

Física Termodinâmica

**Exp<sup>®</sup> F.05**

# Leis da Termodinâmica



Estudo experimental  
qualitativo e quantitativo  
com o mini-refrigerador  
Peltier que refrigera  
líquidos e sólidos.



**FRACTAL**

[www.fractal.ind.br](http://www.fractal.ind.br)



**FRACTAL**

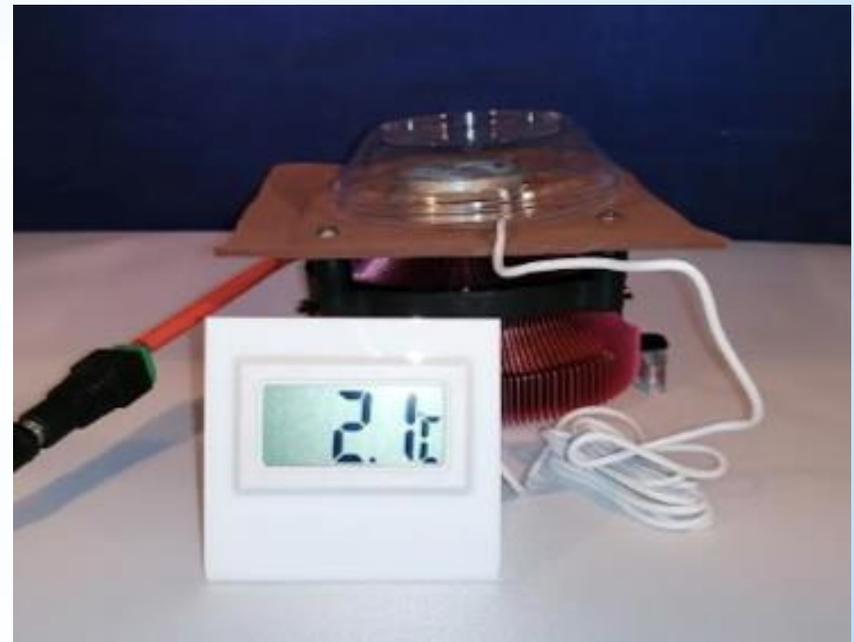
[www.fractal.ind.br](http://www.fractal.ind.br)

[contato@fractal.ind.br](mailto:contato@fractal.ind.br)

Whatsapp 84 99413-0079

## EXP F.05

# Leis da Termodinâmica



## Sobre as Leis da Termodinâmica

- Nesse ExP (Experimento Portátil) observa-se os fenômenos básicos da termodinâmica, isto é, estudo sobre calor e temperatura em objetos da natureza. Tradicionalmente este estudo é feito com fonte de calor que aumentam a temperatura dos corpos, aqui usa-se uma fonte fria, uma placa chamada de placa peltier. Esta é formada por cubículos de materiais semicondutores, alimentando por uma fonte de voltagem contínua e um dissipador com ventoinha. Com esta placa peltier, termômetro (digital e álcool), investiga-se experimentos sobre as leis da termodinâmica do ponto de vista prático neste mini-refrigerador. Examina-se o congelamento de gotículas de água, de um disco de alumínio e um pequeno copo com água. Pode-se ainda fazer análise gráfica de curvas de congelamento destes materiais. É um ótimo dispositivo para aguçar para realização de outros tipo de mini-refrigeradores.

## Material

- Caixa em madeira (C 22 cm, L 17 cm e A 7 cm).
- Conjunto placa peltier.
  - Placa Peltier.
  - Dissipador.
  - Ventoinha.
  - Fonte AC/DC.  
110/220 V<sub>AC</sub> para 12 V<sub>DC</sub>.
- Medidor digital de temperatura.
- Termômetro de álcool-vidro.
- Disco de alumínio.
- Pisseta 3 ml.
- Copo de alumínio.
- Vaso plástico com tampa.

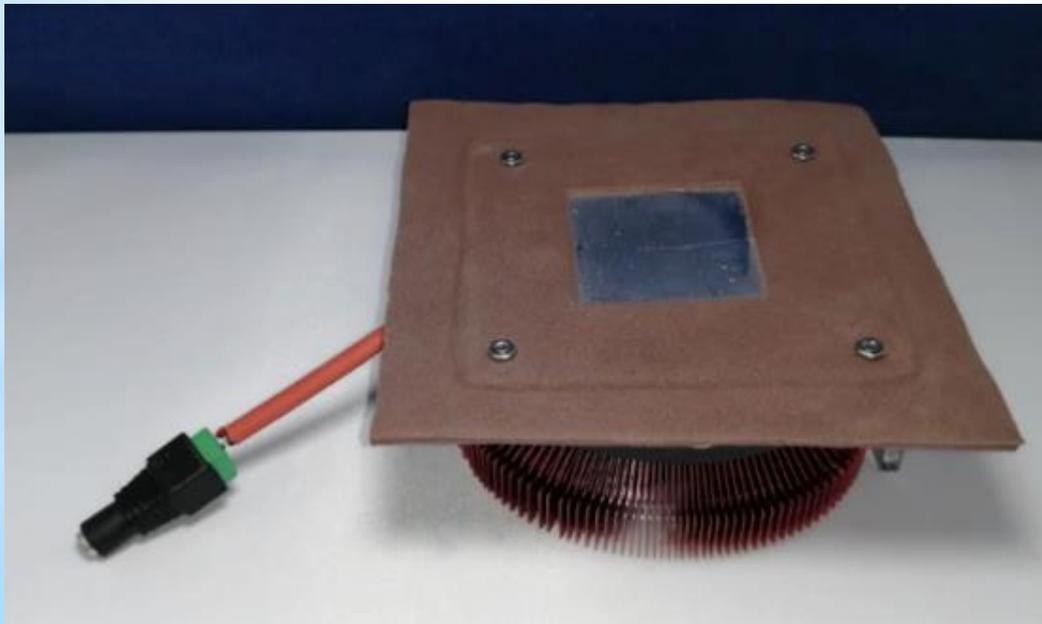


Exp e seus materiais.

# Uso da placa Peltier

## Procedimento.

- Posicione o conjunto placa Peltier em cima de uma mesa com a ventoinha para baixo e a superfície de alumínio para cima.
- Ligue a fonte AC/DC na tomada elétrica e conecte a placa pelo conector.
- A ventoinha iniciará o movimento e aguarde 3 minutos para tocar na superfície de alumínio da parte superior. Este é um tempo necessário para o sistema se refrigerar.



# Esfriamento do Disco de Alumínio.

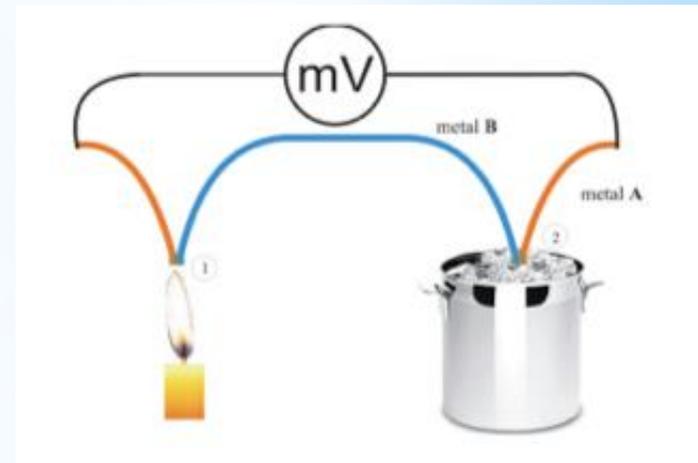
## Procedimento.

- Separe o disco de alumínio e medidor de temperatura digital.
- Coloque o sensor de temperatura (parte prateada do final do fio do medidor de temperatura), no furo do disco de alumínio.
- Coloque o disco com o sensor em cima da parte de alumínio do conjunto placa peltier. Por cima, coloque a tampa do vaso plástico para evitar corrente de ar. Veja na foto ao lado.
- Observe a diminuição na temperatura mostrada no medidor digital.
- Faça uma tabela, temperatura X tempo. Depois construa um gráfico.
- Dependendo da temperatura ambiente pode-se registrar até temperaturas negativas neste disco de alumínio.



# Explicação. Como funciona a placa Peltier.

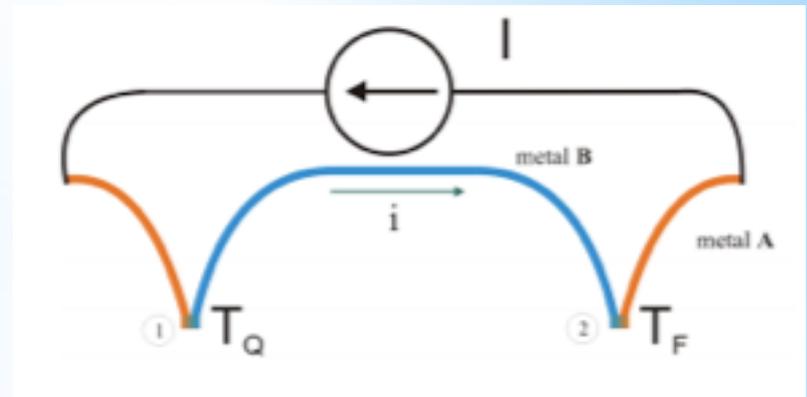
- O primeiro fenômeno observado sobre termo-eletricidade foi descoberto quando Thomas Seebeck em 1821 uniu dois fios de metais diferentes (fios de ferro e cobre por exemplo) colocou as duas junções em fontes fria e quente, nos outros dois terminais foi gerado um potencial elétrico, conforme desenho ao lado. Este é o efeito Seebeck, geração de energia elétrica por energia térmica. Muitos dos sensores de temperatura hoje usa este efeito, isto é, junções de materiais diferentes para gerar energia elétrica.



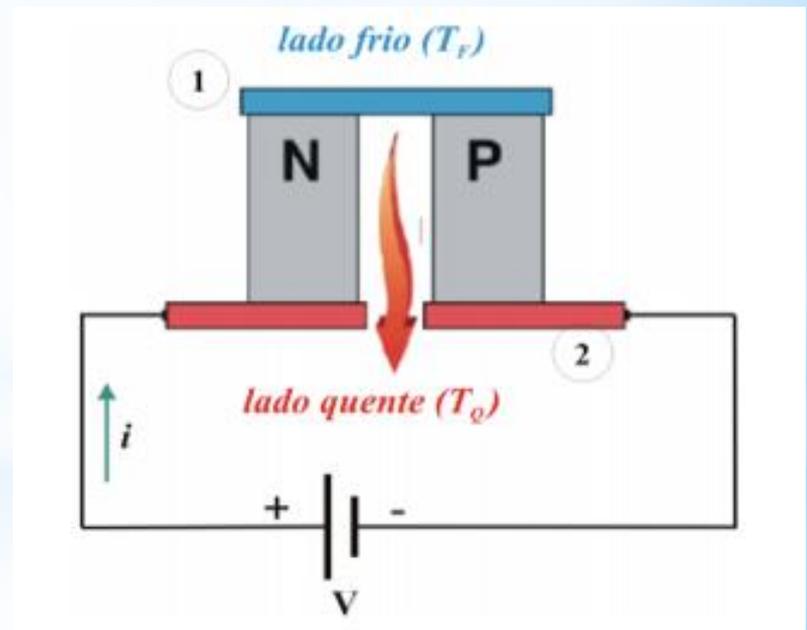
- **Efeito Peltier.** Outro efeito termo-elétrico foi descoberto em 1834 por Jean Peltier, agora é energia elétrica gerando energia térmica, ou seja, diferença de temperatura.

- Figura de metais unidos eletricamente com junções fontes fria e quente.

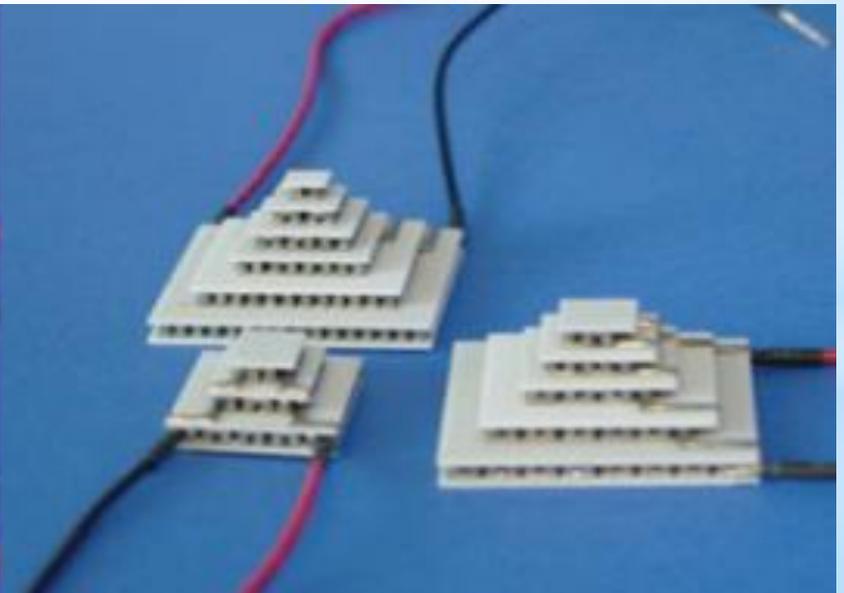
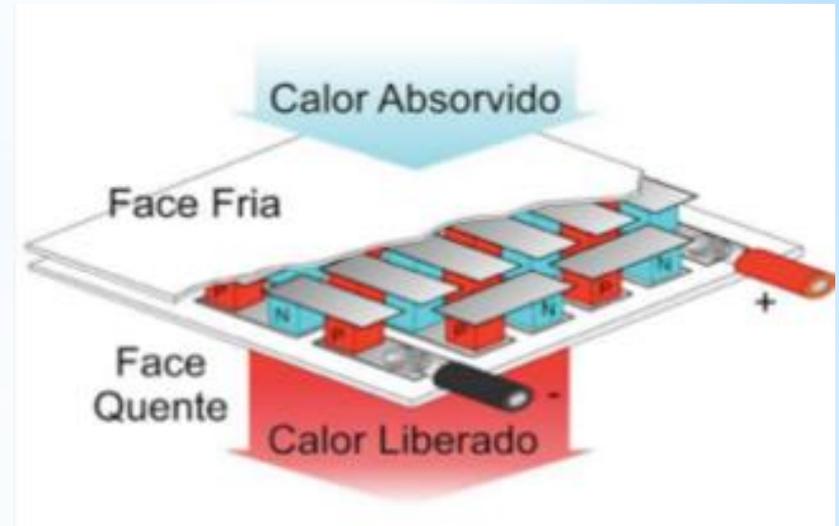
- Na figura ao lado, temos uma fonte de corrente elétrica  $I$  que foi conectada a duas junções de metais. Observa-se duas temperaturas, uma fria e outra quente nas junções. Este é o efeito Peltier.



- Com o surgimento dos materiais semicondutores, tipo N e P, este efeito ficou mais intenso, devido estes serem péssimos condutores de calor, assim há um maior isolamento térmico entre as junções quente e fria. Na figura ao lado, a fonte fria esta na parte superior, os dois semicondutores (tipo N e P) conectados a fonte de voltagem  $V$ , na parte superior é o lado frio e na parte inferior é o lado quente.



- Atualmente as ditas placas peltier são formadas por até centenas de cubículos tipo N e P.

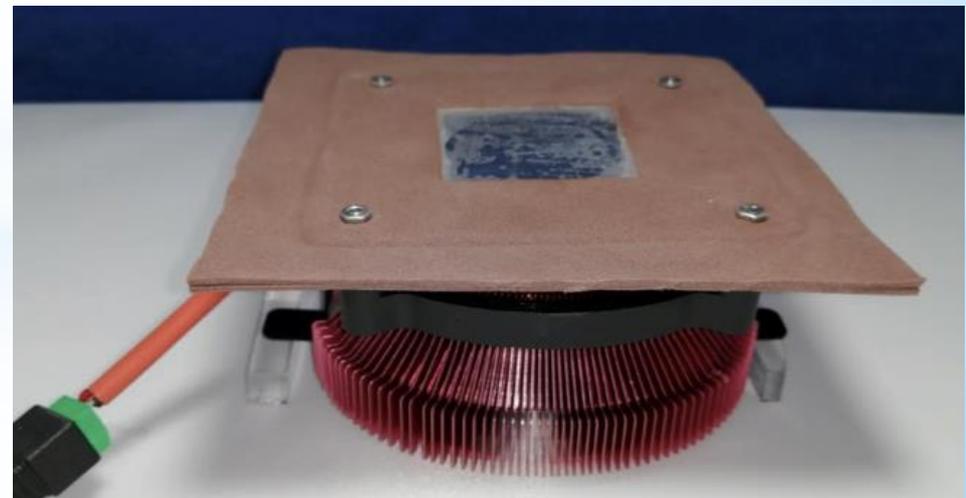


- Fotografia de módulos-placas peltier comerciais,

- Para aumentar a diferença de temperatura entre as partes usa-se um dissipador de alumínio e um pequeno ventilador, isto aumenta a exaustão do ar quente do conjunto.



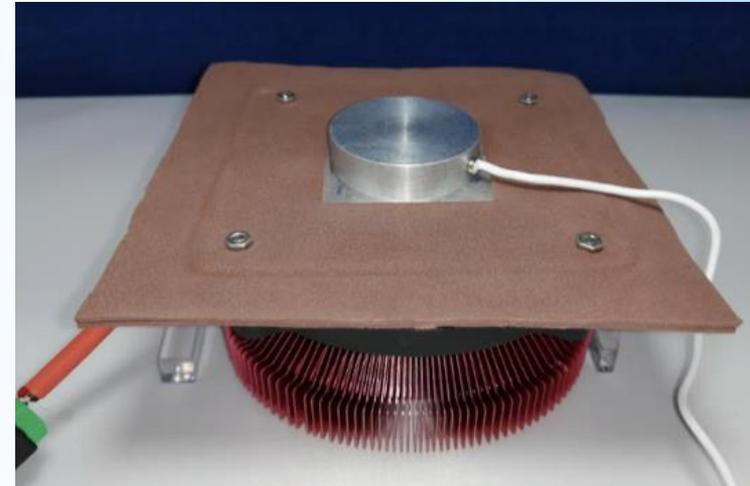
- Para o nosso CONJUNTO PLACA PELTIER, uma placa de alumínio foi colocada na parte superior e isolada com material EVA.



# Equilíbrio Térmico

## Procedimento.

- Vamos retornar e repetir o experimento do esfriamento do Disco de Alumínio.
- Separe o disco de alumínio e medidor de temperatura digital.
- Coloque o sensor de temperatura (parte prateada do final do fio do medidor de temperatura), no furo do disco de alumínio.
- Coloque o disco com o sensor em cima da parte de alumínio do conjunto placa Peltier. Por cima, coloque a tampa do vaso plástico para evitar corrente de ar. Veja na foto ao lado.
- Observe a diminuição na temperatura mostrada no medidor digital.
- Qual é a temperatura na placa peltier, interna neste dispositivo ? Qual é a temperatura no disco de Alumínio ? Qual é a temperatura no sensor deste medidor de temperatura ?



# Equilíbrio Térmico

- Depois de quanto tempo a temperatura ficou estabilizada neste sistema, placa peltier, disco de Alumínio e sensor de temperatura ?
- As temperaturas destes 03 componentes são realmente iguais ?
- A resposta é sim. Esta é a chamada “**Lei Zero da Termodinâmica**”.
- Em outras palavras consideremos que quando o disco está em equilíbrio térmico com o termômetro, ele indica a temperatura  $T_A$  e quando a placa Peltier está em equilíbrio térmico com o mesmo termômetro, ele indica a temperatura  $T_B$ . Então, se  $T_A = T_B$ , os disco e a placa peltier estão em equilíbrio térmico um com o outro.
- Em termos experimentais para saber se dois sistemas possuem a mesma temperatura, basta verificar se ambos estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo, chamado termômetro, esta é a importância de haver termômetro, não é necessário colocar os dois sistema para atingirem o equilíbrio térmico.

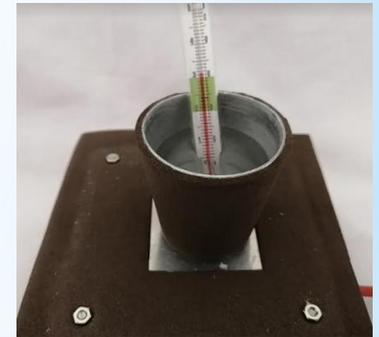
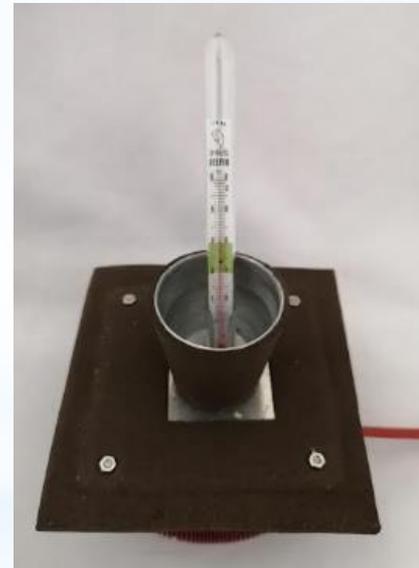
# Energia Térmica e Trabalho

**Primeiramente é necessário fazer as definições de Calor e Trabalho fisicamente.**

- \* Calor é o processo de transferência de energia causado por uma diferença de temperatura.
- \* Trabalho é o processo mecânico de transferência de energia.

## Procedimento.

- Ligue a placa peltier na tomada elétrica. Coloque o copo de Alumínio com metade de água. Introduza o sensor do termômetro dentro da água. Aguarde uns 10 minutos para a temperatura estabilizar.
- Coloque o termômetro de álcool-vidro dentro da água.
- Observe o movimento da coluna vermelha sobre a escala deste termômetro.
- Retire o termômetro de dentro água e observe novamente o movimento da coluna vermelha.



# Energia Térmica e Trabalho

- O que faz a coluna se movimentar para baixo ?
- O que faz a coluna se movimentar para cima ?
- Neste experimento quem é a fonte de calor, quem provoca a mudança de temperature?
- Neste experimento quem é que realiza trabalho mecânico, isto é, quem ou que provocou o movimento da coluna ?
  
- O cientista James Joule, respondeu a estas perguntas por volta de 1840. Ele observou que há uma constante troca de energia, de calor para trabalho e vice-versa e estabeleceu uma equação matemática para as energias de um sistema termodinâmico, uma equação simples, que é:

$$\Delta U = Q - W$$

Lendo a equação, a variação da energia interna  $\Delta U$  é igual a energia térmica  $Q$  menos a energia mecânica (trabalho)  $W$ .

- Esta equação hoje é também conhecida pela “**Primeira Lei da Termodinâmica**”.

# Energia Térmica e Trabalho

- Esta lei é a aplicação do princípio de conservação da energia em sistemas termodinâmicos.
- A quantidade representada por  $Q$  é quantidade de energia transferida da vizinhança para o sistema por calor. A quantidade representada por  $W$  é a quantidade de energia transferida do sistema para a vizinhança por trabalho. Desta forma temos:
  - \*  $W > 0$ : o sistema se expande e perde energia para a vizinhança.
  - \*  $W < 0$ : o sistema se contrai e recebe energia da vizinhança.
  - \*  $Q > 0$ : a energia por calor passa da vizinhança para o sistema.
  - \*  $Q < 0$ : a energia por calor passa do sistema para a vizinhança.

# Calor e Trabalho – Processo Cíclico

- Volte a observar o experimento de aquecimento e esfriamento, o movimento da coluna no termômetro álcool-vidro.
- Para o aquecimento não necessitamos ligar a placa Peltier, contudo para o esfriamento foi necessário ligar a placa Peltier. Isto também aconteceu com o disco de alumínio, que espontaneamente aqueceu até a temperatura ambiente.
- Qual a razão deste comportamento? Isto é, o calor, a energia térmica, flui do corpo de temperatura maior para o outro de temperatura menor. O contrário não se observa. Você consegue imaginar uma explicação ou propor algum novo experimento para testar sua ideia?
- Observamos que é possível a passagem espontânea de energia por calor apenas de um corpo de temperatura maior para outro de temperatura menor. Esta é a chamada “**Segunda lei da Termodinâmica**”.

# Calor e Trabalho – Processo Cíclico

- Esta Segunda Lei da Termodinâmica possui vários outros enunciados:

“É impossível construir um dispositivo que opere, segundo um ciclo, e que não produza outros efeitos, além da transferência de calor de um corpo frio para um corpo quente”.

“É impossível a construção de um dispositivo que, por si só, isto é, sem intervenção do meio exterior, consiga transferir calor de um corpo para outro de temperatura mais elevada”.

*Enunciado de Clausius.*

*“Para que uma máquina térmica realize trabalho são necessárias duas fontes térmicas de diferentes temperaturas”.*

*Enunciado de Carnot.*

- Destes enunciados, conclui-se a impossibilidade do "refrigerador ideal" ou do "motor ideal".

*É impossível construir um dispositivo que opere num ciclo termodinâmico e que não produza outros efeitos além do levantamento de um peso e troca de calor com um único reservatório térmico.*

# Temperatura – Zero Absoluto

- Desde muito tempo que os cientistas fazem experimentos para alcançar temperaturas cada vez menor, o chamado Zero Absoluto. No início do século passado a menor temperatura registrada foi a temperatura de liquefação do elemento químico Hélio, em 4,2 kelvin por processos de troca de calor em máquinas térmicas.
- Mais recentemente, com métodos modernos de esfriamento dos átomos por lasers, temperaturas de centenas de nanokelvin foram obtidas, mais especificamente, na realização do que alguns físicos chamam do quinto estado da matéria, o condensado de Bose-Einstein. Estado da matéria onde todos os átomos estão no mesmo nível de energia, um estado puramente quântico nesta temperatura nanokelvin.
- Nesta temperatura, é definida a chamada “**Terceira Lei da Termodinâmica**”, em termos de uma nova grandeza física, chamada de entropia, quando um sistema se aproxima da temperatura do zero absoluto, cessam todos os processos, e a entropia assume um valor mínimo.
- Essa lei surgiu no início do século passado, Max Planck e Walther Nernst, estabeleceram princípios físicos para o enunciado desta terceira lei, nitidamente apoiado nos resultados experimentais da primeira e segunda lei da termodinâmica.

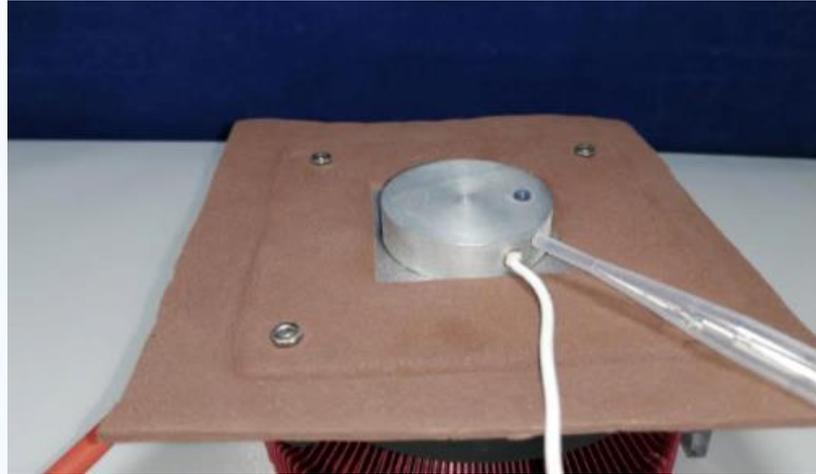
# Mais atividades práticas

## Resfriamento de líquidos.

- No copo de alumínio adicione o líquido que deseja esfriar. Nas fotos que se segue água foi o líquido colocado no copo.
  - Depois de ligar o conjunto placa peltier, coloque o copo com o líquido na superfície de alumínio, sobre este coloque a parte maior do vaso plástico para evitar correntes de ar.
- 
- Coloque o sensor de temperatura dentro do copo e ajuste um cronômetro (do seu celular, por exemplo). Meça de tempos em tempos a temperatura que irá decrescer gradativamente e faça uma tabela. Posteriormente faça um gráfico da Temperatura X Tempo.
  - Troque o líquido (por exemplo para, álcool, água salgada, água com cloro, detergente e/ou refrigerantes) e refaça os passos anteriores.
  - Compare e analise os gráficos obtidos.

# Mais atividades práticas

## Resfriamento de uma gotícula de água.



- Separe no copo de alumínio um pouco de água comum.
- Com a pisseta transfira uma gotícula de água para o disco de alumínio sobre a superfície do conjunto placa peltier já refrigerado.
- Observe em seguida, depois de minutos esta gotícula irá se solidificar, se tornará gelo. Para isto ocorrer é necessário que o ambiente esteja em temperatura menor do que 20 °C.
- Você pode inclusive colocar algumas gotículas e observa o congelamento de várias delas ao mesmo tempo.