



Universidade do Minho
Escola de Ciências

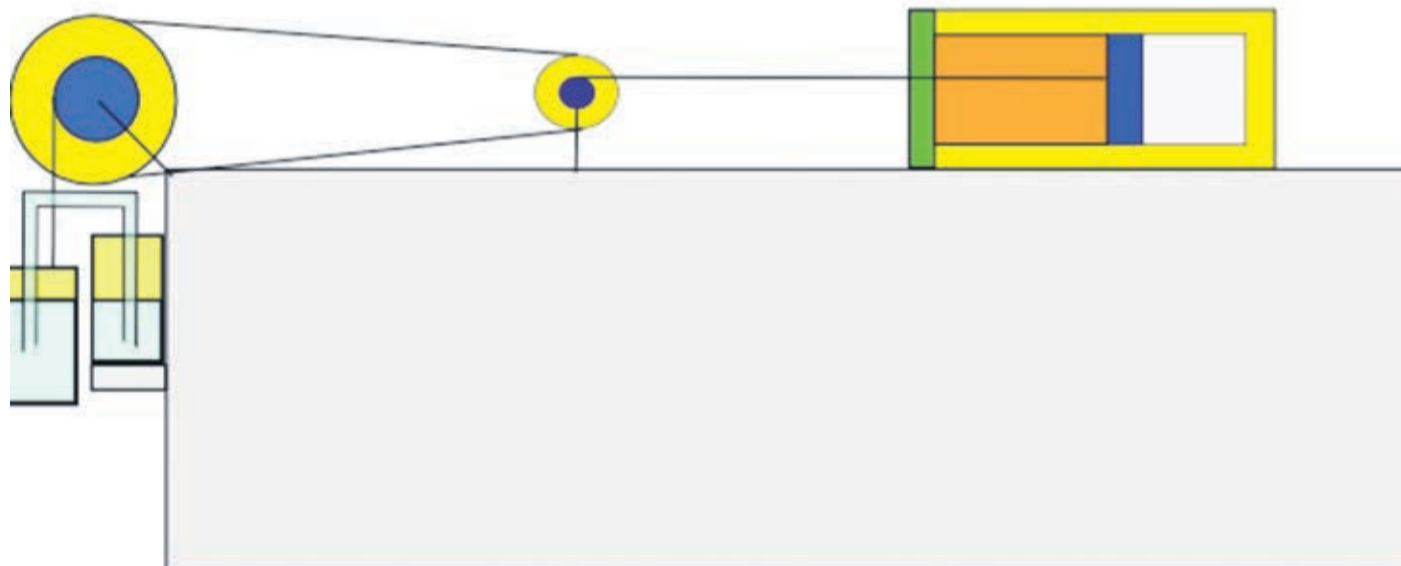
Ciência

TERMODINÂMICA, A CIÊNCIA DA ENTROPIA E DA (IR)REVERSIBILIDADE

Quer fazer perguntas a um cientista?

Esta rubrica sobre a Escola de Ciências da Universidade do Minho tem também como objectivo criar uma relação entre leitores e investigadores. Alguma vez pensou em fazer uma pergunta a um cientista? Caso queira participar pode enviar todas as suas questões para sec@ecum.uminho.pt e verá as suas dúvidas esclarecidas.

CIÊNCIA | JAIME EDUARDO SANTOS *

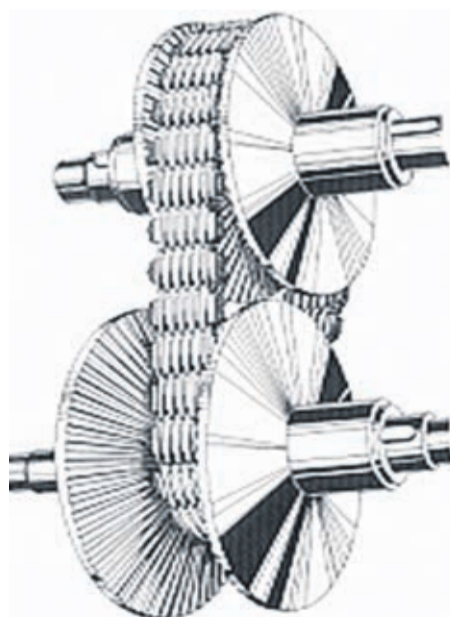


Esquema de uma máquina de Carnot (ver explicação no texto principal)

No último artigo, vimos como Joule mediu o aumento de temperatura de um banho, aquecendo-o graças à rotação de pás nele imersas e accionadas pela descida de um peso, medindo o que se chama o equivalente mecânico do calor. A experiência de Joule é simples e engenhosa, mas esconde um facto importante. É que calor e trabalho não são equivalentes. É possível transformar o segundo no primeiro como fez Joule, mas essa transformação é irreversível.

Para transformar calor em trabalho, temos que seguir o raciocínio do Engenheiro Francês Carnot (figura 1), no seu trabalho 'Reflexões sobre a Potência Motriz do Fogo', publicado em 1824, quando tinha 28 anos. Carnot morreu de cólera com apenas 36 anos, mas isso não o impediu de ficar para a Posteridade como o Pai da Termodinâmica.

A figura 2 ilustra uma realização da máquina de Carnot. É constituída por um sistema de duas polias (em cor azul), cada uma rodando solidariamente com uma das polias de uma transmissão de correia continuamente variável (a amarelo, ver também figura 3). A polia da esquerda pode elevar um recipiente com água suspenso. O tubo em U invertido conecta o recipiente suspenso a um recipiente fixo e quando



Transmissão continuamente variável por correia. O raio efectivo de cada uma das polias pode ser modificado aproximando ou afastando os cones que as compõem (Wikimedia Commons)

o primeiro se move, água é transferida entre os recipientes, que funcionam como um sifão. A polia da direita está ligada a um êmbolo (a azul) que pode comprimir um gás (em laranja), dentro de um cilindro termicamente isolado (a amarelo). A

tampa verde desse cilindro é também isoladora, mas permite o contacto térmico do gás com uma fonte quente (p.e. vapor de água) ou fria (p.e. água gelada).

Tudo isto é bastante complicado, mas há uma boa razão para isso. Quando comprimimos ou expandimos o gás no cilindro, a pressão do gás varia, pelo que a força nas polias varia também. Assim, o peso de água no recipiente tem que variar, de modo a que tudo permaneça equilibrado, sendo o mecanismo de transmissão indispensável para assegurar esse equilíbrio.

Movendo a massa de água suspensa e provocando a compressão ou expansão do gás, é possível aquecê-lo ou arrefecê-lo, realizando uma versão reversível da experiência de Joule. Mas é possível fazer melhor ainda. Ligando o gás à fonte quente, deixamos que este se expanda a temperatura constante, recebendo calor dela. Depois, isolamos o cilindro e deixamos que o gás se expanda ainda mais. Ligamos o gás à fonte fria e deixamos que lhe ceda calor, comprimindo-o. Depois, isolamos de novo o gás e efectuamos uma nova compressão, trazendo o êmbolo até à sua posição original. Neste ciclo, a polia da direita deu tantas voltas na direcção horária como no sentido contrário, mas a polia da esquerda deu mais voltas no sentido horário, devido



Retrato de Nicolas Sadi Carnot com a farda da Escola Politécnica (Wikimedia Commons)



Fotografia de Rudolf Clausius, o criador do conceito de Entropia (Wikimedia Commons)

à presença da transmissão continuamente variável, e por isso houve uma dada massa de água que foi elevada. Ou seja, transformamos calor em trabalho!

Será que a máquina de Carnot é um perpetuum mobile? Nada disso, para realizar trabalho é preciso dispor de duas fontes de calor a temperaturas distintas, porque é necessário rejeitar algum calor recebido da fonte quente para a fria. Mais, nenhuma máquina pode ultrapassar a máquina de Carnot em eficiência. O Físico alemão Clausius (figura 4) mostrou que as conclusões de Carnot implicam a existência de uma nova Função de Estado dos Sistemas Termodinâmicos, a Entropia, que nunca diminui num sistema isolado. Este enunciado tem profundas consequências para o futuro do Universo, mas essa discussão terá que ficar para um futuro artigo...

* Investigador Auxiliar do Centro de Física da Escola de Ciências da Universidade do Minho