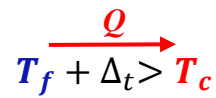


El CICLO-M
BASE DEL
MÓVIL PERPETUO DE 2ª CLASE

$$T_f + \Delta_t > T_c$$
A diagram illustrating a heat engine cycle. It shows two reservoirs: a hot reservoir on the left at temperature $T_f + \Delta_t$ and a cold reservoir on the right at temperature T_c . A red arrow labeled Q points from the hot reservoir to the cold reservoir, representing the heat flow.

J. Salas

teoria@pantermodinamica.com

El CICLO-M BASE DEL MÓVIL PERPETUO DE 2ª CLASE

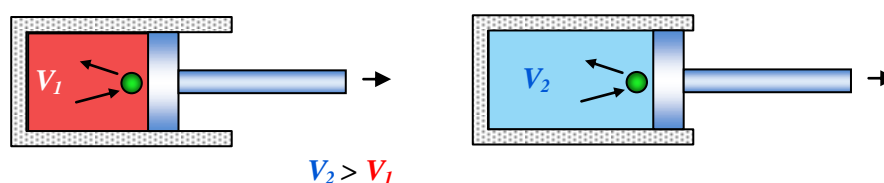
“En igualdad de condiciones, la explicación más sencilla suele ser la más probable” (Navaja de Occam)

MODOS DE CEDER LA ENERGÍA CINÉTICA LAS PARTÍCULAS

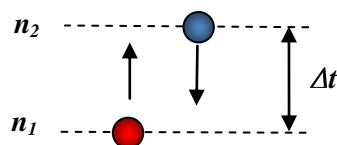
Las partículas pueden ceder su energía cinética, al menos, de dos formas:

- a) *Mediante la interacción por choque.*
- b) *Mediante la interacción con campo.*

Los procesos termodinámicos reversibles de expansión, adiabáticos, isotérmicos, etc. Son ejemplos de cómo las moléculas ceden parte de su energía cinética mediante *la interacción por choque* de las mismas contra las paredes del recinto que las contiene. Este modo de ceder las partículas su energía cinética en forma de trabajo tiene un matiz importantísimo: el volumen ocupado por las mismas aumenta.



Como ejemplo cotidiano de la cesión de la energía cinética de las partículas mediante *la interacción con campo* tenemos el siguiente:



Cuando las moléculas de los componentes del aire evolucionan libremente entre choques, desde un nivel inferior n_1 , hasta otro nivel superior n_2 , transforman parte de su energía cinética (energía calorífica) en energía potencial y se enfrían, creando un gradiente de temperatura Δt entre ambos niveles. Este proceso es reversible, cuando las moléculas evolucionan desde el nivel n_2 , hasta el nivel n_1 , sufren un incremento en su energía cinética y se calientan en el mismo valor Δt . De aquí es que el campo de fuerza de la gravedad terrestre crea en la troposfera un gradiente de temperatura prácticamente *constante* y permanente, e independiente de que las moléculas evolucionen hacia arriba o hacia abajo.

MODOS DE TRANSMITIR EL CALOR

El calor, es la energía que se transmite espontáneamente cuando existe una diferencia de temperatura. Una de las formas de hacerlo es: **solo** mediante la interacción por choque de las partículas, ya sea por: conducción, convección, o radiación. Este modo de transmitir el calor, se rige por unos criterios que son equivalentes a los que rigen la transferencia de energía cinética entre partículas de igual masa, mediante la interacción por choques elásticos.

Estos choques tienen la siguiente característica:

Cuando una partícula choca frontalmente contra otra, le cede toda su energía cinética y se queda con toda la energía cinética de la partícula con la que choca.

De lo anterior se deduce lo siguiente:

- a) Una partícula, no puede ceder energía cinética a otra partícula con mayor energía cinética, ya que, después del choque, tendrá la energía cinética de la otra partícula que era mayor que la ella tenía.
- b) La máxima energía cinética que puede ceder una partícula, es la diferencia entre la energía que tenía inicialmente y la que finalmente le queda, es decir, la diferencia de las energías de las partículas.
- c) Para que una partícula pueda ceder toda su energía cinética, debe existir previamente otra partícula con energía cinética cero con la que pueda chocar.
- d) Si una partícula, no gana ni pierde energía cinética en el choque con otra, y si una tercera choca con la segunda y tampoco gana ni pierde energía cinética, significa que las tres partículas tienen igual energía cinética.

Los anteriores apartados nos llevan a las siguientes equivalencias que son el fundamento de las leyes de la Termodinámica 2^a, 3^a y 0.

- a) El calor, cuando se transmite solo mediante la interacción por choque en sus tres modalidades, conducción, convección, y radiación, no pasa espontáneamente de los cuerpos fríos a los calientes.
- b) La máxima energía calorífica que se puede ceder en forma de trabajo en una serie de procesos de solo interacción por choque cíclicos, viene determinada por la diferencia entre las temperaturas de los focos (ciclo de Carnot).
- c) Es imposible conseguir el cero absoluto mediante un número limitado de procesos de solo interacción por choque cíclicos. Para que un foco ceda toda su energía, tenga el cero absoluto, debe existir previamente otro foco con el cero absoluto.
- d) Si un cuerpo está en equilibrio termodinámico con otro, y un tercero está en equilibrio termodinámico con el segundo, los tres están en equilibrio termodinámico entre sí, es decir, tienen la misma temperatura.

Como conclusión podemos decir: las leyes de la Termodinámica 2^a, 3^a, y 0 se limitan a justificar los procesos termodinámicos que se pueden explicar **solo** mediante la interacción por choque.

SIGNIFICADO DE LA TEMPERATURA

La temperatura, además de *expresar el valor medio de la energía cinética de las partículas*, también se le puede asociar el sentido en el que fluye espontáneamente el calor.

Un sistema, se considera que está a temperatura positiva, cuando el calor fluye espontáneamente, desde la temperatura más caliente, hasta la temperatura más fría.

El significado de temperatura positiva, en este caso, no es otro que el de indicar una manera de cómo se transmite espontáneamente el calor: desde la temperatura más alta, a la temperatura más baja. La 2ª ley de la Termodinámica *solamente* contempla como *posible* este modo de transmitir espontáneamente el calor.

La presencia de un campo de fuerza, *en determinadas condiciones*, puede actuar como catalizador o prestamista de energía. Esto quiere decir que, si a una partícula, con una energía cinética menor que otra *le prestamos* mediante un campo de fuerza, una determinada energía, su energía cinética final puede ser superior a la de la otra partícula y de esta forma cederle, por medio de la interacción por choque, energía cinética a la otra partícula. *Devolviendo*, después del choque, al campo de fuerza la energía que éste le prestó. Quedándose finalmente la partícula con menos energía cinética de la que tenía inicialmente. Este sencillo ciclo (*Ciclo-M*) hace posible que una partícula, con una determinada energía cinética, pueda cederle energía a otra partícula con mayor energía cinética, lo que equivale a que el calor fluya espontáneamente, desde la temperatura más fría, hasta la temperatura más caliente.

Si un campo de fuerza, como la gravedad terrestre en la troposfera, crea un gradiente *constante* y permanente de temperatura Δt , se pueden dar tres supuestos:

- a) $T_f + \Delta t = T_c$ La temperatura fría T_f , más el gradiente térmico Δt , es igual a la temperatura caliente. En este caso no existe transporte de calor, equilibrio térmico, a pesar de que existe una diferencia de temperatura, entre el foco frío y el foco caliente. Por ejemplo: la troposfera en estado de equilibrio.
- b) $T_f + \Delta t < T_c$ La temperatura fría T_f , más el gradiente térmico Δt , es menor que la temperatura caliente T_c . Existe transporte de calor, desde el foco caliente, al foco frío. Sistema a temperatura positiva. Por ejemplo: un calentamiento en la superficie, produce un calentamiento en las altas capas de la troposfera.
- c) $T_f + \Delta t > T_c$ La temperatura fría T_f , más el gradiente térmico Δt , es mayor que la temperatura caliente. En este caso *existe un transporte espontaneo de calor, desde el foco frío, hasta el foco caliente*. Sistema a temperatura negativa. Por ejemplo: un calentamiento en las altas y frías capas de la troposfera, produce un calentamiento en la superficie que está más caliente.

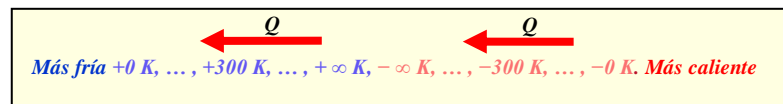
*La gran importancia del flujo espontaneo de calor, desde el foco frío, hasta el foco caliente, gracias al gradiente **constante** de temperatura que presta un campo de fuerza, $T_f + \Delta t > T_c$, radica en que es un fenómeno **real**, pero considerado como imposible por la 2ª ley de la Termodinámica, ya que ésta no contempla otro modo de transmitir el calor espontáneamente que no sea, **solo**, mediante la interacción por choque.*

Cuando se cumple la condición $T_f + \Delta t > T_c$, el calor fluye espontáneamente, desde el foco frío, hasta el foco caliente.

Un sistema, en el que el calor fluya espontáneamente, desde la parte más fría, hasta la parte más caliente, se puede decir que está a temperatura negativa.

El significado de temperatura negativa, en este caso, no es otro que el de indicar que el calor se transmite espontáneamente en sentido contrario a como se hace en las temperaturas positivas.

El **concepto clásico de temperaturas negativas**, surgió de la necesidad de explicar una serie de fenómenos extraordinarios, los cuales se producen, en determinadas condiciones, cuando actúa un campo de fuerza. Entre estos fenómenos está: la **inversión de población**. Al intentar demostrarla, utilizando criterios termodinámicos **aparentemente aplicables**, como es la ecuación de Boltzmann, ocurre algo absurdo y sorprendente que denota su dudosa conclusión: la temperatura adquiere valores negativos. Lo que da lugar a interpretaciones enrevesadas y ambiguas como se desprende de la propia distribución que se hacen de las temperaturas:



Esta distribución, por ejemplo, parte de la premisa, **supuestamente correcta**, de que, el calor **siempre** debe de fluir espontáneamente, desde la parte más caliente, a la parte más fría, lo que **obliga** a que, con este criterio, las temperaturas negativas tengan que ser, absurdamente, más calientes que las positivas por muy altas que estas sean, incluso el infinito, ya que la observación constata que el calor siempre fluye espontáneamente, desde las temperaturas negativas, a las temperaturas positivas.

La nueva interpretación de lo que son las temperaturas negativas, es más sencilla, y parte de la idea de que las temperaturas negativas no existen como tales. Solo son: una manera de expresar que existe otra forma distinta, de las que se dan en los sistemas a temperaturas positivas, de transportar el calor espontáneamente o de comprimir las partículas, reducir el volumen ocupado por las mismas.

Estos nuevos criterios se basan en los hechos constatados de la acción catalítica, o prestamista de energía, que ejerce un campo de fuerza en determinadas condiciones.

La explicación de cómo se transporta el calor espontáneamente, desde el foco frío, hasta el foco caliente, sin gasto neto de trabajo, es muy simple y es la siguiente:

$\leftarrow Q$
Más caliente $T_c < \Delta t + T_f$ *Más fría*

$$-\Delta S = \frac{Q}{T_c} - \frac{Q}{T_f}$$

El calor fluye espontáneamente, desde la temperatura más fría, hasta la temperatura más caliente, gracias a que un campo de fuerza le presta, a la temperatura más fría T_f , un gradiente constante de temperatura Δt , que hace que la temperatura final sea superior a la temperatura caliente T_c .

La troposfera terrestre es un ejemplo de cómo un campo de fuerza puede crear un gradiente de temperatura Δt , prácticamente constante y permanente.

Otra particularidad que se le puede asociar a la temperatura, es la de indicar el sentido en el que aumenta o disminuye el volumen ocupado por las partículas al ceder estas su energía cinética en forma de trabajo.

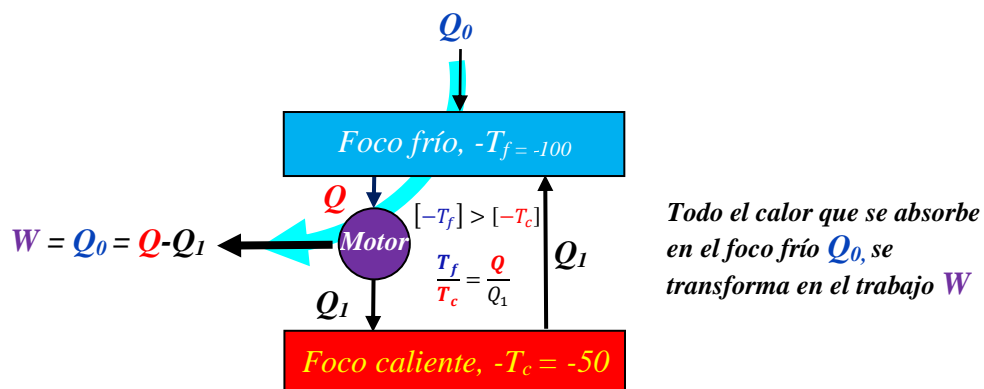
En los sistemas a temperaturas positivas, cuando las partículas ceden, mediante la interacción por choque, su energía cinética en forma de trabajo, el volumen ocupado por las mismas aumenta.

Como ejemplos tenemos los procesos reversibles de expansión adiabáticos e isotérmicos.

En **determinadas condiciones**, cuando las partículas ceden su energía cinética a un campo de fuerza o se les suministra una energía adicional, el volumen ocupado por las mismas puede disminuir al evolucionar estas, desde un nivel inferior, hasta otro nivel superior. Como ejemplos tenemos el fenómeno de la **inversión de población** o el del difusor potencial (teoría de la Pantermodinámica), donde las partículas, gracias a su energía cinética o a una energía adicional, evolucionan, desde un nivel inferior, hasta otro nivel superior más poblados, es decir, el volumen ocupado por las mismas disminuye.

Clásicamente se dice que: **Un sistema está a temperatura negativa cuando, en estado de equilibrio termodinámico, existen más partículas en los niveles superiores que en los inferiores.**

Los sistemas clásicos a temperaturas negativas admiten la posibilidad, hipotética, de transformar en trabajo todo el calor procedente de un solo foco a temperatura negativa, **móvil perpetuo de 2ª clase**, aunque, hasta ahora, las formas difundidas de cómo hacerlo son imprecisas y ambiguas como se desprende de la siguiente:



Móvil perpetuo de 2ª clase con temperaturas negativas clásicas

Se parte de la **suposición** de que, en los procesos a **temperaturas negativas clásicas**, son aplicables los criterios del ciclo de Carnot como refrigerador: la razón de los calores transferidos es igual a la razón de las temperaturas negativas. Como en valor absoluto las temperaturas negativas clásicas frías

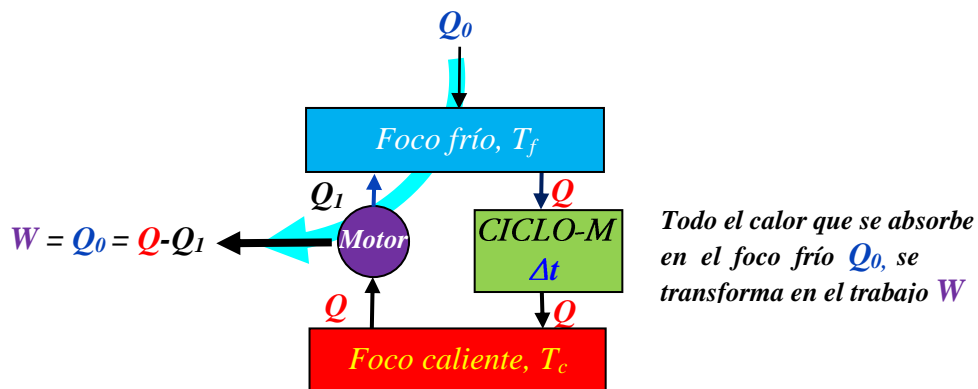
son mayores que las temperaturas negativas clásicas más calientes, su funcionamiento sería el siguiente:

Se extrae, de una manera hipotética, el calor Q del foco frío a la temperatura negativa $-T_f$, con un valor, por ejemplo, de 100 . Una parte del mismo, el calor Q_0 de un valor, por ejemplo, igual a 50 , se transforma en el trabajo W en un hipotético *motor*, y el resto del calor $Q_1 = Q - Q_0$, se hace penetrar, de una manera hipotética, en el foco caliente a la temperatura negativa $-T_c$. El calor Q_1 que llega al foco caliente $-T_c$, vuelve espontáneamente al foco frío $-T_f$.

Para mantener constante la temperatura del foco frío $-T_f$, se debe de absorber, de una forma hipotética, constantemente el calor Q_0 , el cual equivale al que se transforma íntegramente en el trabajo W en el hipotético motor.

Para la 2ª ley de la Termodinámica el móvil perpetuo de 2ª clase es un imposible, ya que ésta no contempla otro modo de transmitir espontáneamente el calor, o de reducir el volumen ocupado por las partículas, que no sea *solo* mediante la interacción por choque.

Transportar el calor, desde el foco frío, hasta el foco caliente, sin gasto neto de trabajo, es una de las nuevas definiciones de lo que son los sistemas a temperaturas negativas, labor que hace el *Ciclo-M*, y que tiene las mismas consecuencias que las ya citadas como posibles en los sistemas clásicos a temperaturas negativas: *transformar en trabajo todo el calor procedente de un solo foco*. La diferencia es que, ahora, sí sabemos cómo hacerlo de una manera simple y congruente, gracias al *Ciclo-M*.

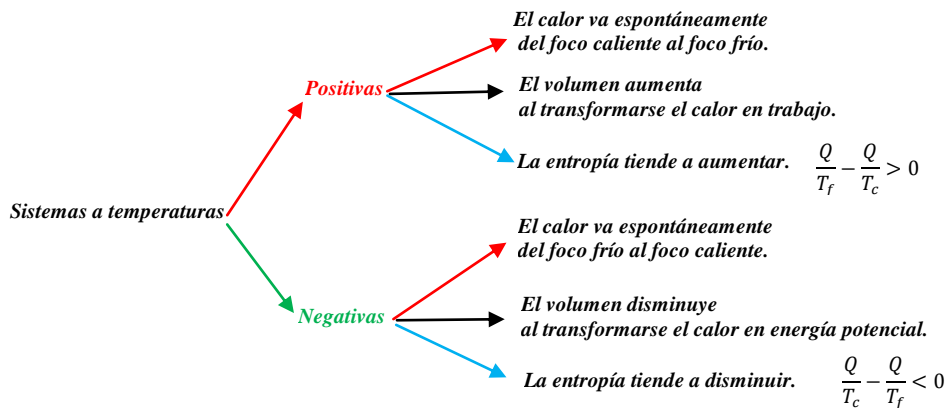


**Móvil perpetuo de 2ª clase.
Sistema mixto con temperaturas
positivas/negativas**

Su funcionamiento, en este caso, es muy sencillo y sin ambigüedades: Se extrae el calor Q del foco caliente T_c y, mediante un motor térmico convencional, se transforma parte del mismo en el trabajo W . El resto del calor, Q_1 , fluye espontáneamente al foco frío T_f .

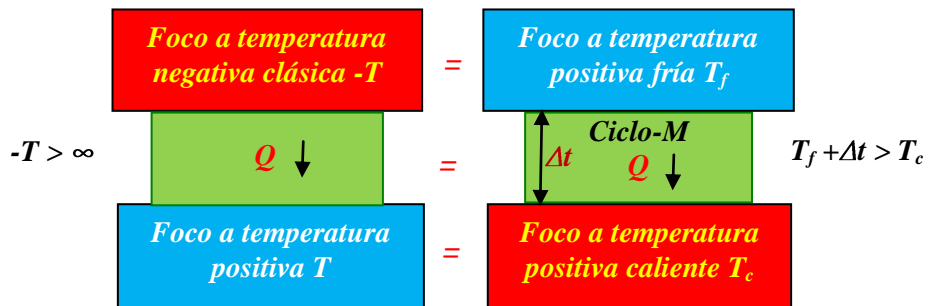
El *Ciclo-M* sería la parte a *temperatura negativa*, ya que en ella el calor $Q = Q_1 + Q_0$, fluye sin gasto neto de trabajo, desde el foco frío T_f , hasta el foco caliente T_c , manteniendo constante el gradiente de temperatura Δt entre los focos.

Para que la temperatura del foco frío se mantenga constante, en dicho foco, simplemente se tiene que absorber continuamente el calor Q_0 , el cual equivale al que se transforma íntegramente en el trabajo W en el motor térmico.



Ejemplos de cómo el calor Q fluye espontáneamente entre los focos.

Temperaturas negativas clásicas versus CICLO-M

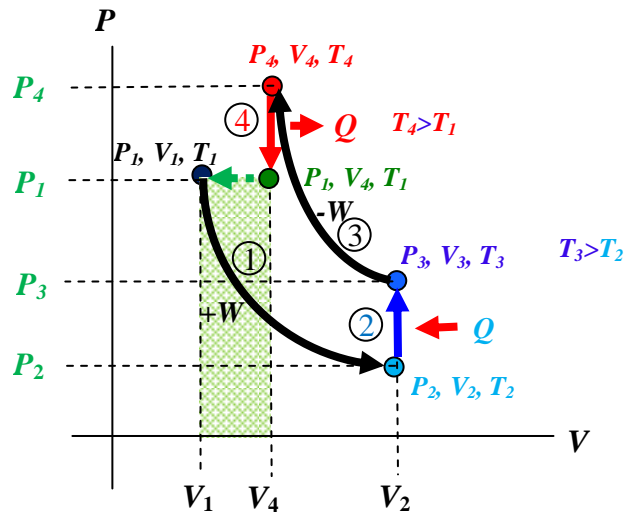


“La explicación más sencilla suele ser la más probable”

$$-T > \infty \quad \text{o} \quad T_f + \Delta t > T_c$$

**TRANSPORTE DE CALOR MEDIANTE
UN CICLO TERMODINÁMICO
DE SOLO INTERACCIÓN POR CHOQUE**

La Termodinámica, ampara procesos ideales *únicos* de interacción por choque en los que el calor puede pasar, desde un foco frío, hasta otro foco caliente, sin aporte *neto* de trabajo. Sirvan de ejemplo los siguientes procesos:



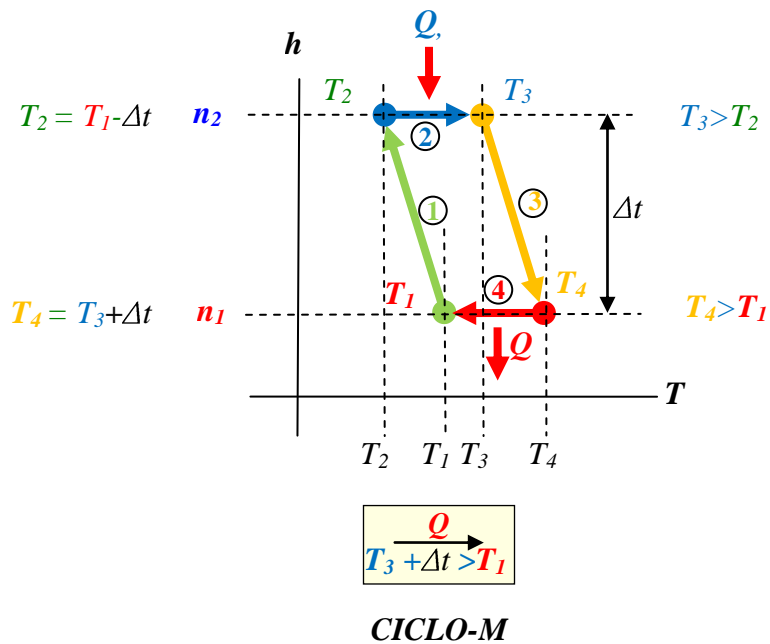
Ciclo termodinámico

- 1) Una expansión adiabática reversible desde la temperatura T_1 , V_1 , P_1 , hasta la temperatura T_2 , V_2 , P_2 , $T_2 < T_1$, $V_2 > V_1$, $P_2 < P_1$, con producción del trabajo W .
- 2) Un calentamiento isocórico desde la temperatura T_2 , V_2 , P_2 , hasta la temperatura T_3 , V_3 , P_3 , del foco frío, $T_3 > T_2$, $V_3 = V_2$, $P_3 > P_2$, con absorción del calor Q del foco frío.
- 3) Una compresión adiabática reversible utilizando el trabajo ya producido W , desde la temperatura T_3 , V_3 , P_3 , del foco frío, hasta la temperatura T_4 , V_4 , P_4 , $T_4 > T_3$, $V_4 < V_3$, $P_4 > P_3$.
- 4) Un enfriamiento isocórico desde la temperatura T_4 , V_4 , P_4 , hasta la **temperatura y presión** del foco caliente T_1 , P_1 , $T_4 > T_1$, $V_4 > V_1$, $P_4 > P_1$, cediendo al foco caliente el calor Q .

Estos procesos llevan el calor Q , desde el foco frío a la temperatura T_3 , hasta el foco caliente a la temperatura T_1 sin gasto neto de trabajo, ya que, el trabajo producido W en la expansión adiabática es igual al utilizado en la compresión adiabática. El inconveniente está en que este **no es un proceso cíclico**, ya que la temperatura y la presión final es igual a la inicial, pero el volumen sufre un incremento irreversible, $V_4 > V_1$, siendo necesario **un trabajo adicional**, que se transforma en calor, para llevar el sistema, desde el volumen V_4 , hasta el V_1 , y así poder iniciar un nuevo ciclo.

TRANSPORTE DE CALOR MEDIANTE
EL CICLO-M

Además del transporte de calor mediante ciclos termodinámicos de procesos de *solo* interacción por choque, los cuales *requieren un trabajo adicional*, también se puede transportar el calor mediante un *ciclo Mixto, CICLO-M*. Este está formado por procesos de interacción por choque a volumen constante y procesos de interacción con campo.



El **CICLO-M** ideal consta de los siguientes procesos:

- 1) Las partículas, con una determinada temperatura T_1 (velocidad cinética media), evolucionan de forma adiabática, gracias a su energía cinética, en un campo de fuerza desde un nivel inicial n_1 , hasta otro nivel superior n_2 , llegando a este con una energía cinética menor, menor temperatura, T_2 , $T_2 < T_1$.
- 2) En el nivel n_2 , las partículas se calientan, mediante la interacción por choque, hasta adquirir la temperatura T_3 que hay en este nivel, $T_3 > T_2$, absorbiéndose el calor Q .
- 3) Las partículas, ya con la temperatura T_3 , evolucionan de forma adiabática en caída libre desde el nivel n_2 hasta el nivel n_1 , llegando a este con la temperatura T_4 , $T_4 > T_1$.
- 4) Las partículas en el nivel n_1 se enfrían, mediante la interacción por choque, hasta la temperatura T_1 que hay en dicho nivel cediendo el calor Q . Quedándose en las condiciones iniciales para poder iniciar un nuevo ciclo.

La energía cinética que transformaron en energía potencial las partículas en la adiabática de subida, es igual al incremento de la energía cinética que experimentan dichas partículas en la adiabática de

bajada, por lo tanto, el trabajo neto necesario para llevar el calor Q , desde el foco frío a la temperatura T_3 , hasta el foco caliente a la temperatura T_1 , es nulo.

Este ciclo es similar al ciclo ideal termodinámico anteriormente descrito, con el matiz importantísimo de que: En este ciclo, la transformación de la energía térmica en trabajo (energía potencial) y viceversa **no depende del volumen**, por lo tanto, el estado final es igual al iniciar y se puede iniciar un nuevo ciclo.

Transportar el calor, desde un foco frío, a otro foco caliente, sin gasto neto de trabajo, equivale a una fuente de energía inagotable:

MÓVIL PERPETUO DE 2ª CLASE

$$T_3 + \Delta t \xrightarrow{Q} T_1$$

Como conclusión podemos decir que, **las temperaturas negativas clásicas**, no existen como tales, solo eran una manera de vislumbrar que existen fenómenos que no están amparados por la 2ª ley de la Termodinámica como son:

- a) *El transporte de calor sin gasto neto de trabajo mediante el CICLO-M.*
- b) *La compresión de las partículas mediante la interacción con campo (inversión de población).*

REALIZACIÓN PRÁCTICA DEL CICLO-M...