e em equilíbrio, as suas frações de volume e as suas composições químicas.

## Lista de Ligações Úteis Pertinentes

**Título:** Capacidade calorífica

**URL:** [http://en.wikipedia.org/wiki/Heat\\_capacity](http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_capacity)

**Resumo:** Encontra-se disponível um bom artigo sobre cargas eléctricas.



## Introdução para a Actividade

As leis que regulam as relações entre calor e trabalho são estudadas na Física térmica. Considerando que o calor que é uma forma de energia e trabalho é o mecanismo pelo qual a energia é transferida, estas leis estão baseadas nos princípios básicos que regulam o comportamento de outros tipos de energia tal como a conservação de energia.

Nesta actividade você será guiado por uma série de tarefas para perceber o calor como uma forma de energia e definir conceitos como capacidade de calor, calor de fusão e calor de vaporização.

### Descrição detalhada da Actividade (Elementos Teóricos Principais)

\*Assegure orientação clara de aprendizagem e que são providas variadas actividades de aprendizagem ao longo do actividade.

#### Calor

Calor é a energia transferida entre sistemas a diferentes temperaturas. Quando falamos sobre calor, usamos normalmente o símbolo  $Q$ . A unidade do calor no SI é o Joule. Contudo, as unidades mais comuns são *Btu* (*British thermal unit*/ Unidade térmica britânica) e calorias:

$$1Btu = 1055J$$

$$1cal = 4.186J(1Cal = 1,000cal)$$

A energia interna de um corpo é a soma das energias cinéticas das moléculas constituintes do corpo. A energia potencial é devida à sua interacção e da energia intermolecular (por ex. a energia de movimento e interacção de átomos, núcleos, iões, etc.). A energia interna de um corpo não depende nem do seu movimento como um todo nem da sua energia potencial devido a um campo de forças exteriores.

Nesta actividade, nós consideraremos fenómenos físicos e processos que não envolvem variações na energia intra-molecular. Consequentemente, por causa desta conveniência e simplicidade, trataremos a energia interna de um corpo como a soma das energias cinéticas das moléculas que constituem uma substância e a energia potencial de interacção entre elas.

A energia interna de um corpo pode ser alterada como resultado de dois tipos de efeitos sobre corpo:

1. quando é realizado determinado trabalho sobre o corpo (como resultado de compressão, extensão etc.);
2. quando é fornecido calor ao corpo (aquecendo um gás em um recipiente fechado, aquecendo um líquido, etc.).

O transporte de energia interna de um corpo para outro sem realização de trabalho pelos corpos é chamado transferência de calor. A quantidade de energia transportada de corpo para corpo através de transferência de calor é chamado a quantidade de calor.

## Transferência de Calor

A transferência de calor normalmente é de um corpo de temperatura mais alta para o de temperatura mais baixa. A transferência de calor altera a energia interna de ambos os sistemas envolvidos.

Existem três formas pelas quais a energia térmica pode se mover de um lugar a outro. Estes são *condução*, *convecção* e *radiação*.

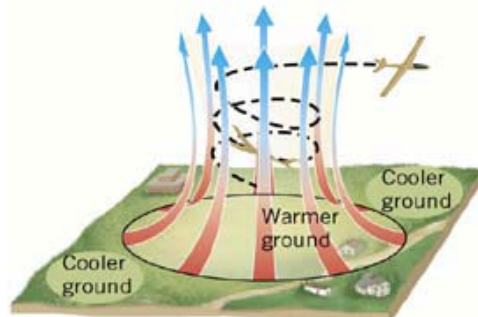
### Convecção (em fluidos)

A convecção acontece quando um gás ou líquido tem temperaturas diferentes dentro das suas fronteiras. O fluido com a temperatura mais alta é menos denso que o com a temperatura mais baixa. O fluido mais frio vai para baixo e o mais quente eleva-se. Isto cria um efeito misturador/de mistura que move energia térmica do fundo para todas as outras áreas do fluido.



**Figure 10**

Quando a água ferve, a água quente no fundo sobe para o topo e a água fria no topo desce para o fundo.



**Figure 11**

O calor proveniente do sol aquece o solo. A atmosfera é aquecida pelo solo por meio da convecção.

As correntes de convecção na atmosfera podem criar zonas de baixa pressão. Isto frequentemente acontece em cidades, onde o asfalto e o concreto aquecem mais do que a vizinhança nas áreas rurais.

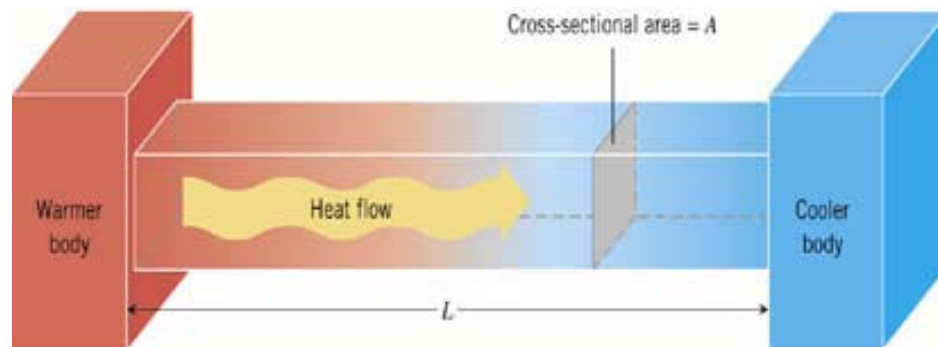
Às vezes o ar sobre uma região pode estar mais quente do que o ar abaixo. Isto é chamado inversão de camada, pois as temperaturas estão invertidas da situação normal. Quando isto acontece, a convecção não ocorre e a poluição aumenta próximo do solo debaixo da inversão. Los Angeles é um exemplo notório destes efeitos. Los Angeles fica numa depressão entre as montanhas para o leste e um ligeiro cume perto do Oceano Pacífico. Componentes de poluição do ar podem ser *trapped in this bowl shaped area for days*.

### Condução (em gases, líquidos, e sólidos)

A condução é o processo de transferência de calor através de uma substância sem nenhum movimento do material como um todo. A condução pode acontecer em sólidos, líquidos e gases, mas é muito notável em sólidos e menos notável em líquidos.

O processo de condução acontece com moléculas que foram aquecidas e tenham ganho a energia cinética (aumento da velocidade do movimento caótico das moléculas) e colidem com as moléculas adjacentes, dando-lhes mais energia cinética. Estas moléculas recentemente energizadas colidem com os vizinhos mais frios dando-lhes energia, e o processo se repete até o objecto inteiro estar aquecido.

Corpos diferentes têm condutividades térmicas diferentes. Os metais são particularmente bons condutores porque eles têm alguns electrões que não estão firmemente ligados e podem transmitir esta energia de movimento mais facilmente que muito mais moléculas e átomos.



**Figure 12**  
Condução do calor nos sólidos

Condutores térmicos permitem que o calor flua livremente através deles enquanto isoladores térmicos não. A quantidade de energia térmica que flui através de uma substância depende de vários factores. São eles o tempo, a diferença de temperaturas, a área/secção transversal e o comprimento (distância).

A equação usada para calcular a quantidade de energia térmica que flui durante um tempo  $t$  através de uma barra de área de secção transversal  $A$ , com uma diferença de temperatura  $\Delta T$  entre os dois extremos e comprimento  $L$  é:

$$Q = \frac{kA\Delta T}{L}$$

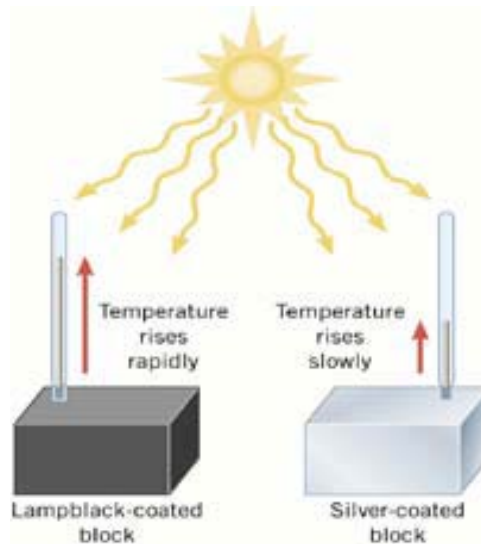
$k$  é uma constante chamada *condutividade térmica* da substância e é grande para condutores e muito pequeno para isoladores.

### Radiação:

Radiação térmica é a transferência de energia térmica através de ondas electromagnéticas. Não requer nenhum meio. Por exemplo, toda a energia recebida pela Terra a partir do Sol é transferida por intermédio da radiação.

Todos os corpos emitem alguma radiação. Às temperaturas mais baixas são emitidos raios infra-vermelho e podem ser detectados por dispositivos ópticos especiais que convertem infra-vermelho em luz visível.

A aproximadamente 1000 K pode ser visto o brilho vermelho associado a carvão quente e a acerca de 1700 K é vista a mistura de frequências chamada luz branca. A absorção e a emissão de radiação dependem da natureza da superfície. Superfícies pretas, ásperas absorvem e emitem até 97% da radiação incidente, enquanto superfícies lisas prateadas absorvem e emitem apenas cerca de 10%.



**Figura 13**

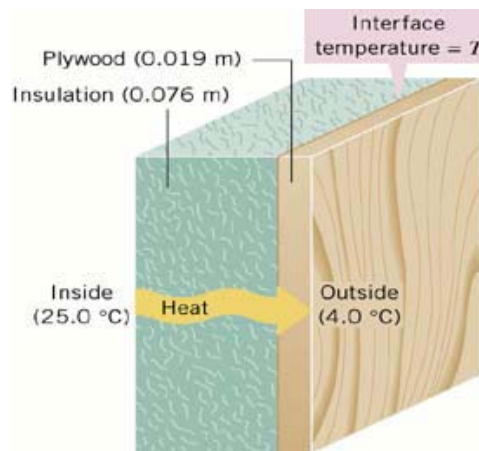
O Calor é melhor absorvido através de corpos pretos.

*Lampblack* é uma substância que é um forte absorvente e emissor. No diagrama, a maioria da energia é absorvida pelo *lampblack*, bloco coberto, e então reemitido para fora e para dentro, causando a subida da temperatura interna. A prata cobrindo o bloco reflecte a maioria da energia nela incidente e que não a aquece rapidamente.

É por isso que nós usamos cores escuras no Inverno e cores claras no verão. Quando se selecciona o isolamento numa construção, a taxa de fluxo de calor pelo isolador pode ser calculada usando a equação:

$$\circ \frac{Q}{t} = \frac{(A\Delta T)}{\left(\frac{L}{k}\right)}$$

$\frac{L}{k}$  é chamado o valor R do isolamento. Depende da espessura L e da condutividade k do material isolante. Valores altos de R significam melhor resistência para o fluxo do calor e deve ser somado para se achar o valor total de R de uma parede *multilayered* ou doutra superfície.



**Figura 14**  
Condução térmica nos sólidos

## Primeira Lei da Termodinâmica

A lei de conservação e transformação de energia é uma lei de natureza fundamental. Ela pode ser formulada como se segue: em todos os processos que ocorrem na natureza, a energia não é criada nem destruída. Ela é transferida de um corpo para outro ou convertida de um tipo para outro em quantidades equivalentes.

O trabalho  $W$  efectuado pelo sistema durante uma transformação de um estado inicial para um estado final depende do caminho levado. O calor durante o que  $Q$  absorvido pelo sistema numa transformação de um estado inicial para um estado final depende do caminho levado.

Porém, a diferença  $Q - W$  não depende do caminho levado! Nós definimos esta quantidade como a variação da energia interna:

$$\Delta E_{\text{int}} = Q - W$$

A energia interna de um sistema aumenta se a energia é acrescida em forma de calor e diminui se a energia for perdida em forma de trabalho efectuado pelo sistema.

## Capacidade calorífica

A capacidade calorífica ( $C$ ) como volume ou massa, é uma propriedade que depende da quantidade de material que estivermos considerando. É a quantidade de calor que deveria ser fornecido a um corpo para elevar a sua temperatura por 1 Kelvin. No SI a unidades de capacidade calorífica tem as dimensões de 1 Joule por Kelvin.

Uma propriedade que só depende da substância (como densidade) é calor específico:

$$c = \frac{C}{m}$$

onde  $m$  é a massa do corpo.

O calor específico da água é  $c = 1\text{cal/g } ^\circ\text{C} = 4190\text{J/kgK}$  quando um material atravessa uma transformação de fase (está fundindo, ou fervendo), a temperatura não se vai alterar, mas o calor é absorvido (ou emitido) durante a transformação. A energia por unidade de massa é chamada de calor de transformação  $L$ :

$$Q = Lm$$

A capacidade calorífica depende da condição de aquecimento ou esfriamento de um corpo. Para os gases, o processo de aquecimento (esfriando) a volume constante e a pressão constante é de interesse especial. Num caso anterior, nós falamos do calor específico a volume constante ( $c_v$ ), quando o gás não executa trabalho, e toda a quantidade de calor fornecida é gasta para elevar a sua energia interna:  $Q_v = \Delta U$

No caso posterior, o calor específico, a pressão constante é representado por ( $c_p$ ). O gás aquecido, a pressão constante se expande, e uma parte do calor fornecido ao gás é usada

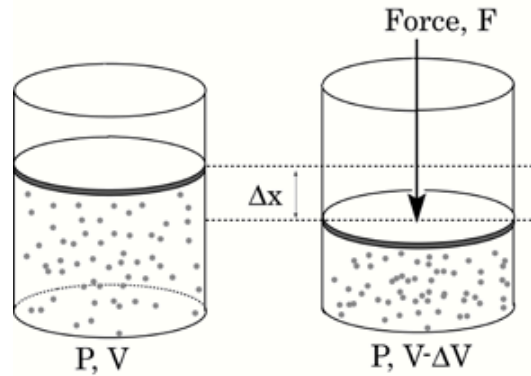
para realizar o trabalho de expansão:  $Q_p = \Delta U + A$ . Consequentemente, concluímos que  $Q_p > Q_v$  e a capacidade calorífica a pressão constante é maior que a capacidade calorífica a volume constante:

$$c_p > c_v.$$

## Calor e Trabalho

Trabalho realizado na Compressão/Expansão

Um gás sofre uma compressão reversível sob aplicação da força  $F$  sobre um pistão sem atrito como mostra a figura abaixo.



**Figura 15**  
Compressão reversível de moléculas de gás.

Vamos assumir que a pressão no gás permanece constante:

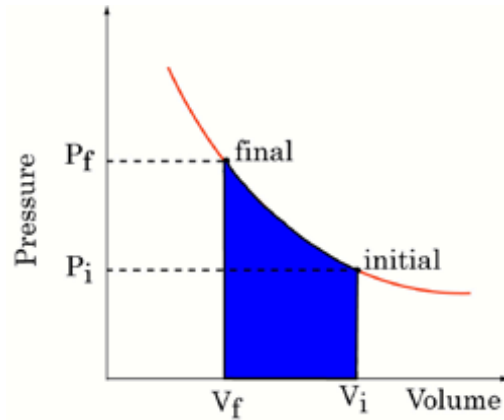
$$\begin{aligned} \Delta W &= F\Delta x = (\text{pressão} \times \text{Área}) \times \Delta x \\ &= (\text{pressão} \times \text{Área}) \times (\text{Volume} / \text{Área da secção transversal (A)}) \\ &= -P\Delta V \end{aligned}$$

Na realidade, a pressão pode ou varia durante a expansão/compressão. Mas a pressão pode ser considerada constante entre limites infinitesimais:

$$dW = -PdV$$

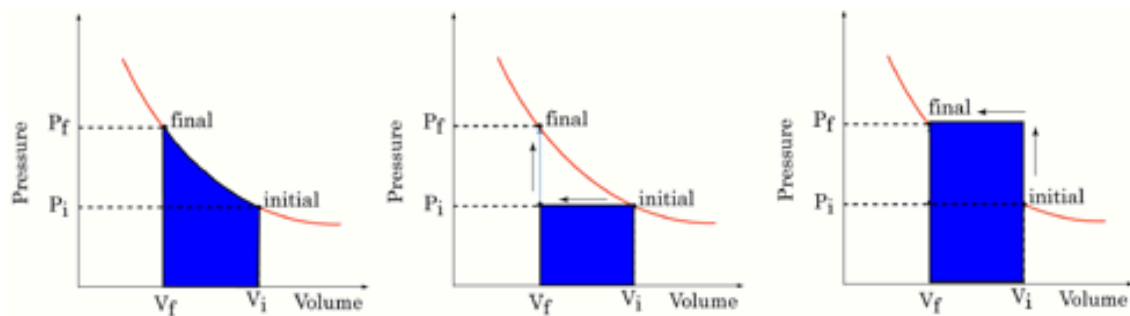
O cálculo do  $W$  para "larga escala" processa-se por integração:

$$W = -\int_{V_i}^{V_f} P(V)dV$$



**Figure 16**  
Trabalho feito num gás é igual à área sombreada.

### O trabalho realizado é dependente do trajecto



**Figure 16**  
Trabalho realizado é dependente do trajecto.

Todos os diagramas P-V acima representam variações entre os mesmos estados inicial e final. Claramente, o trabalho feito em cada caso é significativamente diferente. O trabalho feito depende não só dos estados inicial e final, mas também do trajecto seguido entre eles.

### Funções termodinâmicas de Estado

- Nós vimos que o trabalho feito não só depende dos estados inicial e final, mas também do trajecto levado entre eles.
- Argumentos semelhantes podem ser aplicados para o calor recebido/cedido (SerwayCh.20).
- Entretanto, calor e trabalho não têm um valor definitivo que corresponda a um estado particular de um sistema. Variações nestas variáveis são independentes do trajecto, dependendo apenas dos estados inicial e final.



- A pressão, o volume, a temperatura e a energia interna, etc são funções de estado; calor e trabalho não são.

### **Primeira lei da Termodinâmica**

$$\Delta W = \Delta Q + \Delta U$$

$\Delta W$  = aumento da energia interna do sistema

$\Delta Q$  = Calor fornecido ao sistema

$\Delta W$  = Trabalho realizado sobre o sistema

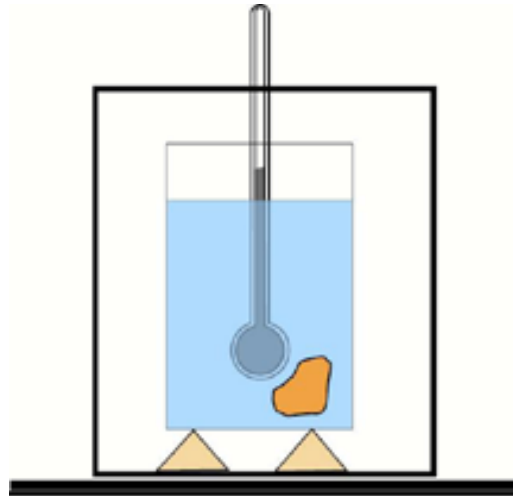
$\Delta U = U_{\text{sistemafinal}} + U_{\text{sistemainicial}}$  : independente da trajetória

(Apesar de  $\Delta W$  e  $\Delta Q$  ser dependentes da trajetória): U é uma função de estado *signs of the terms follow naturally if you remember just energy conservatio.*

## Actividades de aprendizagem

### Tarefa 2.1. Determinação experimental do Calor Específico de uma Substância

A capacidade calorífica de um corpo é determinada com ajuda de um calorímetro e um termómetro. Um calorímetro simples (veja a figura abaixo) consiste num cilindro metálico polido, colocado num outro cilindro metálico sobre cortiça (para isolamento térmico).



**Figure 17**  
Calorímetro

O cilindro interno é enchido com água ou algum outro líquido de calor específico conhecido. Um corpo de massa  $m$ , e capacidade calorífica específica  $c$ , aquecido a uma certa temperatura  $T$  é imergido no calorímetro de massa  $m_1$  e capacidade calorífica específica  $c_1$  na qual a temperatura é medida. Suponha que a temperatura deste líquido de massa  $m_2$  e capacidade calorífica específica  $c_2$  no calorímetro é  $T'$  antes de o corpo ser emergido nele, e quando a temperatura do líquido e do corpo é a mesma, a temperatura torna-se  $T_f$ .

Da lei de conservação da energia e considerando o calor dissipado na vizinhança pelo objecto quente  $Q$ , o calor recebido pela água e pelo calorímetro que seja respectivamente  $Q_1$  e  $Q_2$ , mostra que a capacidade calorífica específica é

$$c = \frac{c_1 m_1 (T_f - T') + c_2 m_2 (T_f - T')}{m (T - T_f)} = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2) (T_f - T')}{m (T - T_f)}$$

### Tarefa 2.2. Explorando a quantidade de calor numa substância

Quando você agarrar um pedaço de metal com a sua mão desprotegida, ela aquece depressa. Provocaria a variação da massa do metal alguma diferença? Nesta investigação,

you will study the variables that can change the amount of heat that is transmitted from one body to another.

**Equipment:** For this activity, you will need a scale, two Styrofoam cups, a thermometer, a container, room temperature water and an immersion heater.

**Warning:** The immersion heater should never be turned on before it is immersed in the water.

### Procedure

1. Weigh the mass of each Styrofoam cup. Fill each one with different amounts of water; weigh the mass of each cup with water.
2. Measure the temperature of the water in one of the cups. Introduce an immersion heater in the cup with water. An immersion heater is a spiral of a conductor of nichrome covered with aluminum. It will cause the same amount of heat if used in equal intervals of time. When you are ready to start with the timing of a certain interval, turn on the immersion heater. Use the immersion heater with care. *Don't touch allow it to touch the sides of the cup or your experiment will be to find out how many paper towels it will take to clean up the water spilled.* At the end of the interval, turn off the immersion heater, remove it from the water and quickly measure the temperature of the water in the cup.
3. Let the immersion heater cool down to room temperature before using it again in the next cup (if you are to do this). Repeat step 2 with the water in the second cup. Make sure to heat the water during the same interval of time as you did in the first case. **Remember to turn off the immersion heater before removing it from the water.**

### Calculations

1. Calculate the mass of water in each cup.
2. Calculate the change in temperature ( $\Delta T$ ) for each amount of water.
3. Calorie is defined as the amount of heat necessary to change the temperature of 1 gram of water by 1 degree Celsius. You can calculate the amount of heat absorbed by the water in each cup, using the following equation:
4.  $\text{Calor (em calorias)} = \text{massa da água} \times \Delta T$ .

### Discussion

7. Compare the changes in temperature of each of the amounts of water.
8. Based on your data, write a sentence to explain the effect that the mass of water has on the change in temperature when the same amount of heat is provided.
9. Compare the amount of heat transferred for each of the cups by the immersion heater. What conclusions do you draw from these calculations?

10. Considere estar repetindo esta experiência com óleo de cozinha, no lugar de água. Que efeitos você pensa que esta mudança estaria a causar nos resultados que obteve usando a água?

### Tarefa 2.3. O Calor da Fusão de Gelo

É notável que a temperatura permaneceu constante enquanto o gelo derretia. Você aprendeu que o calor fornecido através do aquecedor de imersão elevou a energia potencial do sistema. Nesta actividade, você determinará a quantidade de calor necessária para dissolver 1 grama de gelo no seu ponto de fusão; esta quantidade é conhecida como o calor da fusão de gelo.

**Equipamento:** para esta actividade você precisará de uma balança, uma xícara *styrofoam*, um termómetro, toalhas de papel, água morna e alguns pedaços de gelo.

#### Procedimento

1. Meça e registre a massa da xícara de *styrofoam*. Encha-a até ao meio com água morna (40-45 °C); depois meça e registre a massa da xícara com água.
2. Ao mesmo tempo, com um dos seus grupos executando o passo 1, outro deve **conter** alguns pedaços de gelo (aproximadamente 1/3 do volume da água na xícara). Seca o gelo, o melhor que poder, na toalha de papel.
3. Meça e registre a temperatura da água na xícara. Depois introduza o gelo seco na água. Mexa a mistura com um agitador e registre a temperatura mais baixa alcançada. Se usar muito gelo, a temperatura cairá para 0°C e algum gelo vai se manter; se isto acontecer, repita a experiência com menos gelo.
4. Meça e registre a massa da xícara e água fria.

#### Cálculos

1. Determine a massa da água morna.
2. Determine a massa do gelo derretido (massa da água fria - massa da água morna).
3. Calcule a variação de temperatura ( $\Delta T$ ) da água morna.
4. Calcule a variação de temperatura do gelo derretido. Assuma que a temperatura inicial do gelo derretido era 0°C.
5. Calcule o calor perdido pela água morna ao arrefecer. Lembre-se:  
 $Q = massa \times \Delta T \times 1.0 cal / g^{\circ}C$
6. Usando a mesma fórmula, calcule o calor ganho pelo gelo derretido quando aquecido à temperatura final.
7. Nota que o valor obtido em (5) é maior que em (6). Qual é diferença entre estes dois valores?

8. Como justifica esta diferença? O calor de fusão é expresso como cal/gram. Que valor obteve para o calor de fusão de gelo?
9. Confira com o seu instrutor para obter o valor aceite para o calor de fusão de gelo. Então, usando a fórmula abaixo, calcule a sua % de erro.

$$\% \text{ erro} = (\text{valor experimental} - \text{valor aceite}) \times 100 / \text{valor aceite}$$

## Avaliação formativa 2

1. Um buraco foi escavado por fora de um grande bloco de gelo e seu interior secado com um pano. Um copo que continha 2.0 kg de água quente a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  foi esvaziada rapidamente no buraco. A água no buraco foi depois retirada, achou-se a sua massa em 3.25 kg. Quanta energia de calor foi necessária para derreter o gelo? Quanta energia derreteria um quilograma de gelo?
2. Se um foguete de serviço é instituído para uma viagem intercontinental, a nave subirá com grande velocidade pela atmosfera da Terra, faz o maior tempo da sua viagem em ar muito leve, depois desce para o seu destino. Se um passageiro fosse olhar para um termómetro pendurado sobre um *passing* balão flutuante no espaço, ele haveria de ler  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (especialmente se estivesse sombreado contra o sol). Um termómetro acabado de pendurar no exterior da nave haveria de ler:
  - a.  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$
  - b. ligeiramente menos que (a)
  - c. ligeiramente mais que (a)
  - d. aproximadamente  $10,000\text{ }^{\circ}\text{C}$
3. Pode fornecer energia calorífica a algo sem que sua temperatura varie?
4. Flutuações de temperatura são muito pouco pronunciadas em terras próximas de grande corpos de água do que aqueles que estão nas regiões centrais de grandes massas de terra. Explique este efeito.
5. Quanta transpiração tem que evaporar de um bebé de 5.0 kg para reduzir a sua temperatura por  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? O calor de vaporização de água a uma temperatura corporal é aproximadamente  $580\text{ cal/g}$ .
6. Como fazer para que a temperatura ao fundo das águas das Quedas de Niagara, seja:
  - a. ligeiramente mais alta;
  - b. ligeiramente mais abaixo;
  - c. a mesma;
  - d. dependente da pressão do ar.
7. Um pedaço de metal está a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Outro pedaço de metal é duas vezes mais quente. A sua temperatura é:
  - a.  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$
  - b.  $273\text{ }^{\circ}\text{C}$
  - c.  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
8. Se a água tivesse um calor específico mais baixo, gelariam os lagos mais ou menos facilmente?

9. Se você se sente febril, porque não pode medir a sua própria temperatura com a mão?
10. É um dia frio e ensolarado. Você poderia usar um casaco de plástico preto ou transparente. Se você quisesse ficar quente, que plástico deveria usar?
11. Imagine-se preso num quarto quente e fechado. Você vê um refrigerador velho e descobre que está em boas condições de funcionamento. Se ligar o refrigerador e deixar a porta aberta, o quarto vai:
  - a. arrefecer;
  - b. aquecer;
  - c. ficar com a mesma temperatura.
12. Você deve trazer água fria de uma panela grande para uma caldeira, para cozinhar algumas batatas. Para cozinhar, usando a menor quantidade de energia, você deve:
  - a. ligar o calor na força máxima;
  - b. pôr o calor no mínimo;
  - c. pôr o calor num valor médio.
13. A água está agora fervendo. Para cozinhar as batatas, usando a menor quantidade de energia, você deve:
  - a. manter o calor em força máxima;
  - b. desligar o calor assim, a água se mantém apenas em ebulição.
14. Uma chaleira de chá está directamente aquecida sobre uma chama de fogão e a outra é colocada num pesado pedaço de metal, o qual é colocado directamente em cima da chama. Depois que ambos começam a assobiar, você desliga o fogão. Qual dos seguintes factos acontece?
  - a. A chaleira aquecida directamente em cima da chama continua assobiando, mas a chaleira que é colocada sobre o metal pára imediatamente.
  - b. A chaleira sobre o metal continua assobiando, mas a outra aquecida directamente pára imediatamente.
  - c. Ambas param de assobiar ao mesmo tempo.
15. Um transatlântico consome uma quantidade considerável de óleo para aquecer as suas caldeiras para movimentar as suas hélices. Considere esta ideia de poupança de energia. A água do oceano contém quantidades vastas de energia interna. O que seria se o navio pudesse bombear a água do mar quente, extrair calor da água quente para aquecer as suas caldeiras, e depois descarregar a água já fria de volta para o oceano? A água do mar descarregada pode até estar gelada se tiver sido extraída sem calor suficiente. Isso poderia violar a conservação de energia? Poderia esta ideia funcionar?
16. Qual é a distinção entre energia interna e calor?
17. Pode-se aplicar o conceito de temperatura para uma única molécula?

18. Potes e panelas são feitos de muitos diferentes tipos de metal ou combinações de metal (por exemplo, alumínio, cobre, aço, ferro, e níquel). Se há um tipo de metal que é melhor para cozinhar, por que nós ainda temos tal variedade?
19. Uma banheira contém 150 kg de água a 20 °C. Quanta água a 65 °C deve ser adicionada para se proporcionar um banho quente a 40°C?
20. Você entra num dia bastante quente e de trabalho duro. Vai para o congelador e puxa uma bandeja de cubos de gelo. O calor empolou o seu cérebro e você lambe a bandeja de cubos de gelo. No entanto descobre, para o seu desânimo, que a sua língua aderiu à bandeja. Enquanto você estava decidindo o que fazer, alguém bate à porta da frente. Por que a sua língua aderiu à bandeja? Como você atendeu a porta?

### **Ensinando os conteúdos na Escola Secundária 2**

Esta actividade introduz os conceitos da Física térmica usando o ponto de vista microscópico. Ela alarga o conceito de conservação de energia e prepara os estudantes para o estudo de teoria cinética e das leis do gás apresentadas nas actividades 3 e 4 deste módulo. A primeira lei pode ser tratada como uma extensão da conservação de energia, com calor definido como a transferência de energia por meio de uma diferença na temperatura. A diferença em capacidade de calor específico pode ser observada aquecendo um bloco de ferro e uma massa igual de água simultaneamente sobre pratos quentes e observa a diferença na subida da temperatura.



## Actividade 3: Gases

Caro estudante/formando, você necessitará de 25 horas para completar esta actividade. Nesta actividade você será guiado por uma série de leituras, vídeos multimédias, exemplos resolvidos, questões e problemas de auto-avaliação. Aconselha-se que veja as actividades e consulte todos os materiais obrigatórios e use tanto quanto possíveis ligações úteis e referências.

### Objectivos específicos de Ensino e Aprendizagem

- Explique a relevância do número de Avogadro.
- Declare as propriedades de gases ideal e gases reais.
- Use a equação de gás ideal e diagramas P-V-T para descrever sistemas termodinâmicos.

### Resumo de Actividades de Aprendizagem

Nesta actividade você vai investigar a relação entre pressão, temperatura, volume e a quantidade de gás que ocupa uma câmara fechada. Esta actividade consiste em três secções. Na secção 1 é discutida a quantidade de gás e a importância do número de Avogadro. Na segunda secção é tratada a relação entre pressão e volume. Na parte três é determinada a relação entre pressão e volume como também a quantidade de gás presente na câmara. Os resultados aprendidos nestas tarefas serão usados para deduzir a Lei do Gás Ideal.

### Lista de Leituras Pertinentes para todas as actividades

**Referência:** Kittel C. e Kroemer H., (1980) Físicas Térmicas, 2<sup>nd</sup>, ed., W. H. Freeman and Co, San Francisco, CA.

**Importância:** Esta referência clássica em físicas térmicas é recomendada para um estudante sério de Física. Os conteúdos foram tratados com detalhe e com apoio matemático adequado.

**Referência:** Nelkon & Parker (1995), Nivel Avançado de Físicas, 7<sup>o</sup> ed, CBS, Publicadores & Distribuidores 11, Daryaganji Delhi Novo (110002) Índia. ISBN 81-239-0400-2.

**Importância:** Esta leitura proporciona-lhe fontes fáceis de informação. Os conteúdos têm sido tratados de maneira clara com um suporte matemático adequado.

### Lista de Recursos Pertinentes

**Referência:** <http://jersey.uoregon.edu/vlab/Piston/index.html>

**Data de Consulta:** Novembro, 2006.

**Descrição:** Este *applet* de Java ajuda-o a fazer uma série de experiências virtuais; você vai controlar a acção de um pistão numa câmara de pressão que está cheia de gás ideal. O gás é definido através de quatro estados: Temperatura, Volume ou Densidade, Pressão e Peso Molecular.

**Referência:** <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap10/cd283.htm>.

**Data de Consulta:** Agosto, 2006.

**Descrição:** Este *applet* de Java ajudá-lo-á a entender o efeito de temperatura e volume no número de colisões das moléculas de gás com as paredes. No *applet*, Pode também variar a temperatura e o volume com o *sliders* no lado esquerdo. Pode ainda ajustar o tempo para o qual a simulação decorre. O *applet* conta todas as colisões e mostra o resultado depois do decurso. Variando a temperatura e o volume e mantendo o trajecto do número de colisões, você pode adquirir um bom sentimento do que será o principal resultado de teoria cinética.

**Referência:** video.google.com

**Data de Consulta:** Novembro, 2006.

**Referência completa:** Cálculo de computador de Diagramas de Fase.  
<http://video.google.com/videoplay?docid=1397988176780135580&q=Thermodynamics&hl=en>

**Importância:** Modelos termodinâmicos de soluções podem ser usados junto com dados para calcular diagramas de fase. Estes diagramas revelam, para um determinado jogo de todos os parâmetros (como temperatura, pressão, campo magnético), as fases que são termodinamicamente estáveis e em equilíbrio, as suas fracções de volume e suas composições químicas.

### Lista de Ligações Úteis Pertinentes

**Título:** O Diagrama P-V e Ciclos de Máquinas

**URL:** <http://www.antonine-education.co.uk/PhysicsA2/options/Module7/Topic4/topic4.htm>

**Resumo:** Este local contém um bom resumo em representação de processos em diagramas p - V, Estimação de trabalho feita em termos de área abaixo do gráfico, não são requeridas expressões para trabalho feito, com excepção para a caso de pressão constante,  $W = pdV$ , Extensão para processos cíclicos: trabalho feito por ciclo = área de volta.

**Título:** O Número de Avogadro.

**URL:** <http://njsas.org/projects/atoms/avogadro.php>

**Resumo:** A origem histórica assim como científica do Número de Avogadro é apresentada nesta página.

## Introdução para a Actividade

A Lei de Gás Ideal descreve a relação entre pressão, volume, o número de átomos ou moléculas num gás, e a temperatura de um gás. Esta lei é uma idealização porque assume um "gás ideal". Um gás ideal consiste em átomos ou moléculas que não interagem e que ocupam zero volume.

Um gás real consiste em átomos ou moléculas (ou ambos) que têm volume finito e interagem por forças de atracção ou repulsão devido à presença de cargas. Em muitos casos o comportamento de gases reais pode ser bastante aproximado à lei do gás ideal, e esta actividade focaliza na descrição de um gás ideal.

### Descrição detalhada da Actividade (Elementos Teóricos Principais)

\* Assegure claramente que são providas orientações de aprendizagem e variedade de actividades de aprendizagem ao longo da actividade.

#### Gases

##### O Número de Avogadro

A Mole

Uma mole (abreviado mol) de uma pura substância é uma massa do material em gramas que é numericamente igual à massa molecular em unidades de massa atómica (amu). Uma mole de qualquer material contém o número de Avogadro de moléculas. Por exemplo, o carbono tem uma massa atómica de exactamente 12.0 unidades de massa atómica - uma mole de carbono tem 12 gramas. Para um isótopo de um elemento puro, o número de massa  $A$ , é aproximadamente igual à massa em amu. As massas precisas de elementos puros com as suas concentrações isotópicas normais podem ser obtidas a partir do quadro periódico.

Uma mole de um gás ideal ocupará um volume de 22.4 litros a STP (Temperatura e Pressão Padrão, 0°C e uma pressão de atmosférica).

$$\text{O número de Avogadro } (N_A) = 6.0221367 \times 10^{23}/\text{mole}$$

##### Gases Ideais e Reais

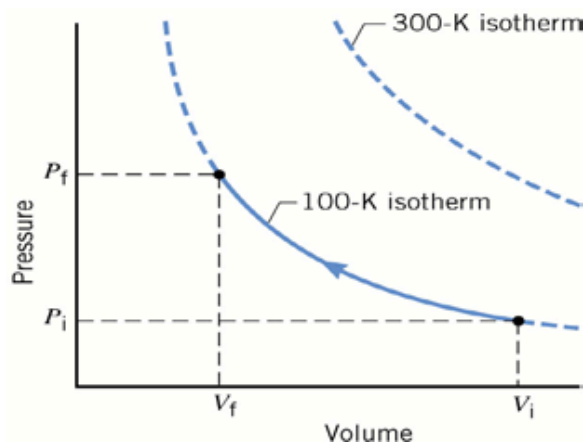
Um gás ideal é definido como aquele em que todas as colisões entre átomos ou moléculas são perfeitamente elásticas e no qual não há forças intermoleculares de atracção. Pode-se visualizar como uma colecção de esferas perfeitamente duras as quais colidem, mas que do outro lado não interagem entre si. Em tal gás, toda a energia interna está na forma de energia cinética e qualquer variação da energia interna é acompanhada por uma variação na temperatura.

Um gás ideal pode ser caracterizado através de três variáveis de estado: pressão absoluta (P), volume (V) e temperatura absoluta (T).

Foram descobertas duas relações que conduziram à formação da lei do gás ideal.

A Lei de *Boyle* relaciona volume e pressão. *Boyle* pôde mostrar que volume e pressão estão inversamente relacionados. Esta equação é escrita normalmente:

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad \text{Lei de Boyle}$$



**Figure18**  
Pressão e volume a duas temperaturas diferentes.

O gráfico acima mostra a relação entre pressão e volume a duas temperaturas diferentes. Se a temperatura é mantida constante, como a pressão e volume variam, a curva resultante é chamada curva isotérmica.

A outra relação é chamada Lei de Charles' e diz que o volume de um gás ideal é directamente proporcional à sua temperatura em Kelvin. A equação é:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{Lei de Charles}$$

Se nós mantemos o número de moles do gás constante enquanto permitimos variações em P, V, e T vamos ver que a expressão (PV)/T tem que igualar uma constante.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

Esta relação entre variáveis de estado também pode ser deduzida da teoria cinética como será mostrado na próxima actividade.

$$PV = nRT = Nk_B T$$

onde n = número de moles

R = constante universal dos gases = 8.3145 J/mol K

N = número de moléculas

$k_B$  = Constante de Boltzmann =  $1.38066 \times 10^{-23}$  J/K

=  $8.617385 \times 10^{-5}$  eV/K

$$k_B = R/N_A$$

$$N_A = \text{O número de Avogadro} \\ = 6.0221 \times 10^{23} / \text{mol}$$

Esta relação é chamada a lei de gás ideal.

### Temperatura e Pressão Padrão (TPP)

TPP é amplamente usado como ponto de referência padrão para expressão das propriedades e processos de gases ideais. A temperatura padrão é o ponto de congelamento de água e a pressão padrão é 1 atmosfera padrão. Estes podem ser quantificados como se segue:

$$\text{Temperatura padrão: } 0^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$$

$$\text{Pressão padrão} = 1 \text{ atmosfera} \\ = 760 \text{ mmHg} \\ = 101.3 \text{ kPa}$$

Volume de 1 mole de um gás ideal a de TPP=22.4 litros

### Exemplo:

Num termómetro de gás, a pressão necessária para fixar o volume de 0.20 g de Hélio a 0.50 L é 113.3 kPa. Qual é a temperatura?

### Solução:

Para usar a lei de gás ideal precisamos achar o número de moles para determinado gás. O átomo de hélio consiste em 2 prótons e 2 neutrões no núcleo e, portanto, tem um volume molar de 4g/mol. Então, calculamos:

$$n = \frac{0,2g}{4g/mol} = 0.05mol$$

usando isto na equação de gás ideal e resolvendo para a temperatura T nós obtemos

$$T = \frac{pV}{nR} = \frac{113.3n10^3}{0.05mol \ln 8.314J/molK} = 136.3K$$

A temperatura é 136 Kelvin.

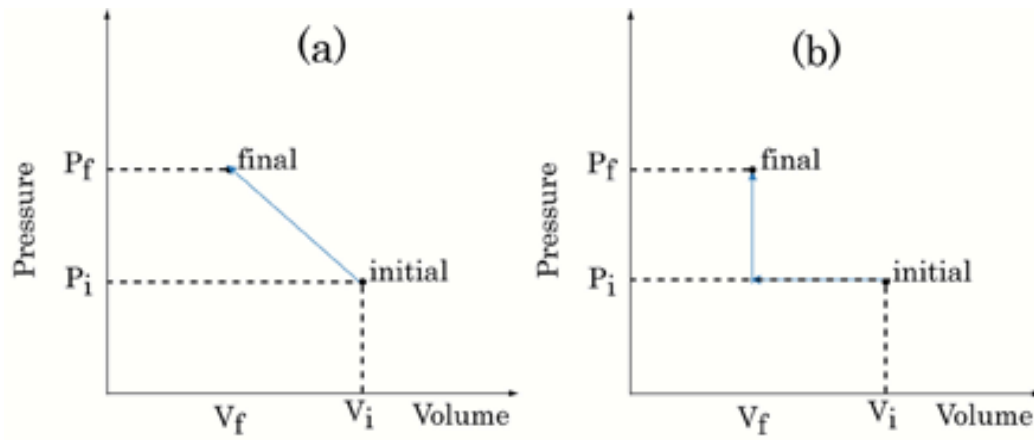
### Diagramas PV

Suponha que um sistema começa de um estado inicial descrito por uma pressão  $P_i$ , o volume  $V_i$  e temperatura  $T_i$ . O estado final do sistema é descrito por uma pressão  $P_f$ , um volume  $V_f$  e uma temperatura  $T_f$ . A transformação do estado inicial para o estado final pode ser alcançado de várias maneiras (veja por exemplo a figura abaixo). Na parte (a) da figura a pressão e o volume ambos variam simultaneamente. Na parte (b) o volume do sistema é primeiro reduzido enquanto se mantém a pressão constante (isto pode ser

alcançado, por exemplo, esfriando a amostra) e subsequentemente, a pressão é aumentada enquanto se mantém o volume constante (isto pode ser alcançado aquecendo o gás enquanto se aumenta a pressão).

Se a pressão de um gás aumenta ela pode mover o pistão (isto acontece em uma máquina). Neste caso, o trabalho é realizado pelo sistema já que o gás em expansão levanta o pistão. Do outro lado, se nós aumentarmos o peso do pistão, o trabalho será feito sobre o sistema como o pistão em queda. A força exercida pelo gás sobre o pistão é igual a  $PA$ , onde  $A$  é a área do pistão e  $P$  a pressão de gás. Se o pistão é deslocado a uma distância  $dS$ , a quantidade de trabalho efectuado pode ser calculado da seguinte forma:

$$dW = F \cdot ds = (PA)ds = pdV$$



**Figura 19**

Dois possíveis caminhos para sair de um estado de um sistema para um outro.

O trabalho total efectuado durante um deslocamento finito do pistão é agora fácil de calcular

$$W = \int dW = \int_{V_i}^{V_f} PdV$$

Se  $W$  é positivo, o trabalho foi efectuado pelo sistema (por exemplo, ao se expandir, o gás levanta o pistão). Um valor negativo de  $W$  significa que o trabalho é efectuado sobre o sistema (o pistão é apertado para baixo para comprimir o gás).

A quantidade de trabalho realizado é igual à área debaixo da curva nos diagramas de  $pV$  mostrado na Figura acima. Claramente, a quantidade de trabalho efectuado depende do caminho escolhido. O trabalho  $W$  para o caminho mostrado na Figura (a) é significativamente maior que o trabalho  $W$  para o caminho mostrado na Figura (b). Qualquer mudança no sistema, na qual o volume não se altera, não irá produzir nenhum trabalho. O trabalho efectuado para os caminhos mostrados na Figura (a) pode ser calculado facilmente:

$$W_b = \int_{V_i}^{V_f} \left( \frac{P_i - P_f}{V_i - V_f} (V_i - V_f) + P_f \right) dV = \frac{1}{2} (P_i + P_f) (V_f - V_i)$$

Nenhum trabalho é realizado para o caminho mostrado na Figura (b) entre  $(p_i, V_i)$  e  $(p_f, V_i)$  desde que não haja nenhuma variação no volume. O trabalho efectuado para mover de  $(p_f, V_i)$  para  $(p_i, V_f)$  é calculado facilmente;

$$W_b = \int_{V_i}^{V_f} P dV = \int_{V_i}^{V_f} P_f dV = P_f (V_f - V_i)$$

Claramente,  $W_b$  é sempre menor que  $W_a$ , e nós podemos fazer a quantidade de trabalho realizado tão pequena ou tão grande quanto nós quisermos. Por exemplo nenhum trabalho seria efectuado se a transição seguisse o seguinte caminho:

$$(P_i - V_i) \rightarrow (0 - V_i) \rightarrow (0 - V_f) \rightarrow (P_f - V_i)$$

Um sistema pode ser levado de um determinado estado inicial a um determinado estado final por um número infinito de processos. Em geral, o trabalho  $W$  e também o calor  $Q$  vão ter diferentes valores em cada um destes processos. Nós dizemos que calor e trabalho são grandezas dependentes do caminho.

A partir da prévia discussão tanto  $Q$  como  $W$  representa uma variação em alguma propriedade intrínseca do sistema. Porém, experimentalmente, é observado que a quantidade  $Q - W$  é a mesma para todos os processos. Só depende dos estados inicial e final e não importa que caminho é seguido para sair de um para o outro. A quantidade  $Q - W$  é chamada a variação da energia interna  $U$  do sistema:

$$\Delta U = U_f - U_i = Q - W$$

Esta equação é chamada a primeira lei da termodinâmica. Para pequenas variações, a primeira lei da termodinâmica pode ser reescrita como:

$$dU = dQ - dW$$

### Processo Adiabático

Se um sistema está bem isolado, nenhuma transferência de calor terá lugar entre este e seu ambiente. Isto significa aquele  $Q = 0$ , e a primeira lei da termodinâmica mostra que

$$\Delta U = -W$$

Se o trabalho é realizado pelo sistema ( $W$  positivo) a sua energia interna diminui. Contrariamente, se o trabalho é realizado sobre o sistema ( $W$  negativo) a sua energia interna aumentará.

Para gases, a energia interna relaciona-se com a temperatura: uma maior energia interna significa uma maior temperatura. A expansão adiabática de um gás reduz a sua temperatura; a compressão adiabática de um gás aumenta a sua temperatura.

### **Processos a Volume constante**

Se o volume de um sistema é mantido constante, o sistema não pode fazer nenhum trabalho ( $W = 0 \text{ J}$ ).

A primeira lei da termodinâmica mostra:

$$\Delta U = Q$$

Se o calor é fornecido ao sistema, a sua energia interna vai aumentar; se o calor é retirado do sistema, a sua energia interna vai diminuir.

### **Processos cíclicos**

Processos que, depois de certos intercâmbios de calor e trabalho, é restabelecido o seu estado inicial são chamados processos cíclicos. Neste caso, nenhuma propriedade intrínseca do sistema é alterada, e, portanto,  $\Delta U = 0$ . Agora, a primeira lei da termodinâmica produz imediatamente,

$$Q = W$$

### **Expansão livre**

Expansão livre é um processo adiabático no qual nenhum trabalho é realizado pelo sistema. Isto significa que  $Q = W = 0 \text{ J}$ , e a primeira lei da termodinâmica agora requer que

$$\Delta U = 0 \text{ J}$$



## Actividades de Aprendizagem

### Tarefa 3.1. Usando a Equação do Gás Ideal

Um cilindro que tem um volume de 200 litros contém oxigénio a uma temperatura  $T = 20^\circ\text{C}$  e pressão  $10^7$  Pa. Mostre que esta quantidade de oxigénio ocupa um volume de  $18.6\text{m}^3$ .

### Tarefa 3.2. Trabalho efectuado por um pistão

Um cilindro contém gás e está fechado por um pistão móvel. O cilindro é mantido submerso numa mistura de gelo e água. O pistão é pressionado rapidamente para baixo de uma posição  $a$  para uma posição  $b$  e depois mantido na posição  $b$  até o gás tornar novamente à temperatura da mistura de gelo e água; por fim é elevado lentamente de volta para a posição  $a$ .

- Desenhe um diagrama p-V para o processo.
- Se 140 g de gelo são derretidos durante o ciclo, mostre que 46600J de trabalho foi realizado sobre gás.

### Avaliação formativa 3

- Dado o seguinte conjunto de valores, calcule a grandeza desconhecida
  - a)  $V = ?$ 
    - $P = 1.01$  atm
    - $n = 0.00831$  mol
    - $T = 25^\circ\text{C}$
  - b)  $P = ?$ 
    - $V = 0.602$  L
    - $n = 0.00801$  mol
    - $T = 311$  K
- A que temperatura vão 2.10 moles do gás  $\text{N}_2$  ter uma pressão de 1.25 atm e num recipiente de 25.0 L?
- Quando você está enchendo um balão meteorológico com gás, você têm que considerar que o gás se expanda grandemente enquanto sobe e a pressão diminua. Digamos que você pôs aproximadamente 10.0 moles do gás  $\text{H}_e$  dentro do balão que pode inchar até atingir 5000.0 L. *Currently*, mas o balão não está cheio por causa da pressão alta no chão. Qual é a pressão quando o balão sobe a um ponto onde a temperatura é  $-10.0^\circ\text{C}$  e o balão está completamente cheio de gás.
- Que volume é ocupado por 5.03 g de  $\text{O}_2$  a  $28^\circ\text{C}$  e uma pressão de 0.998atm?
- Calcule a pressão num recipiente de 212 Litros, que contém 23.3 kg de gás de Argon a  $25^\circ\text{C}$ .

### **Avaliação Formativa opcional 3**

1. Se você fosse levar um equipamento de mergulho de voleibol consigo, qual seria o seu novo volume se começasse à superfície com um volume de 2.00 L, debaixo de uma pressão, de 752.0 mmHg e uma temperatura de 20.0°C? No seu mergulho, você leva isso para um lugar onde a pressão é 2943 mmHg, e a temperatura é 0.245°C.
2. Qual é o volume de 1.00 mole de um gás a temperatura e pressão padrão?
3. Uma amostra de 113 L de Hélio a 27°C é esfriada a pressão constante para -78.0°C. Calcule o novo volume do Hélio.
4. Que volume de  $H_e$  é ocupado por 2.35 mol de  $H_e$  a 25°C e a uma pressão de 0.980 atm?
5. Uma lata de aerossol contém 400.0 ml de gás comprimido a uma pressão de 5.2 atm. Quando o gás é borrifado numa sacola plástica grande, a bolsa incha até um volume de 2.14 L. Qual é a pressão de gás dentro da sacola plástica?

## Actividade 4: Teoria Cinética dos Gases

Caro estudante/formando, você vai precisar de 23 horas para completar esta actividade. Nesta actividade você é guiado por uma série de leituras, vídeos multimédias, exemplos resolvidos, questões e problemas de auto-avaliação. Recomendamos-lhe fortemente para passar por todas as actividades e consultar todos os materiais obrigatórios e usar, tanto quanto for possível, as ligações úteis e referências.

### Objectivos específicos de Ensino e Aprendizagem

- Analise o movimento de moléculas do gás *such as mean free path*.
- Calcule o conteúdo de energia de gases.
- Resuma a actividade de aprendizagem.

### Conceitos fundamentais

A temperatura de um gás pode ser relacionada ao movimento interno das moléculas.

*The ideal gás approximation yields:*  $PV = \frac{2}{3} N \overline{KE}$ , onde  $\overline{KE}$  é a energia cinética média individual de cada molécula e N é o número total de moléculas no gás.

A energia interna U de um gás é definido como  $U = N \overline{KE}$  e assim  $PV = \frac{2}{3} U$

A relação entre a energia cinética média e a temperatura é dada por

$$\overline{KE} = \frac{2}{3} KT$$

onde  $K = R/N_A$  é a constante de Boltzmann

### Lista de Leituras Pertinentes para todas as actividades

**Referência:** Kittel C. e Kroemer H., (1980) Físicas Térmicas, 2<sup>nd</sup>, ed., W. H. Freeman and Co., San Francisco, CA

**Resumo:**

**Importância:** Esta referência clássica em Física térmica é recomendada para um estudante sério de Física. Os conteúdos foram tratados com detalhe e com um suporte matemático adequado.

**Referência:** Nelkon & Parker (1995), Físicas Niveladas Avançadas, 7, ed, CBS, t h Publicadores & Ditributer, 11, Daryaganji Delhi Novo (110002) a Índia. ISBN 81-239-0400-2.

**Resumo:**

**Importância:** Esta leitura proporciona fontes fáceis de informação. Os conteúdos foram tratados de maneira clara com um suporte matemático adequado.

## Lista de Recursos Pertinentes

**Referência:** <http://jersey.uoregon.edu/vlab/Piston/index.html>

**Data de Consulta:** Novembro, 2006.

**Descrição:** - Este *applet* de Java o ajudá-lo-á a fazer uma série de experiências virtuais, você vai poder controlar a acção de um pistão numa câmara de pressão que está cheio de gás ideal. O gás é definido através de quatro estados: Temperatura, Volume ou Densidade, Pressão e Peso Molecular.

**Referência:** - <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap10/cd283.htm>

**Data de Consulta:** Agosto, 2006.

**Descrição:** - Este *applet* de Java ajudá-lo-á a perceber o efeito da temperatura e do volume no número de colisões das moléculas de gás com as paredes. No *applet*, você pode variar a temperatura e o volume com o *sliders* no lado esquerdo. Você também pode ajustar o tempo para o qual deve decorrer a simulação. O *applet* conta todas as colisões e mostra o resultado depois do decurso. Variando a temperatura e o volume, e não perdendo de vista o número de colisões, você poderá aperceber-se bem do que será o principal resultado de teoria cinética.

**Referência:** [video.google.com](http://video.google.com)

**Data de Consulta:** Novembro, 2006.

**Referência completa:** Cálculo computarizado de Diagramas de Fase. <http://video.google.com/videoplay?docid=1397988176780135580&q=Termodinamica&hl=en>

**Importância:** Podem ser usados modelos termodinâmicos de soluções juntamente com dados para calcular diagramas de fase. Estes diagramas revelam, para um dado conjunto de todos os parâmetros (como temperatura, pressão, campo magnético), as fases que são termodinamicamente estáveis e em equilíbrio, as suas fracções de volume e as suas composições químicas.

## Lista de Ligações Úteis Pertinentes

**Título:** Teoria cinética de gases: Uma Breve Revisão.

**URL:** [http://galileo.phys.virginia.edu/classes/252/kinetic\\_theory.html](http://galileo.phys.virginia.edu/classes/252/kinetic_theory.html)

**Resumo:** Esta breve revisão por Michael Fowler de Universidade de Virgínia, apresenta uma série de conferências em Física. Há ligações para conferências e também para páginas da web.

**Título:** Teoria cinética dos gases: Enciclopédia Britânica

**URL:** <http://www.britannica.com/eb/article-9045492/kinetic-theory-of-gases>

**Resumo:** Está disponível na Enciclopédia Britânica com uma descrição detalhada da teoria cinética.

## Introdução para a Actividade

As leis do gás descritas na actividade 3 foram descobertas através da observação experimental, mas as leis de *Boyle* e de *Charles'* não são precisamente obedecidas em todas as pressões. Um gás que obedece perfeitamente as leis acima referidas em todas as pressões, seria um gás "perfeito" ou "ideal", e a teoria cinética resultou de uma tentativa de invenção de um modelo mecânico de um tal gás, baseado nas leis de movimento de Newton.

### Descrição detalhada da Actividade (Elementos Teóricos Principais)

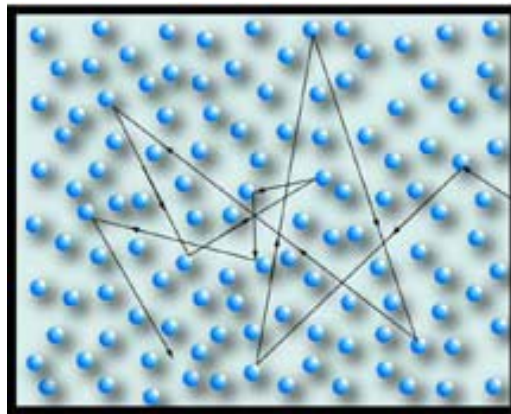
\*Assegure que estão fornecidas orientações claras de aprendizagem e uma variedade de actividades de aprendizagem ao longo do actividade.

### A Teoria Cinética de Gases

#### Suposições básicas da Teoria Cinética

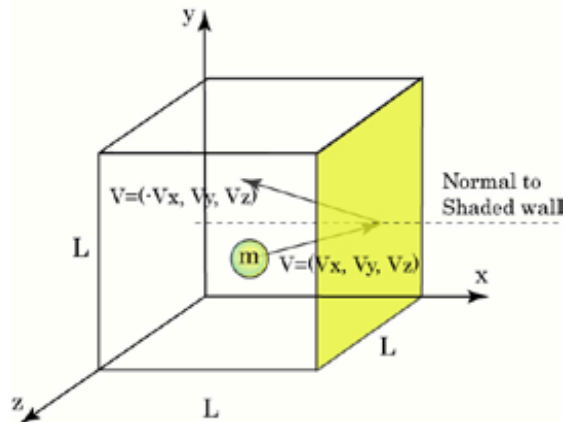
A teoria cinética constitui a base da nossa compreensão de como um gás se comporta. Existem quatro suposições básicas da teoria cinética que são:

- As moléculas num gás são partículas esféricas, muito pequenas, idênticas, movendo-se continuamente em direcções aleatórias e em linhas rectas entre colisões umas com as outras ou com as paredes do recipiente.
- O tempo de colisão é desprezível e nenhuma energia é perdida durante a colisão (isto é, a colisão é elástica).
- As moléculas são desprezíveis em tamanho, comparado com o volume do recipiente.
- Não há forças mútuas de atracção ou repulsão entre as moléculas, ou entre as moléculas e o recipiente.



**Figura 20**  
Movimento caótico de moléculas de gás.

## Interpretação Cinética da Pressão



**Figura 21**

A força exercida por unidade de área por muitas partículas de um gás, golpeando caoticamente as paredes do recipiente, é chamada pressão.

Considere um gás contido num cubo de lado  $L$ . Tome os eixos paralelos aos lados do cubo como mostrado na figura anterior. Uma molécula com velocidade  $(v_x, v_y, v_z)$  golpeia a parede plana de área  $A = L^2$ . Desde que a colisão seja elástica, a molécula repercute-se com a mesma velocidade; as suas componentes  $y$  e  $z$  da velocidade não se alteram na colisão, mas a componente  $x$  inverte sinal e componentes de velocidade. Esta é a velocidade depois da colisão  $(-v_x, v_y, v_z)$ .

A mudança no impulso da molécula é  $-mv_x - (mv_x) = -2mv_x$ . Pelo princípio de conservação do impulso, o impulso dado à parede na colisão é  $2mv_x$ .

A pressão é derivada da relação.

Força = Taxa de variação de impulso.

Quando as moléculas colidem com a parede do recipiente, eles mudam de direção, *from going towards it to going away from it*; o seu impulso é imediatamente alterado como se a parede estivesse aplicando uma força no sentido para dentro do recipiente. A pressão do gás é igual e oposta a esta força por unidade da área da parede.

Num intervalo de tempo pequeno  $\Delta t$ , uma molécula com  $x$ -componente de velocidade  $v_x$ , vai bater na parede se estiver a uma distância  $v_x \Delta t$  da parede. Quer dizer, moléculas dentro do volume  $Av_x \Delta t$ , só possam a bater a parede no tempo  $\Delta t$ . Mas, em média, metade delas está se movendo contra a parede e a outra metade da parede para dentro. Assim, o número de moléculas com velocidade  $(v_x, v_y, v_z)$ , batendo a parede no tempo  $\Delta t$  é

$$\frac{1}{2} Av_x \Delta t n$$

onde  $n$  é o número de moléculas por unidade de volume. O impulso total transferido à parede pelas moléculas no tempo  $\Delta t$  é:

$$P = (2mv_x) \left( \frac{1}{2} nAv_x \Delta t \right)$$

A força na parede é a taxa de transferência de impulso  $\frac{P}{\Delta t}$  e a pressão é force por área de unidade:

$$P = \frac{Q}{A\Delta t} = nmv_x^2$$

De facto, todas as moléculas num gás não têm a mesma velocidade; há uma distribuição de velocidades. A equação acima representa, porém, *stands* da pressão devido ao grupo de moléculas com velocidade  $v_x$  e na direcção  $x$  e  $n$  *stands* da pressão devido à densidade numérica daquele grupo de moléculas. A pressão total é obtida somando a contribuição devido a todo os grupos:

$$P_{\text{total}} = \text{número de moléculas} \times \text{massa de uma molécula} \times \left( \frac{v_{x1}^2 + v_{x2}^2 + v_{x3}^2}{N} \right) = nm\overline{v_x^2}$$

onde  $n$  é o número de moléculas (independentemente das suas velocidades) por unidade de volume e  $\overline{v_x^2}$  é a média de  $v_x^2$ . Não há nenhuma direcção preferida de velocidade das moléculas no recipiente, isto é, o gás é isotrópico. Então, pela simetria

$$\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} = \frac{1}{3} (\overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}) = \frac{1}{3} \overline{v^2}$$

onde  $v$  é a velocidade  $\overline{v^2}$  e representa a **velocidade quadrática média**. Assim,

$$\begin{aligned} P_{\text{total}} &= \frac{1}{3} nm\overline{v^2} \\ &= \frac{F}{L^2} = \frac{m}{L^3} (v_{x1}^2 + v_{x2}^2 + v_{x3}^2 + K + v_{xn}^2) \\ &= \frac{1}{3} \rho \overline{v^2} \end{aligned}$$

onde  $\rho$  é a densidade do gás.

**Exemplo 1.** Calcule a raiz da velocidade de quadrado média ( $v_{\text{q,m}}$ ) das moléculas de hidrogénio a  $0^\circ\text{C}$  e pressão atmosférica, supondo o hidrogénio como um gás ideal. Densidade de hidrogénio a  $0^\circ\text{C}$  é  $9 \times 10^{-2} \text{ kg} / \text{m}^3$ .

**Solução:**

A raiz da velocidade quadrática média da equação acima é



$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \times 1 \text{ atm}}{9 \times 10^{-2} \text{ kg/m}^3}}$$

Mas  $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \times 1.031 \times 10^5}{9 \times 10^{-2}}} = 1.85 \times 10^3 \text{ ms}^{-1}$$

### Interpretação cinética da Temperatura

A equação

$$P_{total} = \frac{1}{3} n m \bar{v}^2$$

pode ser escrita como

$$PV = \frac{2}{3} \left( N \times \frac{1}{2} m \bar{v}^2 \right)$$

A quantidade entre parênteses é a energia cinética total de translação das moléculas no gás. Dado que a energia interna  $E$  de um gás ideal é puramente cinética

$$E = N \times \frac{1}{2} m \bar{v}^2. \text{ Então,}$$

$$\begin{aligned} PV &= \frac{2}{3} \left( N \times \frac{1}{2} m \bar{v}^2 \right) \\ &= \frac{2}{3} E \end{aligned}$$

Combinando a anterior equação com a equação do gás ideal, nós podemos chegar à interpretação cinética da temperatura:

$$E = \frac{2}{3} k_B NT$$

ou

$$\frac{E}{N} = \frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} k_B T$$

Este é um resultado fundamental, relacionando a temperatura, um parâmetro macroscópico mensurável de um gás e uma grandeza molecular, nomeadamente, a energia cinética média das moléculas.

## Energia interna de um Gás

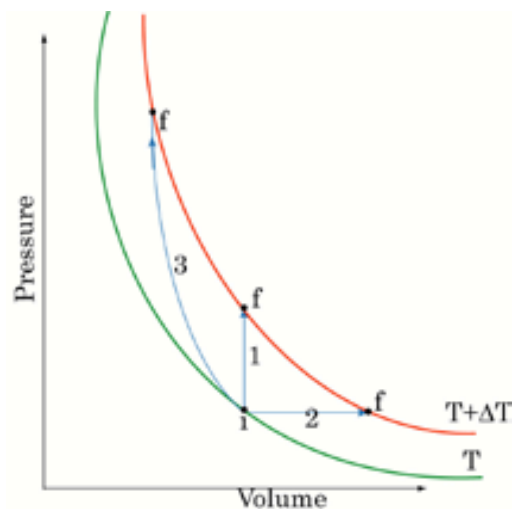
A energia cinética média de translação das moléculas num gás está relacionada com a temperatura:

$$K_{avg} = \left(\frac{3}{2}\right)kT$$

A energia interna de um gás está também relacionada com a temperatura (não a pressão, ou volume). Para um gás ideal monoatômico,

$$E = nNAKE_{avg} = \left(\frac{3}{2}\right)nRT$$

Assim, a energia interna de todos os estados numa curva isotérmica tem a mesma energia interna.



**Figure 22**

Curva isotérmica representa todos os estados que têm a mesma energia interna.

## Constantes de Calor específicas

### Atividades de aprendizagem

\*Leituras, exemplos resolvidos, trabalhos de grupo, experiências, experiências a mão livre.....

### Tarefa 4.1. Teoria Cinética de Gases

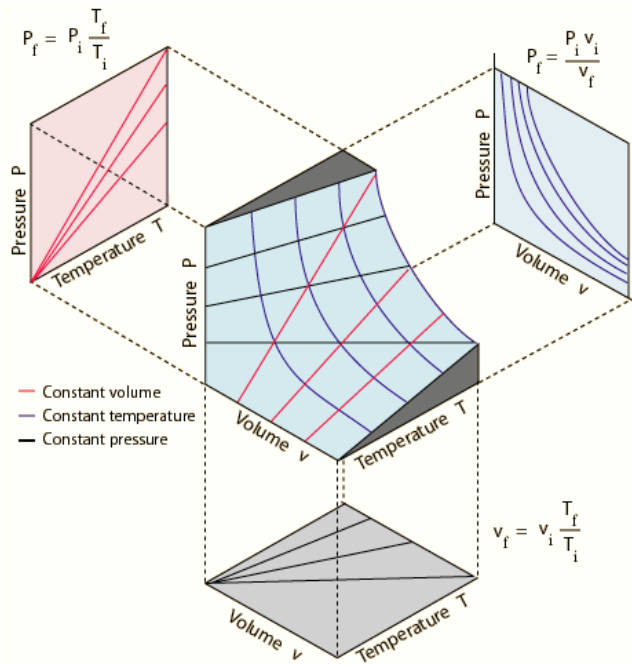
Recorra aos livros listados na secção de referência e outras referências, se disponíveis, para escrever sobre a dedução das grandezas como temperatura sob consideração cinética de moléculas.

## Tarefa 4.2. Questão de Discussão

Pode a constante de Boltzman ser considerada como um das constantes da natureza? Porque?

### Avaliação formativa 3

1. Todos os estados possíveis de um gás ideal podem ser representados por uma



superfície de PVT como ilustrado abaixo.

**Figure 23**

Mostrando o comportamento de um gás ideal que usa PVT que aparece quando uma das três variáveis é mantida constante.

2. É possível deduzir leis de uma real expansão de volume a partir da teoria cinético? Discuta.
3. O que é a raiz da velocidade quadrática média das moléculas de vapor de água a temperatura da sala?
4. Qual é a raiz da velocidade quadrática média de moléculas de vapor de água a temperatura de fusão?
5. Quantos quarteirões de uma cidade percorreria uma molécula de vapor de água a essa velocidade, em 1 segundo?

## Actividade 5: Máquinas térmicas

Caro estudante/formando, você vai precisar de 32 horas para completar esta actividade. Nesta actividade será guiado por uma série de leituras, vídeos multimédias, exemplos resolvidos, questões e problemas de auto-avaliação. Recomenda-se a passar por todas as actividades e a consultar todos os materiais obrigatórios, e ainda, a usar, tanto quanto for possível, ligações úteis e referências.

### Objectivos específicos de Ensino e Aprendizagem

- Estude e aplique a Segunda Lei de termodinâmica.
- Descreva e explique o significado de entropia.
- Avalie vários ciclos de energia (por ex. ciclo de *Carnot*, máquina de Stirling, Refrigeração).

### Resumo da Actividade de Aprendizagem

As máquinas térmicas, como o seu nome sugere, usa calor para gerar energia. Calor tem que fluir em ambos sentidos para fora e para dentro da máquina térmica. Embora tipicamente associado aos combustíveis fósseis, as máquinas térmicas (particularmente as turbinas a vapor) podem ser abastecidos por fontes de energia renovável. A energia térmica solar pode ferver água usando energia solar. A energia geotérmica é utilizada libertando, à alta pressão, água a alta temperatura, à superfície da Terra. Ao alcançar a superfície, esta água imediatamente vira vapor. Em todo o caso, o vapor pode ser usado para dar energia a uma turbina a vapor.

Embora as máquinas térmicas não mudem significativamente nos últimos anos, é importante entender como eles funcionam para projectar máquinas energéticas mais eficientes e ambientalmente amigáveis.

### Conceitos fundamentais

**Aqueça Máquina** é um dispositivo que converte energia térmica em outras formas de energia como mecânico, eléctrico, etc. Máquinas de Calor são dispositivos cíclicos.

**Calor** é absorvido de um reservatório de temperatura alta.

**Trabalho** é determinado pela máquina.

**Calor** é expelido pela máquina para um reservatório de baixa temperatura.

A máquina volta ao seu estado inicial.

Aqueça máquinas empregam alguma substância de funcionamento pela que é levado a cabo um processo cíclico termodinâmico no qual a substância de funcionamento é

devolvida eventualmente para o seu estado inicial. A substância de funcionamento é frequentemente um fluido ou um gás.

## Lista de Leituras Pertinentes para todas as actividades

**Referência:** - Kittel C. e Kroemer H., (1980) Física Térmica, 2<sup>nd</sup> ed., W. H. O Freeman Cia., São Francisco, a CA.

**Resumo:** Contém informação pertinente sobre o tema.

**Importância:** Esta referência clássica em Física térmica é recomendada para um estudante sério de Física. Os conteúdos têm sido tratados com detalhe apoiando-se num suporte matemático adequado.

**Referência:** Nelkon & Parker (1995), Física de Nivel Avançado, 7<sup>th</sup> ed, CBS, Publicadores & Ditribuidores, 11, Daryaganji Delhi Novo (110002) a Índia. ISBN 81-239-0400-2.

**Resumo:** Contém informação pertinente sobre o tema.

**Importância:** Esta leitura proporciona fontes de informação fáceis. Os conteúdos foram tratados de forma clara com suporte matemático adequado.

## Lista de Recursos Pertinentes

**Referência:** <http://jersey.uoregon.edu/vlab/Piston/index.html>

**Data de Consulta:** Novembro, 2006.

**Descrição:** Este *applet* de Java ajudá-lo-á a fazer uma série de experiências virtuais, você poderá controlar a acção de um pistão numa câmara de pressão que está cheio com um gás ideal. O gás é definido por quatro estados: Temperatura; Volume ou densidade; Pressão e Peso Molecular

**Referência:** - <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap10/cd283.htm>

**Data de Consulta:** Agosto, 2006.

**Descrição:** Este *applet* de Java ajudá-lo-á a entender o efeito da temperatura e volume no número de colisões das moléculas de gás com as paredes. No *applet*, você pode mudar a temperatura e volume com o *sliders* no lado esquerdo. Pode também ajustar o tempo em que decorreu a simulação. O *applet* conta todas as colisões e mostra o resultado depois do decurso. Variando a temperatura e o volume, e não perdendo de vista o número de colisões, poderá aperceber-se bem do que será o principal resultado de teoria cinética.

**Referência:** video.google.com

**Data de Consulta:** Novembro, 2006.

**Referência completa:** - Cálculo de computador de Diagramas de Fase.  
<http://video.google.com/videoplay?docid=1397988176780135580&q=Thermodynamics&hl=en>

**Importância:** Podem ser usados modelos termodinâmicos de soluções juntamente com dados para calcular diagramas de fase. Estes diagramas revelam, para um dado conjunto de todos os parâmetros (como temperatura, pressão, campo magnético), as fases que são termodinamicamente estáveis e em equilíbrio, as suas fracções de volume e suas composições químicas.

## Lista de Ligações Úteis Pertinentes

**Título:** Máquinas térmicas

**URL:** [http://en.wikipedia.org/wiki/Heat\\_engines](http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_engines)

**Resumo:** - O artigo em *wikipedia* apresenta uma visão geral das máquinas térmicas, exemplos do dia a dia, exemplos de máquinas térmicas, eficiência das máquinas térmicas, etc. Um bom número de ligações externas está também disponível.

**Título:** Máquinas térmicas e Refrigeradores

**URL:** [http://theory.phy.umist.ac.uk/~judith/stat\\_therm/node15.html](http://theory.phy.umist.ac.uk/~judith/stat_therm/node15.html)

**Resumo:** Em qualquer máquina térmica, o calor é extraído de uma fonte quente (por exemplo produtos de combustão quentes no motor de um carro). A máquina funciona no seu ambiente e o calor de desperdício é rejeitado para um reservatório frio (como o ar exterior). É um facto experimental que o calor desperdiçado não pode ser eliminado, embora isso fosse o desejável. Realmente, em máquinas práticas, a maior parte da energia extraída da fonte quente é perdida do que convertida em trabalho. Esta página da *Internet* apresenta uma boa comparação das diferentes páginas da *Internet*.

**Título:** Segunda lei da Termodinâmica

**URL:** [http://en.wikipedia.org/wiki/Second\\_law\\_of\\_thermodynamics](http://en.wikipedia.org/wiki/Second_law_of_thermodynamics)

**Título:** Segunda lei de Termodinâmica

**URL:** <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/seclaw.html>

**Resumo:** A segunda lei de Termodinâmica é um princípio geral que coloca constrangimentos relativamente à transferência de calor e ao alcance das eficiências das máquinas térmicas. Fazendo assim, ela vai além das limitações impostas pela primeira lei de termodinâmica. Esta página da *Internet* apresenta uma visualização em termos da analogia de quedas de água.

## Introdução para a Actividade

Interessa, na transferência e transformação de dados sobre energia térmica, recuar para a idade do fogo. O estudo da Termodinâmica é realizado com o desenvolvimento das máquinas térmicas que são o tema desta actividade.

### Descrição detalhada da Actividade (Elementos Teóricos Principais)

#### Máquinas térmicas e a Segunda Lei da Termodinâmica

#### Ciclos termodinâmicos

Um ciclo termodinâmico é uma série de processos que mudam o volume, temperatura e pressão de um gás, mas que no final retorna para as mesmas condições como no começo. Ciclos termodinâmicos são importantes porque se nós podemos achar um que faz algo útil por nós, pode ser repetido indefinidamente. O entendimento dos ciclos termodinâmicos foi extremamente importante para a revolução industrial e eles permanecem fundamentais em maior escala nos processos industriais, para a maioria das máquinas refrigeradores e ar condicionados.

#### Máquinas térmicas e refrigeradores

Os princípios básicos que permitem o funcionamento de máquinas térmicas e refrigeradores são como segue:

- Máquina térmica - Se permitir que um gás se expanda, movendo um pistão, então o gás realiza trabalho sobre o pistão. Deste modo, a energia cinética no gás é convertida em trabalho útil (movendo o pistão). Quando o gás se expande, ele arrefe; assim, no término da expansão, temos que aquecer o gás novamente. Isto é alcançado queimando algum tipo de combustível, por exemplo, gasolina, carvão, combustível nuclear, hidrogénio etc.
- Refrigerador ou bomba de calor - Se quiser transportar calor de uma casa e bombear fora desta, você tem que levar calor de uma região mais fria e movê-lo para uma região mais quente. Isto é alcançado usando evaporação de um líquido "*coolant*". A evaporação do *coolant* requer energia (calor latente de vaporização) e esta energia é levada de dentro do objecto (ou salas) o qual nós queremos esfriar. Uma vez o *coolant* evaporado, ele é bombeado para o compressor que liquidifica o *coolant* novamente para completar o ciclo. Num refrigerador, o compressor está dentro da casa, enquanto para um ar condicionado, o compressor está fora da casa.

Projectando uma máquina térmica ou bomba de calor, muitas decisões têm que ser tomadas, como por exemplo, qual é o combustível? Qual é o gás de funcionamento? Qual é a natureza do ciclo termodinâmico? As máquinas térmicas, como os geradores eléctricos e motores/máquinas a gasolina, usam um gás de expansão para mover um pistão ou uma turbina. Numa máquina a gasolina, o gás de expansão é uma mistura de produtos de ar ardente e gasolina. Numa turbina é normalmente usado o vapor. Num

refrigerador ou num ar condicionado é usada a evaporação de um gás *coolant* (por ex. Freon, Amônio, FR-12 etc.).

As máquinas térmicas trabalham em ciclos, onde um gás que entra a baixa temperatura é aquecido até uma temperatura mais alta, causando expansão do gás que em troca realiza um trabalho mecânico sobre o pistão ou turbina. No fim da expansão, o gás usado continua tendo algum calor que é normalmente perdido como desperdício. Nós definimos o calor que é fornecido ao gás para causar a expansão como  $|Q_h|$ , enquanto o calor perdido é  $|Q_c|$ . A eficiência da máquina é definida como sendo

$$e = \frac{W}{|Q_h|}$$

Dado que o gás de funcionamento ao final do ciclo está à mesma temperatura como quando começou o ciclo, a energia interna é a mesma no princípio e no fim. O trabalho efectuado pela máquina é então,  $W_{máquina} = |Q_h| - |Q_c|$ . Assim, a eficiência da máquina térmica é dada por,

$$e = \frac{W}{|Q_h|} = \frac{|Q_h| - |Q_c|}{|Q_h|} = 1 - \frac{|Q_c|}{|Q_h|}$$

A eficiência está no intervalo  $0 \leq e \leq 1$ . Por exemplo, para máquinas a gasolina eficiências típicas são da ordem de 0.25 ou 25 por cento. Um refrigerador é uma máquina térmica que opera no sentido contrário, de forma que o trabalho é efectuado para extrair calor de um reservatório frio. Isto é alcançado por evaporação de um gás que extrai calor da sua vizinhança/do seu ambiente. Para um refrigerador ou ar condicionado, o coeficiente de desempenho é

$$COP = \frac{|Q_c|}{W}$$

O COP pode ser maior que 1, por ex. 3 é um valor típico para um ar condicionado de uma casa. O ciclo de *Carnot* produz a máquina térmica de forma mais eficiente possível. As quatro etapas no ciclo de *Carnot* são Expansão de Isotérmica, Expansão de Adiabática, Compressão Isotérmica e Compressão de Adiabática. Durante o ciclo de *Carnot*, a eficiência é dada por:

$$e = 1 - \frac{|Q_c|}{|Q_h|} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$

É bastante difícil provar que o ciclo de *Carnot* seja o ciclo mais eficiente.

Invertendo o ciclo, o ciclo de *Carnot* pode agir como um refrigerador ou ar condicionado e, nesse caso, o coeficiente de desempenho de *Carnot* é dado por



$$COP_c = \frac{|Q_c|}{|Q_h| - |Q_c|} = \frac{T_c}{T_h - T_c}$$

## Entropia

A Entropia é um conceito muito importante na Termodinâmica; é também importante nas discussões filosóficas e religiosas sobre se a vida poderia possivelmente ter sido originada espontaneamente no nosso planeta.

A Entropia é uma medida da quantidade de desordem num sistema. Se um sistema tem um lote de possíveis configurações diferentes, ele tem alta entropia. Por exemplo, se 100 partículas de um gás ideal movem-se caoticamente num volume  $V$ , então o gás tem uma entropia  $S$ . Se às mesmas 100 partículas são lhes dadas a mesma energia cinética e são colocadas dentro do volume  $2V$ , então o gás no volume maior tem entropia mais alta porque tem um número muito maior de possíveis configurações.

Boltzmann introduziu uma grandeza  $\Omega$ , que é o número total de "estados" que estão disponíveis para o gás. É evidente que, se a energia cinética de um gás é fixa, então,  $\Omega(V, T) < \Omega(2V, T)$ . De facto, *Boltzmann* pôde provar uma relação geral que a entropia é dada por,

$$S = k_B \ln(\Omega)$$

onde  $S$  é a entropia,  $k_B$  é a constante de *Boltzmann* e é o número de estados disponíveis no sistema. A segunda lei da Termodinâmica significa que num sistema isolado, a entropia ou permanece constante ou aumenta.

A segunda lei significa que num sistema isolado, a desordem ou pode manter-se a mesma ou aumentar. Se considerarmos que o nosso universo é um sistema isolado, então o nível de ordem no nosso universo só pode diminuir ou permanecer na mesma. Assim, como pode a vida, que é muito ordenada, surgir? A questão fundamental é que partes do nosso universo podem se tornar mais ordenados enquanto outras partes se tornam mais desordenadas, desde que o efeito líquido não viole a segunda lei. Note também que desordem não implica altas temperaturas. Partículas do gás no espaço interstelar (que está a 23K) têm entropia muito elevada porque elas têm muito volume para se mover.

Quando é que a entropia permanece a mesma? Uma importante observação é que quando o calor é fornecido a um sistema, a temperatura fixa, o sistema tem que se expandir. Esta expansão conduz a um aumento de volume e, conseqüentemente, a um aumento da entropia. De facto, o aumento da entropia de um processo em equilíbrio em temperatura é dada por

$$\Delta S = \frac{Q_{rev}}{T} \quad (\text{processo em equilíbrio})$$

Processos em equilíbrio são também chamados processos reversíveis. A discussão de ciclos termodinâmicos dados acima é toda baseada na suposição de equilíbrio. Se o equilíbrio não ocorre, então a eficiência é reduzida mais adiante.

Um exemplo de um processo em não-equilíbrio é a expansão livre de um gás num sistema termodinamicamente isolado. Isto é chamado uma expansão de adiabática como nenhum calor entra ou sai do gás. Neste sistema, as partículas de gás têm a mesma energia cinética antes e depois da expansão. Então, a temperatura é a mesma antes e depois da expansão. Desde que nenhum trabalho seja efectuado, nenhum calor é fornecido, a energia interna não se altera. Porém, a entropia é maior devido ao maior volume. Isto é, um exemplo de um processo no qual  $\Delta S > 0$  é usado como um exemplo simples de um universo em expansão. Claro que o nosso universo é influenciado por um potencial gravitacional que deve ser considerado numa discussão completa/profunda.

### **Tarefa 5.1. Composição em diferentes tipos de máquinas**

Escreva um historial das várias máquinas térmicas desenvolvidas ao longo dos tempos.

### **Tarefa 5.2. Entropia em sistemas vivos**

Discuta a importância de entropia em sistemas vivos (Sistemas altamente organizados).

## **Avaliação formativa 5**

Três máquinas ideais de *Carnot* operam entre (a) 400K e 500K, (b) 500K e 600K, e (c) 400K e 600K.

Classifique-as de acordo com as suas eficiências em ordem decrescente.

Se eles todos extraem a mesma quantidade de energia por ciclo do reservatório de temperatura alta, classifique-os, em ordem decrescente, de acordo com o trabalho efectuado por ciclo pelas máquinas.

Você pode mudar o coeficiente de desempenho de um refrigerador:

- correndo a câmara fria a uma temperatura ligeiramente mais alta;
- correndo a câmara fria a uma mais baixa temperatura;
- movendo a unidade para um quarto ligeiramente mais morno;
- movendo a unidade para um quarto ligeiramente mais fresco.

## **Avaliação Formativa Opcional 3**

### **Ensinando o Conteúdo na Escola Secundária 3**

Uma boa referência de conceitos apresentados neste módulo, está disponível para o ensino superior:

Educação de Saskatchewan. (1992)  
Ciência: Um Guia de Currículo para a Física do Nível Secundário 20/30  
REGINA, SK,;  
Educação de Saskatchewan.  
O url é: <http://www.sasked.gov.sk.ca/docs/physics>

## XV. Avaliação Sumativa

### Perguntas de respostas longas

1. Um copo de água é mexido e depois permitido ficar até a água parar de se mover. O que aconteceu com a energia cinética da água em movimento?
2. Por que pensa que o calor de vaporização para água é tanto maior que o calor de fusão?
3. Um pêndulo de metal está preso a um relógio. O relógio mantém o tempo correcto a 20 °C. Explique a leitura do relógio a 40 °C.
4. Sempre que um sistema é feito e completa um processo cíclico, o trabalho efectuado, durante o ciclo completo, depende do caminho seguido. Explique.
5. A temperatura final obtida, misturando 10g de gelo a 0 °C e de água a 10 °C não estará a meio entre 10 e 0. Explique.

### Perguntas de Escolha múltiplas

1. Há dois termómetros baseados em propriedades termométricas diferentes de dois materiais diferentes. Os dois termómetros mostram leituras idênticas porque:
  - a. cada propriedade muda uniformemente com temperatura;
  - b. a relação entre a propriedade e a temperatura é idêntica nos dois casos;
  - c. a propriedade de um aumenta com a temperatura e a propriedade do outro diminui a uma taxa uniforme;
  - d. os dois termómetros foram calibrados com referência a um padrão comum;
2. O termómetro de gás é levado como o padrão primário porque
  - a. os termómetros são facilmente reproduzíveis;
  - b. podem ser efectuadas leituras com precisão;
  - c. nenhuma correcção é necessária;
  - d. ele reproduz a escala termodinâmica.
3. Num ciclo de *Carnot* o
  - a. trabalho efectuado durante a expansão adiabática é menor que o trabalho efectuado durante a compressão adiabática;
  - b. trabalho efectuado por uma substância, trabalhando durante a expansão adiabática, é maior que o trabalho efectuado durante a compressão adiabática;

- c. trabalho efectuado durante a expansão adiabática é igual ao trabalho efectuado durante compressão adiabática;
  - d. trabalho efectuado durante a expansão adiabática é igual ao calor absorvido da fonte.
4. Qual é a afirmação que está errada sobre um gás ideal?
- a. O número total de moléculas é grande.
  - b. As moléculas estão em movimento caótico.
  - c. As moléculas não exercem nenhuma força apreciável entre elas nem contra as paredes.
  - d. O volume das moléculas é desprezivelmente pequeno, comparado ao volume ocupado pelo gás.
5. O caminho médio livre num gás é
- a. a distância percorrida por uma molécula antes de bater uma parede.
  - b. a distância média percorrida por uma molécula num segundo.
  - c. a raiz da velocidade quadrada média.
  - d. a distância média percorrida por moléculas entre quaisquer duas sucessivas colisões.
6. A energia cinética média molecular a uma temperatura de  $T$  °K é
- a.  $\frac{1}{3}KT$
  - b.  $\frac{3}{2}KT$
  - c.  $\frac{1}{2}KT$
  - d.  $\frac{2}{3}KT$
7. O volume de um gás é mantido constante enquanto a sua temperatura aumenta. A pressão que o gás exerce sobre as paredes do recipiente aumenta porque
- a. cada molécula perde mais energia cinética quando golpeia a parede.
  - b. as massas moleculares aumentam.
  - c. as moléculas entram em contacto com a parede durante um tempo muito curto.
  - d. as moléculas têm elevadas velocidades média e golpeiam a parede com mais frequência.

8. A temperatura para a qual as moléculas de oxigénio terão a mesma raiz da velocidade quadrada média como a das moléculas de hidrogénio a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  é
  - a.  $3040\text{ }^{\circ}\text{C}$
  - b.  $2768\text{ }^{\circ}\text{C}$
  - c.  $2500\text{ }^{\circ}\text{C}$
  - d.  $2495\text{ }^{\circ}\text{C}$
  
9. Se a a raiz da velocidade quadrática média de uma molécula de gás a  $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$  é  $400\text{ m/s}$  a raiz da velocidade quadrática média  $727\text{ }^{\circ}\text{C}$  será
  - a.  $200\text{ m/s}$
  - b.  $800\text{ m/s}$
  - c.  $1600\text{ m/s}$
  - d.  $4000\text{ m/s}$
  
10. Na prática, uma máquina a diesel pode ter maior eficiência operacional porque
  - a. eficiência da máquina de *Otto* diminui depois de uma certa compressão relativa.
  - b. para a mesma relação de compressão  $\eta_d < \eta_o$ .
  - c. a relação de compressão de um motor a diesel pode ser aumentada a um maior valor que para uma máquina de *Otto*.
  - d. a presença da tomada de faísca baixa a eficiência.

## 9.2 Chave de resposta

### Perguntas de resposta longas

1. A energia cinética da água em movimento é dissipada em energia interna, e a água tem uma temperatura mais alta que antes de ser mexida.
2. O calor de vaporização inclui a energia necessária para dismantelar a energia que mantém as moléculas de água ligadas e para os levantar para fora do recipiente com alta energia cinética. O calor de fusão é a energia necessária para desintegrar a energia que mantém as moléculas num único ponto. Portanto, o calor de vaporização é, de longe, mais alto que calor de fusão.
3. O relógio perde tempo/atrasa. Isto porque na expansão com elevação em temperatura, há aumento do tamanho do pêndulo.
4. O trabalho efectuado é igual à área da figura inclusa no diagrama P-V. Então, o trabalho efectuado não pode ser sempre igual a zero, como no caso de forças conservadoras.

5. Ao misturar as duas massas iguais, o mais quente libertará calor e o mais frio receberá alguma quantidade de calor. Mas, neste caso, o calor recebido pela massa mais fria não irá fazer subir a temperatura, como tem que ser gasta em dissolução o gelo. Na realidade, neste caso, toda a água quente arrefece e não fornece energia calorífica suficiente para converter todo o gelo em água.

## Perguntas de Escolha múltipla

1. A
2. D
3. C
4. C
5. D
6. B
7. D
8. D
9. B
10. C



## **XVI. Referências**

Finn, C. B. P (1993). Thermal Physics, Chapman & Hall, London.

Raymond A. Serway (1992). PHYSICS for Scientists & Engineers, Updated Version.

Kleppner & Kolenkw An introduction to machanics.

Douglas D. C. Giancoli Physics for scientist and engineers. Vol 2. Prentice Hall.

Sears, Zemansky and Young, College Physics, 5<sup>th</sup> ed.

Sena L. A. (1988) Collection of Questions and problems in physics, Mir Publishers Moscow.

Nelkon & Parker (1995), Advanced Level Physics, 7<sup>th</sup> ed, CBS Publishers & Distributer, 11, Daryaganji New Dehli (110002) Índia. ISBN 81-239-0400-2.

Godman A, and Payne E. M. F, (1981) Longman Dictionary of Scientific Usage. Second impression, ISBN 0 582 52587 X, Commonweatlth Printing press Ltd, Hong Kong.

Siegel R. and Howell J. R., (1992) Thermal Radiation Heat Transfer, 3<sup>rd</sup> ed.,hemisphere Publishing Corp., Washington, DC.

Kittel C. and Kroemer H., (1980) Thermal Physics 2<sup>th</sup> ed., W. H. Freeman and Co., San Francisco, CA.

Zemansky M. W. and Dittman R. H., (1981), Fundamentals of Physics, 5<sup>th</sup> ed., John Wiley and Sons.

## **XII. Autor principal do Módulo**

### **Sobre o autor deste módulo:**

Dr. Tilahun Tesfaye

Departamento de Física, Universidade de Addis Ababa, Etiópia, África Oriental. P.O.Box 80359 (pessoal), 1176 (Institucional)

E-mail: dttilahun@yahoo.com; ttesfaye@phys.aau.edu.et

Tel: +251-91-1418364

Tel: +251-11-1223931

### **Biografia do autor - Breif**

O autor é o actualmente presidente do Departamento de Física na Universidade de Addis Ababa. Ele é autor de livros escolares que estão em uso por toda a parte nas Escolas etíopes. A sua experiência de ensino da Física estende-se da escola secundária júnior até aos cursos de pós-graduação ao nível universitário. Ele também trabalhou como perito no desenvolvimento de *curriculum* e como chefe da equipa de desenvolvimento de materiais educacionais na Agência de Educação de Addis Ababa.

Você é sempre bem-vindo a comunicar-se com o autor relativamente a qualquer pergunta, opinião, sugestões, etc. sobre este módulo.