

F609 Tópicos de Ensino em Física I  
**Coordenador:** Prof. Dr. José Joaquin Lunazzi

**Título:**

Diminuição de temperatura a partir de expansão de gás comprimido.



**Aluno:** Ricardo Yaguti  
RA: 094406  
e-mail: [ricardo3bozo x gmail.com](mailto:ricardo3bozo@gmail.com)

**Orientador:** Johnson Ordoñez  
e-mail: [ordonnez x gmail.com](mailto:ordonnez@gmail.com)

07/12/2011

## 1) RESUMO

Esse relatório quer demonstrar experimentalmente um fenômeno da termodinâmica que pode ser muito útil ao ser humano. Com base em conhecimentos sobre as três leis da termodinâmica, foi possível deduzir teoricamente, que um gás ideal diminui sua temperatura proporcionalmente a sua queda de pressão, portanto, dotando desses estudos, o projeto de resume em resfriar algum fluido a partir da expansão de um gás sob pressão de temperatura inicial ambiente, para que seja notada a queda da mesma. Uma vantagem de realizar esse experimento da forma a ser apresentada, é que o sistema não realiza trabalho.

## 2) RESULTADOS ATINGIDOS E O QUE FALTA FAZER

A idéia principal do projeto seria um tubo de inox fabricado sob medida a ter aproximadamente uns 700mL de volume, ligado a válvula e a serpentina, porém, consultando especialistas em criogenia e pessoas que trabalham com pressurização, obtivemos uma nova idéia, mais fácil e que ainda seguem mais o proposto pelo curso, sobre os materiais a serem utilizados. Substituímos o tubo de inox por uma panela de pressão. Essa mudança nos proporcionou muito ganho de tempo e menos mão-de-obra, já que com a criação do tubo, deveríamos arrumar o material necessário com as medidas adequadas, soldá-lo, vedá-lo e realizar um teste chamado “Teste Hidrostático”, a fim de saber qual a pressão limite que o tubo poderia suportar. Esse teste e feito com água, já que o líquido pode ser considerado incompressível e a suposta explosão do sistema não teria grandes conseqüências.

Com a mudança do material para a panela de pressão, tivemos um custo insignificante para obter o sistema, pois ela já não era útil para o cozimento de alimentos. Além de que, a pressão no interior dela já é regulada a prevenção de acidentes, ou seja, o peso do corpo na única saída da panela, já esta configurado para não exceder a pressão máxima que ela pode suportar, portanto, a válvula da tampa, já servirá a nós, como válvula de alívio.

Em conversas com o orientador Johnson Ordoñez e o responsável pela busca e fabricação dos materiais Eduardo Valério da Criogenia, tivemos problemas nas diferenças entres os materiais, já que não poderíamos soldar a válvula que é aço inox direto na panela de alumínio. Tivemos que fabricar duas peças de alumínio que serão soldadas diretos na panela para podermos conectar a válvula e o manômetro.

Logo após a fabricação das peças, as soldamos na panela, ligando um manômetro e a válvula com a serpentina de cobre. Com todo o material montado, fomos fazer as experiências. Não foi possível utilizar gelo seco, pois no momento só tínhamos nitrogênio líquido em mãos.

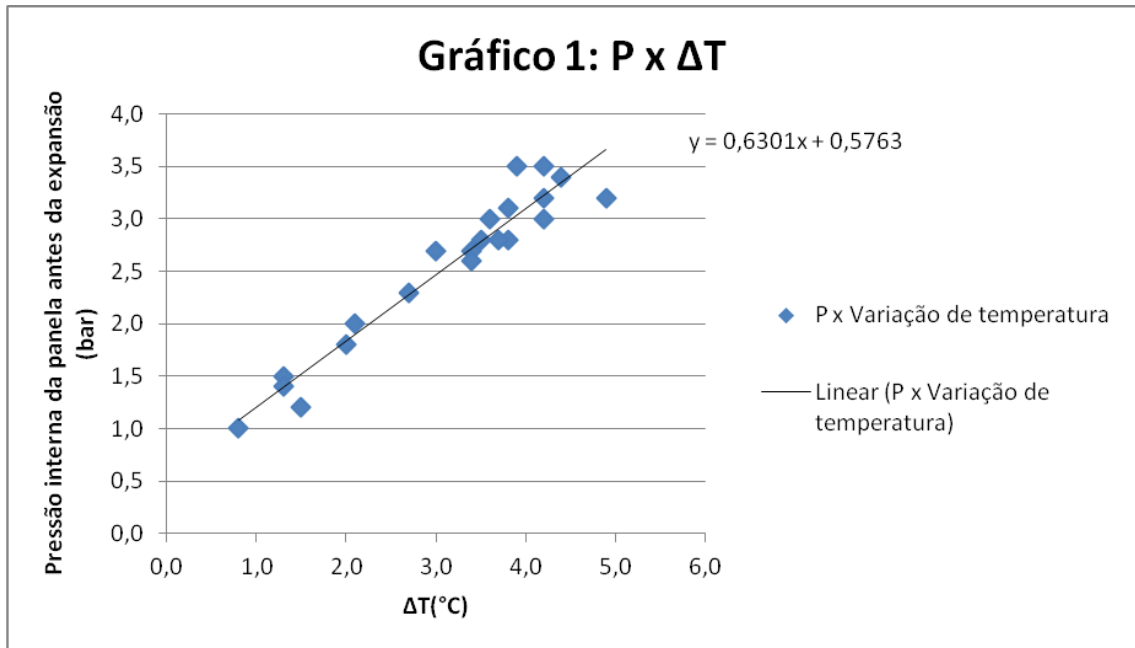
A utilização do nitrogênio líquido não saiu como o planejado, pois o tempo para que a temperatura da panela voltasse a temperatura ambiente seria muito grande, pois ela ficou totalmente congelada. A solução foi inserir outra válvula para comprimir gás direto na panela.

O gás utilizado foi gás nitrogênio, introduzido com auxílio de um compressor de ar. Outro problema que enfrentamos foi a não diminuição significativa da temperatura na serpentina, mas sim na própria válvula de escape, portanto, desconsideramos o calor trocado no cobre e fixamos um termômetro digital na

válvula verificando as diferentes temperaturas, da tabela 1, plotamos o gráfico 1 de Pressão interna da panela antes da expansão x Variação de Temperatura e concluímos outra informação já prevista, a maior variação da temperatura está diretamente ligada a quantidade de gás comprimido, portanto, é possível estender a linha de tendência do gráfico e prever quanta pressão precisaríamos para obtermos uma queda bem significativa da temperatura.

Outro cuidado que tivemos foi não exagerar na quantidade de gás por motivos de segurança, já que não sabíamos quanta pressão a panela agüenta, e ela poderia explodir caso superássemos esse limite. O objeto localizado acima da tampa, que regula a pressão interna já era acionado com apenas 1 bar de pressão e a válvula de segurança (objeto vermelho localizado na tampa da panela) foi acionado quando a pressão atingiu os 2 bar.

Tabela1: Expansão do gás nitrogênio			
p(bar)	Ti (°C)	Tf (°C)	$\Delta T(^{\circ}C)$
3,4	32,2	27,8	4,4
3,5	31,1	26,9	4,2
3,5	30,2	26,3	3,9
3,1	31,2	27,4	3,8
3,0	31,8	28,2	3,6
3,2	32,0	27,8	4,2
3,2	32,4	27,5	4,9
3,0	31,9	27,7	4,2
2,8	31,4	27,6	3,8
2,8	31,3	27,8	3,5
2,8	31,4	27,7	3,7
2,7	31,1	27,7	3,4
2,7	31,0	28,0	3,0
2,6	31,4	28,0	3,4
2,3	31,0	28,3	2,7
2,0	31,0	28,9	2,1
1,8	31,1	29,1	2,0
1,5	31,2	29,9	1,3
1,4	31,3	30,0	1,3
1,2	32,1	30,6	1,5
1,0	31,4	30,6	0,8



Outra experiência que foi possível realizar, foi a repetição dessas expansões partindo sempre da mesma pressão inicial igual a 3,6 bar, porém, partindo sempre da temperatura final da última expansão, ou seja, um processo semelhante ao de um refrigerador que é uma máquina térmica, onde a troca de calor se dá do sistema mais frio, (válvula de expansão) para o sistema mais quente (interior da panela), não violando a Segunda Lei da Termodinâmica pelo fato de aplicarmos trabalho para comprimir o gás na panela. Realizando diversas vezes esta técnica obtivemos os seguintes resultados:

Pressão utilizada = 3,6 bar				
Expansões	Ti (°C)	Tf (°C)	ΔT (°C)	ΔTtotal (°C)
1	28,8	26,6	2,2	<b>8,5</b>
2	26,6	25,3	1,3	
3	25,4	23,9	1,5	
4	23,9	22,7	1,2	
5	22,7	22,0	0,7	
6	22,0	21,2	0,8	
7	21,2	20,7	0,5	
8	20,7	20,4	0,3	

Depois da oitava expansão, a temperatura já não diminuía, isso se deve pelo fato da queda da temperatura na expansão não superar mais a temperatura do gás que entra na panela. Sendo que 8,5°C, de certa forma, é uma grande queda de temperatura.

A partir dos dados que obtemos, foi possível constatar que a prática obedece a teoria, já que com a diminuição da pressão, foi notável a diminuição da temperatura, sabendo que o sistema não é ideal, os resultados experimentais podem ter valores discrepantes em relação a um estudo teórico do fenômeno.

**3) FOTOS DA EXPERIÊNCIA NO ESTÁGIO EM QUE SE ENCONTRA.**



Imagem 1: Panela de pressão de alumínio



Imagem 2: Peça de inox



Imagem 3: Válvula Joule-Thomson



Imagem 4: Manômetro



Imagem 5: Material montado durante a experiência.

Na imagem 5 podemos ver todo o funcionamento do experimento. Na tampa é ligado o compressor de ar e na válvula antes da serpentina é conectado um termômetro digital, durante a compressão, foi necessário segurar o peso que mantém a pressão regulada para que conseguíssemos a pressão desejada.

O material já foi todo montado e adaptado as condições de uso que teríamos mais resultados positivos e satisfatórios.

#### 4) DIFICULTADES ENCONTRADAS

Não foi possível utilizar nem a sublimação do gelo seco e nem a evaporação do nitrogênio líquido, já que em ambos os casos, a temperatura da panela ficaria muito baixa e seu tempo de equilíbrio com a temperatura ambiente seria muito grande. A saída foi comprimir o gás nitrogênio com o auxílio de um compressor de ar através de outra válvula inserida no lugar da válvula de segurança da própria panela. Um problema é que só é possível realizar a experiência com o auxílio dessa bomba, ou seja, a apresentação do fenômeno principal do projeto fica limitado e depende desse equipamento onde só pode ser encontrado na criogenia.

#### 5) PESQUISA REALIZADA, PALAVRAS-CHAVE QUE FORAM USADAS

Palavras-chave: termodinâmica, leis da termodinâmica, dióxido de carbono, gás perfeito, temperatura crítica, condutividade térmica, gás freon, latinha inteligentes, sistema internacional de unidades, Lei Gay-Lussac, energia interna, trabalho de um gás, gás nitrogênio, nitrogênio líquido.

[1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Critical\\_temperature](http://en.wikipedia.org/wiki/Critical_temperature)

Descrição do que é ponto crítico, um estado onde especifica as condições (temperatura, pressão e composição às vezes) em que uma fase limite de um gás deixa de existir.

[2] [http://pt.wikipedia.org/wiki/Equa%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Van\\_der\\_Waals](http://pt.wikipedia.org/wiki/Equa%C3%A7%C3%A3o_de_Van_der_Waals)

Nem todos os gases respeitam a equação de estado  $PV=nRT$ , aqui mostra-se alguns outros gases classificados como gás de Van Der Waals, que possuem outras características.

[3] [http://pt.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido\\_de\\_carbono](http://pt.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_carbono)

Detalhamento, apresentação e aplicações do Dióxido de Carbono, substância que seria utilizada na experiência.

[4] [http://pt.wikipedia.org/wiki/Press%C3%A3o\\_atmosf%C3%A9rica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Press%C3%A3o_atmosf%C3%A9rica)

Definição de pressão atmosférica, tais como suas diversas unidades de medidas e conversões entre elas.

[5] <http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n6/20.pdf>

Artigo publicado em 2010, onde estuda mais a fundo um gás de Van der Waals, como sua equação de estado e apresenta um gráfico da pressão (atm) versus volume molar (L/mol) de onde é possível tirar alguns dados que poderiam ser úteis para prever a quantidade de dióxido de carbono a ser necessário se essa substância fosse a utilizada.

[6] [http://pt.wikipedia.org/wiki/Termodin%C3%A2mica#Leis\\_da\\_Termodin.C3.A2mica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Termodin%C3%A2mica#Leis_da_Termodin.C3.A2mica)

Definição de Termodinâmica, assim como a apresentação de suas três leis.

[7] [http://pt.wikipedia.org/wiki/Condutividade\\_t%C3%A9rmica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Condutividade_t%C3%A9rmica)

Definição de condutividade térmica e apresentação dos materiais com suas respectivas condutividades.

[8] <http://www.alunosonline.com.br/quimica/gas-freon.html>

Algumas definições e aplicações do gás freon, gás utilizado para a refrigeração de refrigeradores.

[9] <http://quimicanet.wordpress.com/2010/09/28/como-funcionam-as-latinhas-que-resfriam-em-apenas-segundos/>

A idéia base para realização desse relatório, mostra uma utilização prática desse fenômeno físico para baixar a temperaturas de latinhas que são comercializadas.

[10] <http://curiofisica.com.br/ciencia/fisica/latinhas-inteligentes>

Mais uma reportagem sobre as latinhas que resfriam apenas com a expansão de gás comprimido.

[11] [http://pt.wikipedia.org/wiki/Lei\\_de\\_Gay-Lussac](http://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_de_Gay-Lussac)

Lei derivada das Leis da Termodinâmica que aplica-se teoricamente no experimento realizado, onde a expansão é isocórica, a queda de pressão é proporcional a queda de temperatura..

[12] <http://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/transformacao-isocorica-ou-isovolumetrica.htm>

Explicações sobre transformações isocóricas, tais como suas aplicações.

[13] [http://pt.wikipedia.org/wiki/Primeira\\_lei\\_da\\_termodin%C3%A2mica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Primeira_lei_da_termodin%C3%A2mica)

Enunciado da Primeira Lei da Termodinâmica.

[14] <http://www.geocities.ws/saladefisica8/termodinamica/trabalho.html>

Conceito básico de Trabalho de um gás.

[15] <http://www.if.ufrgs.br/~leila/refri.htm>

Explicação sobre o funcionamento de um refrigerador e o motor térmico envolvido e análises sobre as disposições dos materiais envolvidos.



## 6) Descrição do trabalho

### TEORIA

#### a) Nível básico

O ocorrido no experimento é uma transformação termodinâmica, chamada transformação isocórica, ou seja, uma transformação a volume constante, pois a panela não varia seu volume durante a liberação do gás, com isso, existe uma relação entre pressão e temperatura, que em um sistema ideal mostra que diminuição da pressão interna, terá a mesma proporção na diminuição da temperatura. Essa diminuição da pressão é justamente a expansão do gás interno da panela.

#### b) Nível de Ensino Médio

Em nível de segundo grau, podem-se introduzir conceitos físicos muito relevantes para o entendimento teórico do experimento, a grosso modo, quem explica matematicamente o fenômeno ocorrido na experiência, é a Lei de Gay Lussac em anexo 11 e 12. Lembrando que isso vale para gases perfeitos, e o gás utilizado na panela é um gás real, portanto, o fenômeno ocorre, mas com grandes erros se for calculado e comparado a teoria com a prática.

## ANEXO 11

### Lei de Gay-Lussac

---

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

Dentro do âmbito da [Química](#) e da [Física](#) a **Lei de Gay-Lussac** é uma lei dos [gases perfeitos](#) que estabelece que sob um [volume](#) e [quantidade de gás](#) constantes, a pressão é [directamente proporcional](#) à [temperatura](#).

$$\frac{P}{T} = k_{PT} \quad \therefore \quad P \propto T$$

onde:

$P$  é a [pressão](#) do gas.

$T$  é a [temperatura termodinâmica](#).

$k_{PT}$  é uma [constante](#).

Portanto para comparar a mesma substância em estados diferentes (estando de acordo com as condições acima) afirma-se que:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \text{ou} \quad P_1 T_2 = P_2 T_1$$

## ANEXO 12

Transformação isocórica ou

isovolumétrica



Charles e Gay-Lussac foram dois cientistas franceses que estudaram as transformações isocóricas, criando a Lei que leva seus nomes

Uma **transformação isocórica**, também denominada **transformação isovolumétrica**, ou ainda **isométrica**, ocorre quando se mantém o **volume constante** e se variam a temperatura e a pressão de um gás com massa fixa.

O termo isocórica vem do grego: iso significa igual, e *coros* é volume; isto é, volume igualou volume constante.

Dois cientistas franceses, Jacques Alexandre César Charles e Joseph Louis Gay-Lussac, estudaram como diversos gases se comportam quando a pressão e a temperatura variam. Ambos chegaram à mesma conclusão, assim, criou-se a seguinte lei:

**Lei de Charles ou Lei de Charles e Gay-Lussac**: para uma massa fixa de gás, mantida à volume constante, a pressão exercida pelo gás é **diretamente proporcional** à temperatura absoluta.

Isso quer dizer que se aumentarmos a temperatura, a pressão dentro do recipiente que contém o gás irá aumentar e vice-versa. Isso ocorre porque a pressão é resultado das colisões das partículas do gás com as paredes do recipiente, assim, quanto mais colisões, maior será a pressão. Se a temperatura aumentar, a energia cinética das partículas também aumentará e elas se movimentarão com maior velocidade, aumentando a pressão.

Isso pode ser visto nos pneus de carros, motos e caminhões. Com um aumento de sua temperatura, a pressão dentro dos pneus aumenta. Por isso é

necessário calibrar constantemente os pneus, ou seja, regular os níveis da pressão provocada pelos gases que os enchem. Isso garante seu melhor desempenho e também a segurança dos passageiros.

Em uma corrida, a volta de apresentação dos carros não acontece somente para mostrar os competidores e as suas “máquinas”, mas para aquecer os pneus, assim as moléculas dos gases atingem uma temperatura certa para dar a pressão ideal para a corrida.



A volta de apresentação serve para aquecer os pneus dos carros e, assim, atingir a pressão ideal para seu melhor desempenho.

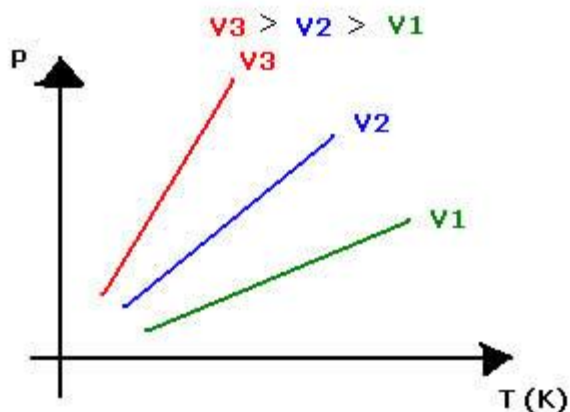
Matematicamente, a Lei de Charles e Gay-Lussac é expressa por:

$$\frac{P}{T} = k$$

Logo, conclui-se que:

$$\frac{P_1}{T_1} = k, \frac{P_2}{T_2} = k \rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Seu gráfico é uma reta. No caso abaixo temos a comparação de três transformações isocóricas, sendo que cada uma foi com um volume diferente:



### c) Nível Superior

Em nível superior, podem-se abordar questões sobre a energia do sistema que é apresentada pela primeira lei da Termodinâmica. Ou seja, a variação da energia interna do gás é diferença entre a quantidade de calor trocado e o trabalho realizado pelo sistema. Porém, segundo o anexo 13, sobre o trabalho de um gás, mostra a dependência dessa grandeza perante a variação do volume, ou seja, a panela não varia seu volume durante o processo, portanto, o trabalho realizado é igual a zero, fazendo com que a variação da energia interna do sistema, seja igual à quantidade de calor trocada.

## ANEXO 13

### Primeira lei da termodinâmica

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

A **primeira lei da termodinâmica** é a [lei de conservação da energia](#). Nela observamos a equivalência entre [trabalho](#) e [calor](#). Esta lei enuncia que a **energia total transferida para um sistema é igual à variação da sua energia interna**.

A expressão matemática que traduz esta lei para um sistema não-isolado é:

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

onde  $Q$  representa troca de calor,  $W$  a realização de trabalho (sendo respectivamente positivos quando o sistema recebe calor ou nele é realizado trabalho, negativos do contrário) e  $R$  a emissão ou absorção de radiação. Podemos simplificar dizendo que existe uma função  $U$  (energia interna) cuja variação durante uma transformação depende unicamente de dois estados, o inicial e o final. Num sistema fechado a indicação desta variação é dada como:

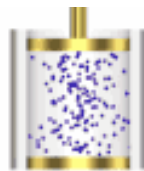
$$\Delta U = Q - W$$

Onde  $Q$  e  $W$  são, respectivamente, o calor e o trabalho trocados entre o sistema e o meio. As quantidades  $W$  e  $Q$  são expressas algebricamente, sendo positivas quando expressam energia recebida pelo sistema. A quantidade  $R$  é nula pois, em sistema fechado, não se verificam absorções nem emissões de radiação.

A energia interna é definida como a soma das energias cinéticas e de interação de seus constituintes. Este princípio enuncia, então, a conservação de energia.

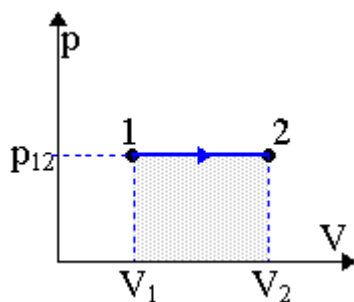
## **ANEXO 14**

### **Trabalho Realizado pelo Gás**



#### **Termodinâmica**

A termodinâmica estuda as relações entre o calor trocado e o trabalho realizado numa transformação de um sistema.



**Trabalho em um sistema**  
Considere um gás contido em um cilindro provido de um êmbolo. Ao se expandir, o gás exerce uma força no êmbolo. O trabalho dessa força pode ser calculado.

$$W = P \cdot \Delta V$$

**W = trabalho realizado pelo gás**

**P = pressão exercida pelo gás**

**$\Delta V$  = variação do volume**

$$\Delta V = V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}}$$

Na expansão,  $V_{\text{final}} > V_{\text{inicial}}$  : temos  $\Delta > 0$   
(o gás realiza trabalho)

Na compressão,  $V_{\text{final}} < V_{\text{inicial}}$  : temos  $\Delta < 0$   
(o gás recebe trabalho do meio exterior)

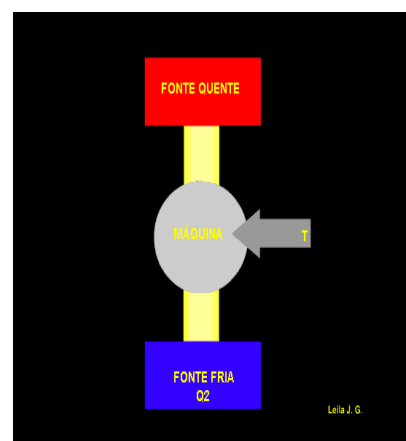
## ANEXO 15

### REFRIGERADOR

Os sistemas de refrigeração provocam o resfriamento de interiores, como ar condicionados, refrigeradores e freezers. Os objetivos principais da refrigeração são armazenamento de alimentos a baixas temperaturas para evitar ação de bactérias e o surgimento bolor ou fermentação e manter uma temperatura estável em ambientes ou em equipamentos eletrônicos.

O resfriamento ocorre através do processo de trocas de calor. O refrigerador é uma máquina térmica em que a troca do calor se dá do sistema mais frio (interior da geladeira) para o sistema mais quente (meio externo).

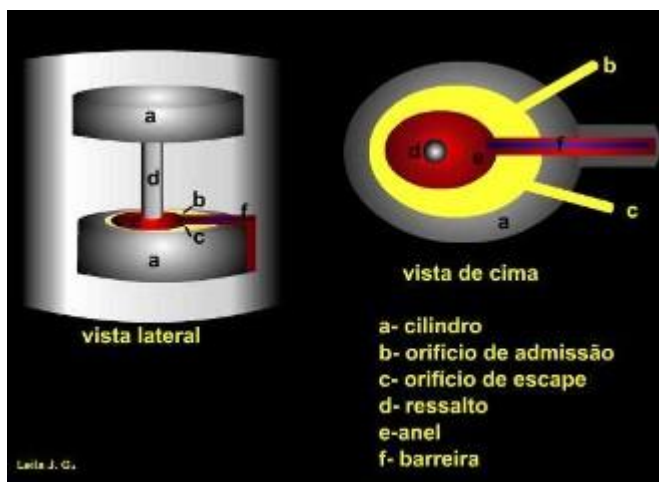
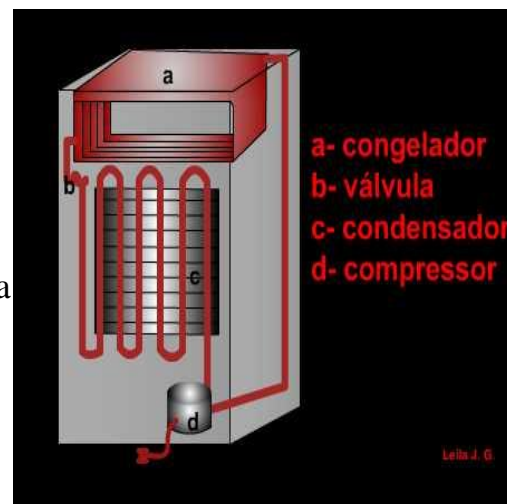
Mas isso não viola a Segunda Lei da



termodinâmica que diz que a transferência de calor é sempre do sistema mais quente para o mais frio?

Violaria se esse processo fosse espontâneo como preconiza a Segunda Lei, mas para que as geladeiras funcionem dessa forma, é necessário um fornecimento externo de energia que ocorre através de um compressor que realiza trabalho mecânico sobre uma substância refrigerante, tornando possível o sentido inverso da troca de calor.

O primeiro refrigerador utilizável foi contruído pelo engenheiro americano Jacob Perkins, em 1834, e utilizava como substância refrigerante o dióxido sulfúrico que ferve e se condensa a temperaturas abaixo de zero. Hoje a escolha da substância depende da finalidade do refrigerador e do impacto ambiental. Nas geladeiras domésticas, a substância utilizada é o freon que, a baixa pressão se vaporiza e a alta pressão se condensa. Para essas mudanças de pressão utiliza-se um compressor e uma válvula descompressora, porém, o freon é uma substância que agride a camada de ozônio e está sendo substituído por outras substâncias, como o CFC (clorofluorcarbono) ou HCFC (hidroclorofluorcarbono). Basicamente, uma geladeira é constituída por um compressor, um condensador, uma válvula e um congelador dispostos como na figura.



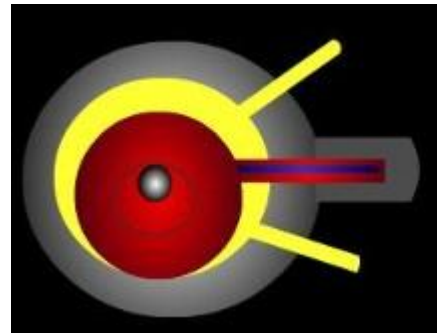
Como funciona um refrigerador?

É uma máquina térmica que opera em ciclos semelhante aos motores de combustão interna.

O ciclo começa no compressor (a figura mostra um modelo de

compressor), que é acionado por um motor elétrico. A função do compressor é de aumentar a pressão o suficiente para que liquefaça em temperaturas próximas da temperatura ambiente.

Quando o êmbolo do cilindro desce, a válvula de admissão se abre permitindo a passagem do gás refrigerante no cilindro. No compressor, o ressalto em rotação faz virar o anel descentralizado contra a parede do cilindro e a barreira faz pressão contra o anel o que garante a pressão do gás que é aquecido à temperatura superior a do ambiente. Quando o êmbolo torna a subir, a válvula de admissão se fecha e a de escape se abre, forçando o gás, a alta pressão, a passar para o condensador (serpentina), onde é comprimido e se liquefaz, trocando calor com o meio externo e, assim, o gás diminui de temperatura. É devido a essa troca de calor com o meio que não se recomenda embutir a geladeira em armários com pouca ventilação e nem colocar roupas para secar atrás do refrigerador. Após liquefeito, o gás passa para a válvula de expansão onde sofre descompressão e se expande, chegando ao congelador e daí volta ao compressor e o ciclo recomeça.



Onde se localizam as fontes quente e fria no refrigerador?

A fonte fria é a parte interna, junto à serpentina do congelador, e a fonte quente é o ambiente externo. É o fluido refrigerante que retira o calor da fonte fria ao evaporar e o transfere para a fonte quente.

O que realiza trabalho no refrigerador?

O compressor. Como não há trocas de calor, o trabalho realizado pelo compressor equivale a variação de energia interna da substância refrigerante. Esse trabalho provoca a troca de calor do interior da geladeira (fonte fria) para o meio ambiente (fonte quente), ou seja, no sentido inverso ao espontâneo.

O funcionamento de um freezer é semelhante ao de uma geladeira comum?

O freezer funciona como o refrigerador, porém possui um evaporador que mantém a temperatura, no seu interior, próxima dos  $-20^{\circ}\text{C}$ , possuindo um compressor mais potente e comprime uma maior quantidade de substância refrigerante o que permite que o condensador troque maior quantidade de calor com o meio ambiente.



Por que o congelador fica na parte superior da geladeira?

Pelo fato de que no interior do refrigerador o ar quente sobe, se resfria na região do congelador e torna a descer. Realizando o processo de troca de calor por convecção.

## **7) Declaração do orientador**

Com certeza um fenômeno muito interessante para ser abordado, já que, em teoria é possível aceitar de modo é mais claro do que na prática. Observar a queda de temperatura apenas com a expansão do gás é algo muito complexo para qualquer pessoa, porém, não são todos os gases que respeitam essa lei, há gases específicos que ao invés de resfriarem na expansão, eles esquentam, isso é causado pela temperatura de inversão intrínseco de cada gás, todavia no caso do Nitrogênio, o qual, foi utilizado na experiência, obedece a lei de Gay-Lussac.