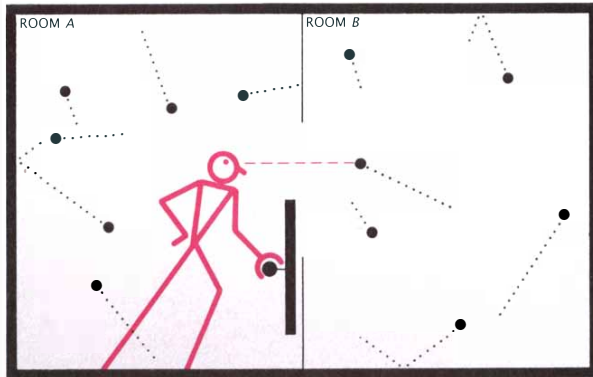


Termo avanzada

Guía 3: demonio de Maxwell

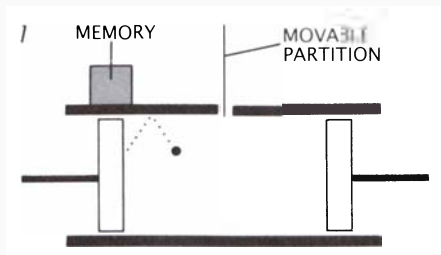
El demonio original



El demonio deja pasar las partículas rápidas de A a B, y las lentas de B a A, disminuyendo la entropía

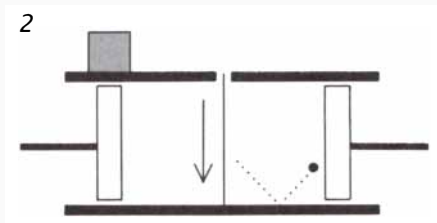
Aparente violación **macrosópica** de la segunda ley. Pero esto no tiene en cuenta el proceso del propio demonio!

Máquina de Szilard



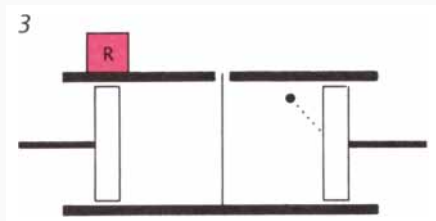
Estado inicial

Máquina de Szilard



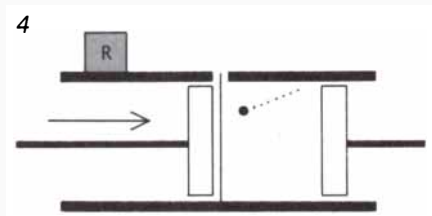
Se inserta la partición

Máquina de Szilard



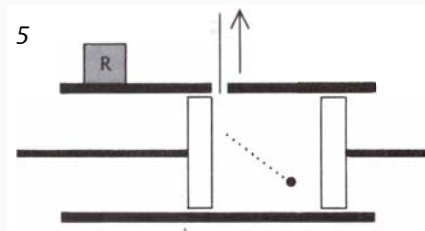
La memoria registra en qué mitad está la partícula

Máquina de Szilard



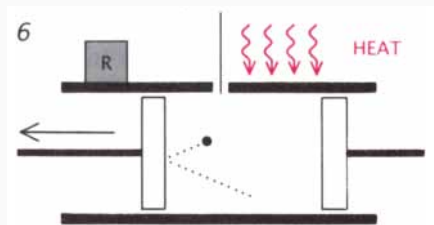
Se mueve el pistón de la otra mitad

Máquina de Szilard



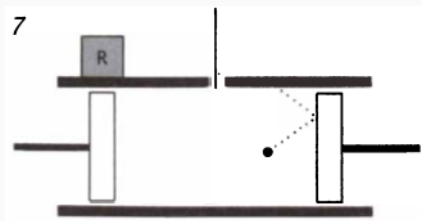
Se saca la partición

Máquina de Szilard

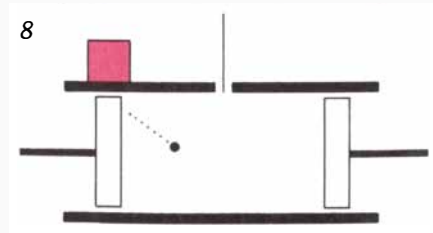


Expansión isoterma $\Rightarrow W = kT \ln V_f/V_i = kT \ln 2$

Máquina de Szilard



Máquina de Szilard



Se borra la memoria, volviendo al estado inicial

Máquina de Szilard

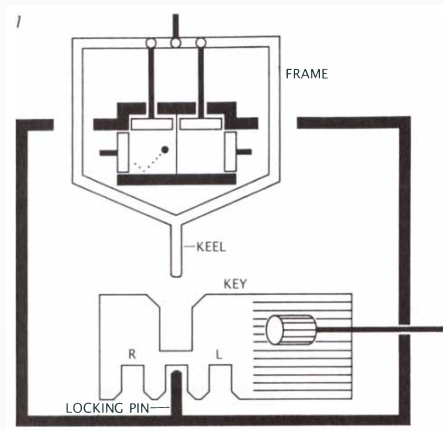
Resultado neto (aparente): en un proceso cíclico, se convierte calor extraído de una sola fuente en trabajo $W = kT \ln 2 \Rightarrow$ Violación **macroscópica** de la segunda ley.

Pero esto no tiene en cuenta el proceso de la memoria!

La memoria: medida

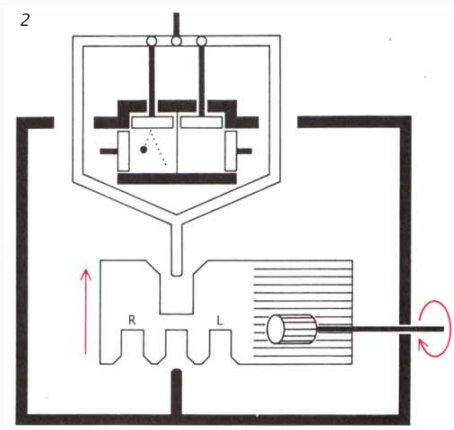
El proceso en que la memoria registra en qué mitad de la caja está la partícula se puede hacer sin intercambiar calor ni trabajo.

La memoria: medida



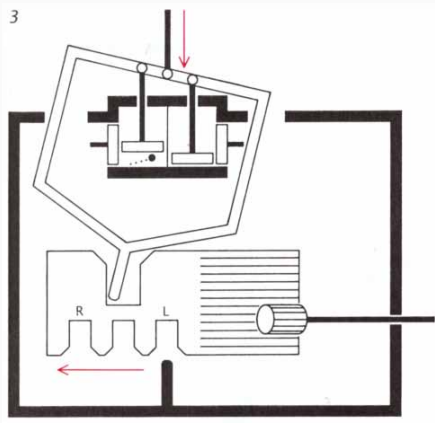
La máquina está dentro de un recipiente en forma de barco, la memoria es la llave. Ahora está en el estado 'en blanco' (ni 'izquierda' (L) ni 'derecha' (R))

La memoria: medida



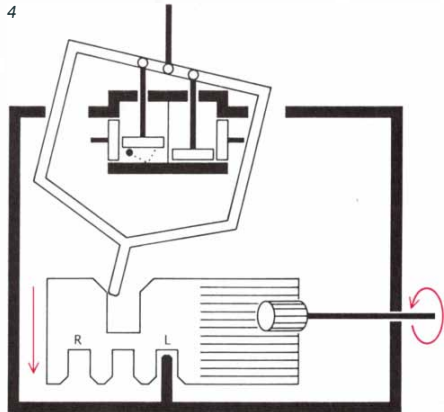
Usando la perilla, se levanta la llave hasta hacerla casi encajar con la quilla del barco

La memoria: medida



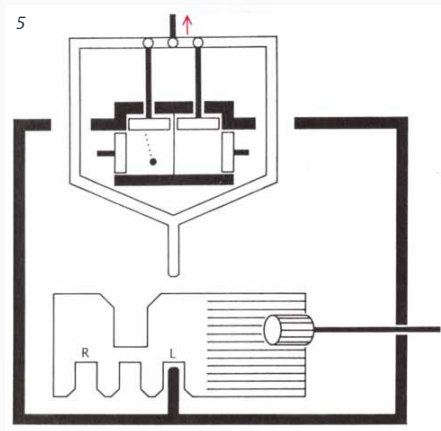
Se empuja el barco hacia abajo de forma reversible, y éste se inclina (porque sólo hay resistencia de un lado de la máquina) desplazando la llave

La memoria: medida



Usando la perilla, se vuelve a bajar la llave, que ahora queda en el estado 'izquierda' (L)

La memoria: medida



Se invierte el proceso del barco, recuperando el trabajo que habíamos hecho sobre él

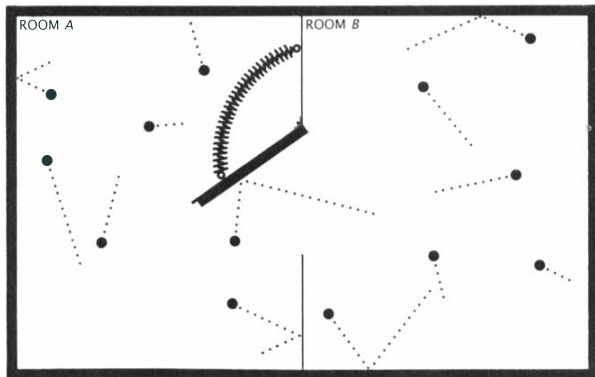
La memoria: borrado

- En el proceso de borrado, la memoria pierde entropía: $\Delta S = -k \ln 2$.
- **Principio de Landauer:** esta entropía es entropía termodinámica \Rightarrow Si Q es el calor cedido por la memoria, $\Delta S \geq -Q/T \Rightarrow Q \geq kT \ln 2$
- El proceso global de la memoria es cíclico \Rightarrow El trabajo absorbido es $W = Q \Rightarrow W \geq kT \ln 2$

Por lo tanto, **resultado neto de la máquina de Szilard:** todo el trabajo que entrega la máquina, $W = kT \ln 2$, se gasta en borrar la memoria.

Chau móvil perpetuo!

Y qué tal este otro demonio?



Una puertecita que sólo se puede abrir hacia un lado. Aparentemente va a generar una diferencia de densidad, disminuyendo la entropía

Algunas referencias

- Una explicación muy linda de todo esto, de donde saqué todas las figuras: Charles Bennett, Scientific American 1987

<https://ecee.colorado.edu/~ecen4555/SourceMaterial/DemonsEnginesAndSecondLaw87.pdf>

- El paper original de Landauer: Rolf Landauer, IBM Journal 1961

<http://worrydream.com/refs/Landauer%20->

[%20Irreversibility%20and%20Heat%20Generation%20in%20the%20Computing%20Process.pdf](http://worrydream.com/refs/Landauer%20-%20Irreversibility%20and%20Heat%20Generation%20in%20the%20Computing%20Process.pdf)

- Verificación experimental del principio de Landauer: Bérut et al., Nature 2012

http://www.physics.rutgers.edu/~morozov/677_f2017/Physics_677_2017_files/Berut.Lutz.Nature2012.pdf