

lugar en un sentido. Se puede suministrar energía mediante el paso de corriente por una resistencia, pero no es posible extraerla.

La trayectoria *ibf* representa otra forma adiabática de modificar el estado del sistema de *i* a *f*. La curva *ib* representa el proceso de disipación realizado con resistencias, y la curva *bf* corresponde al proceso cuasi-estático conseguido usando sólo pistones sin rozamiento. Como antes, *bf* puede efectuarse en cualquier sentido, pero *ib* sólo en uno.

Desde luego existen otras muchas trayectorias adiabáticas que unen *if*, tales como *icdf*, en que el proceso *cd* es una expansión no cuasi-estática realizada mediante el movimiento rápido hacia fuera de uno o ambos pistones, y el proceso *df* se efectúa manteniendo inmóviles ambos pistones y disipando energía eléctrica en una o en ambas resistencias. Otra trayectoria adiabática posible consiste en el movimiento rápido hacia afuera de los pistones, provocando una expansión *ie* no cuasi-estática, seguida por una disipación isócara *eb* de energía eléctrica, y de una compresión *bf* cuasi-estática. Aunque nunca se han realizado medidas precisas del trabajo adiabático según diferentes trayectorias entre los dos mismos estados, las experiencias indirectas indican que el trabajo adiabático es el mismo a lo largo de tales trayectorias. La generalización de este resultado constituye el *primer principio de la termodinámica*:

Si un sistema es obligado a pasar de un estado inicial a otro final, utilizando solamente transformaciones adiabáticas, el trabajo realizado es el mismo para todas las trayectorias adiabáticas que unen los dos estados.

Siempre que se encuentra que una magnitud depende sólo de los estados inicial y final y no de la trayectoria que los une, puede deducirse una conclusión importante. El lector recordará de mecánica que al desplazar un objeto de un punto a otro en un campo gravitatorio, en ausencia de rozamiento el trabajo realizado depende sólo de las posiciones de ambos puntos y no de la trayectoria recorrida por el cuerpo. Se dedujo de ello que existe una función de las coordenadas espaciales del cuerpo cuyo valor final menos su valor inicial es igual al trabajo realizado. Esta función se denominó *función energía potencial*. De forma similar, el trabajo realizado al desplazar una carga eléctrica de un punto a otro en un campo eléctrico es también independiente de la trayectoria y, por tanto, es posible expresarlo como el valor de una función (la función potencial eléctrico) en su estado final menos su valor en el estado inicial. Del primer principio de la termodinámica se deduce, por consiguiente, que existe una función de las coordenadas de un sistema termodinámico cuyo valor en el estado final menos su valor en el estado inicial es igual al trabajo adiabático que se realiza al pasar de un estado a otro. Esta función se denomina *función energía interna*.

Representando por *U* la función energía interna, se tiene

$$W_{i \rightarrow f}(\text{adiabático}) = U_f - U_i, \quad (4-1)$$

donde los signos son tales que, si se realiza trabajo positivo sobre el sistema, aumenta su energía.