

Arte y Ciencia

Ciclo de Carnot

Abraham Tamir, Department of Chemical Engineering, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheba, Israel.
Francisco Ruiz Beviá, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante.

El objetivo de este artículo es mostrar artísticamente el Ciclo de Carnot. Como obra de arte base se utiliza el cuadro "Sembrador a la puesta de sol" de Vincent Van Gogh (1853-1890), pintor expresionista holandés. Sobre este cuadro se han colocado otras imágenes para completar la presentación artística del Ciclo.

Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832) fue un científico, físico e ingeniero militar francés. Un retrato suyo se puede ver en el cuadro base. Sus amigos lo describían como reservado, casi taciturno, pero con una curiosidad insaciable en cuestiones sobre ciencia y procesos técnicos. Carnot es frecuentemente considerado como el "Padre de la Termodinámica" siendo el responsable de lo que es conocido como "Ciclo de Carnot", propuesto por él en 1824. El "Ciclo de Carnot" es uno de los ciclos termodinámicos teóricos reversibles más conocidos. Además, es el ciclo más eficiente para convertir una determinada energía térmica en trabajo, o inversamente, crear una diferencia de temperatura (es decir, refrigeración) haciendo una determinada cantidad de trabajo. Aunque tales ciclos no pueden ser conseguidos en la práctica, proporcionan los límites superiores del rendimiento a que pueden llegar los ciclos reales. El ciclo se compone de cuatro procesos reversibles que se muestran en el recuadro blanco situado en el centro de la pintura de Van Gogh. Los cuatro procesos reversibles que constituyen el ciclo de Carnot son los siguientes:

1) Expansión isoterma reversible: proceso 1-2 en la figura sobre blanco. La transferencia de calor desde el foco caliente, el Sol, al cilindro debe tener lugar con una diferencia infinitesimal de temperatura para que ésta sea un proceso reversible. El gas del cilindro se expande lentamente, realiza un trabajo sobre los alrededores y se mantiene a temperatura constante, T_c . La cantidad total de calor transferido al gas durante este proceso es Q_1 que es representado por el calor transferido por el sol.

2) Expansión adiabática reversible: proceso 2-3 en la figura. El gas del cilindro continúa la expansión lentamente y realiza trabajo hacia los alrededores mientras la temperatura del gas cae desde T_c hasta T_f . La suma del trabajo realizado en estos dos procesos 1-2 y 2-3 es W_1 . Simbólicamente, este trabajo está representado por el realizado por el sembrador que al andar aplica una fuerza y recorre una distancia.

3) Compresión isoterma reversible: proceso 3-4 en la figura. El cilindro es puesto en contacto con un foco frío (sumidero de calor) a la temperatura T_f . La cantidad total de calor devuelto al foco frío desde el gas durante este proceso es Q_2 , representada por el cuadro "Creator's Dance" del pintor austríaco De Es Schwertberger (1942). Este proceso de compresión consume un trabajo que se realiza sobre el gas.

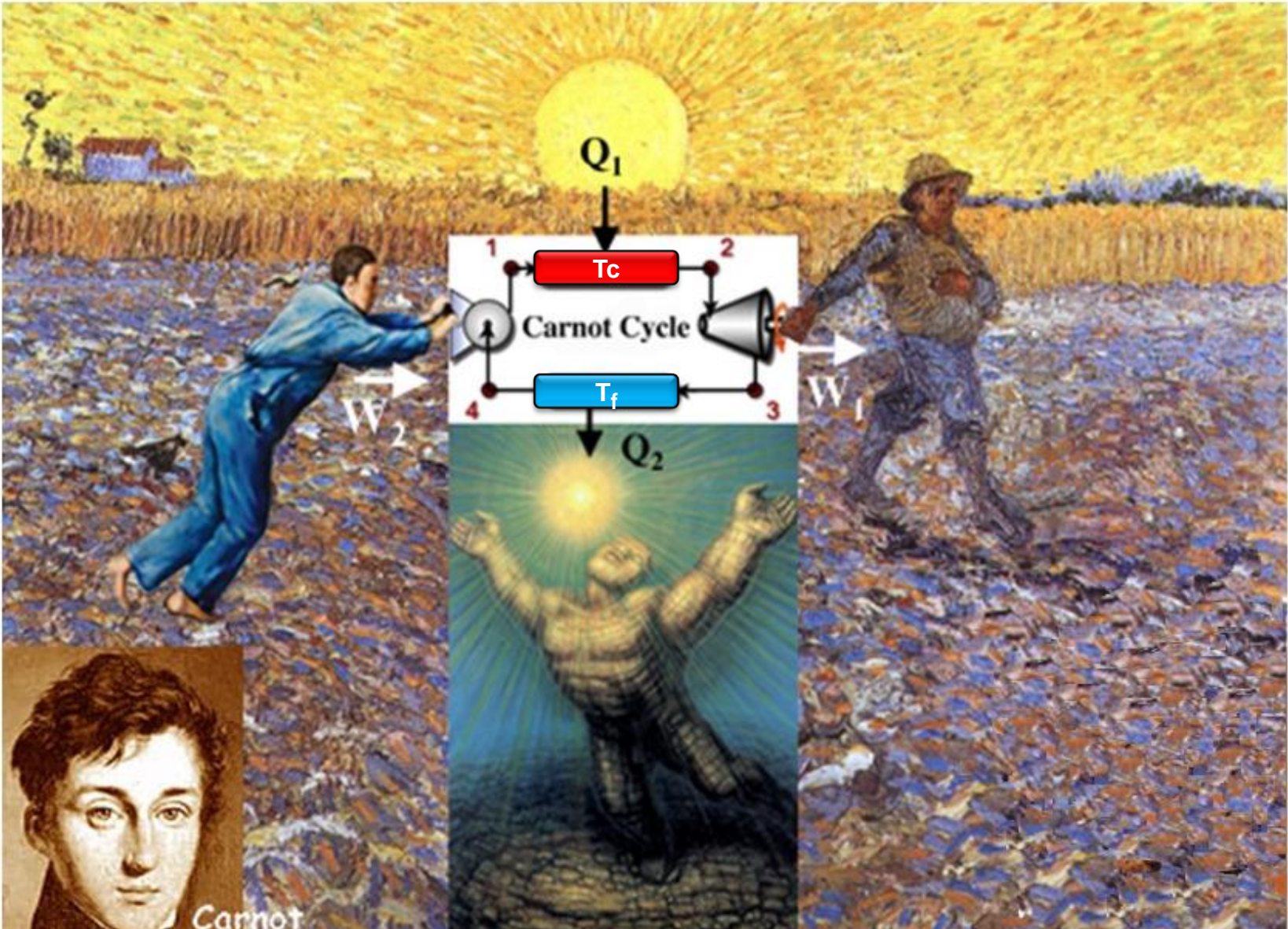
4) Compresión adiabática reversible: proceso 4-1 en la figura. En esta etapa el gas se comprime de forma adiabática subiendo la temperatura desde T_f hasta T_c . La suma total de trabajo de compresión de las etapas 3) y 4). W_2 , viene representado por la imagen de un hombre actuando sobre un compresor.

El trabajo neto realizado por esta máquina cíclica es la diferencia $W_1 - W_2$. El rendimiento η se define como el trabajo realizado por la máquina dividido por el calor consumido por (o transferido desde) el foco caliente:

$$\eta = (W_1 - W_2)/Q_1$$

En el caso de una máquina térmica reversible "el rendimiento depende solamente del intervalo de *temperaturas* entre las que trabaja y no de las propiedades de cualquier sustancia material". Si todo el calor se toma a la *temperatura termodinámica* T_c y todo el calor es devuelto al foco frío a la *temperatura termodinámica* T_f (como en un ciclo de Carnot), el rendimiento es

$$\eta = 1 - T_f/T_c$$



Carnot