

Pájaro bebedor

Equipamiento:

Pájaro
Vaso de precipitado
Posiblemente una base (por ejemplo, una tablilla de madera)
Campana de vidrio [alternativamente, una bolsa de plástico transparente (relativamente) rígida]
Si es posible, un dispositivo de levantamiento

Químicos:

Agua

Seguridad:

—

Procedimiento y observación:

El vaso de precipitado debe ser llenado con agua y colocado a una altura tal que cuando el pájaro se acerque lo haga de manera horizontal y meta el pico en el agua. El experimento se inicia humedeciendo suficientemente el filtro de la cabeza del pájaro, luego de lo cual el pájaro comienza a “beber” periódicamente, esto es, oscila suavemente hacia atrás y adelante, hasta que finalmente sumerge su pico en el agua y vuelve hacia atrás asintiendo con la cabeza. Después de un cierto número de oscilaciones, el proceso inicia nuevamente.

Después de que el pájaro ha hecho varias veces este movimiento de cabeceo, se coloca una campana de vidrio sobre él y el vaso de precipitado [alternativamente, se puede utilizar una bolsa de plástico transparente (relativamente rígida) en su lugar]. Después de un tiempo, el pájaro se detendrá. Este procedimiento se acelera mediante un humedecimiento de la pared interna de la campana. Si se retira la campana el pato comienza de nuevo a “beber”.

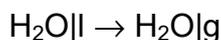


Si se le coloca al pájaro un dispositivo adecuado, su movimiento se puede utilizar para levantar un peso pequeño.

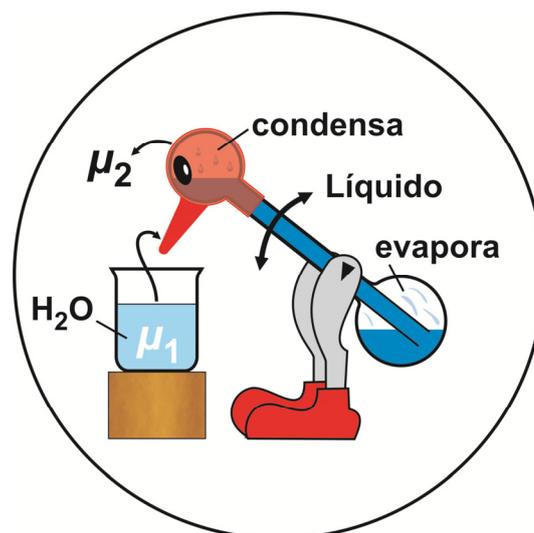


Explicación:

Técnicamente, el “pájaro bebedor” es un tipo de “máquina química” que hace uso de la diferencia entre los potenciales químicos del agua líquida en un vaso (μ_1) y del vapor de agua en el aire (μ_2). Debido al fenómeno de la acción de masas, el potencial químico del vapor de agua fuertemente diluido en el aire está por debajo que el potencial químico del agua líquida, y el proceso de volatilización



toma lugar espontáneamente.



El flujo de vapor desde el fieltro hacia el aire ambiental, debido al gradiente de potencial $\mu_1 \rightarrow \mu_2$, está acoplado con un flujo de entropía. El vapor transporta, aproximadamente, tres veces más entropía a la que previamente estaba contenida en el agua líquida. Por lo tanto, el fieltro humedecido se enfría y la entropía comienza a escapar del interior de la cabeza de tal manera que la cabeza se enfría respecto a la parte trasera del cuerpo. Parte del vapor del líquido interno (con un punto de ebullición muy bajo) se condensa y la presión reducida obliga al líquido a subir por el tubo con lo cual el centro de gravedad del pájaro se desplaza gradualmente hacia arriba. Finalmente, el pájaro se vuelca y se inclina hacia el agua. En este momento, el extremo inferior del tubo sale del contacto con la superficie del líquido, parte del líquido se vuelve a vaciar en el cuerpo y la presión de vapor en la cabeza y en el cuerpo se igualan. El punto de gravedad retorna a su posición inicial y el pájaro vuelve a su posición vertical, iniciando el “juego” nuevamente. Mientras que la cabeza del pájaro permanezca húmeda, el proceso de “beber” se repetirá periódicamente.

Cuando la campana de vidrio se coloca sobre el pájaro y el vaso de precipitado, el aire que está encerrado se enriquece cada vez más con vapor de agua. Los potenciales químicos del agua (μ_1) y del vapor de agua saturado (μ_2) se igualan de tal manera que la diferencia de potencial y, por lo tanto, la fuerza motriz se hace cero: el pájaro deja de “beber”.

El uso del pájaro bebedor con el dispositivo de levantamiento prueba que realmente se trata de una máquina química. Para una máquina trabajando sin pérdidas entre dos reservorios de potenciales fijos μ_1 y μ_2 la energía obtenida ($W < 0$) puede ser utilizada cuando la cantidad de materia n se transfiere del potencial más alto del agua líquida en el vaso, μ_1 , al potencial más bajo del vapor de agua en el aire ambiental, μ_2 :

$$W = n(\mu_2 - \mu_1).$$

Tratamiento de residuos:

—