

Motorers function på minimal skala

Kvanttermodynamik har nyligen blivit uppmärksammat till följd av kvantdatorer. Tanken är att lösa det ökända problemet med brus i kvantdatorer genom en djupare förståelse av dess ursprung. Termodynamik har historiskt sett varit en drivkraft för den industriella revolutionen och motorer i allmänhet. Den teoretiska och konceptuella utvecklingen av termodynamiken ledde till mycket ny teknik under den industriella revolutionen. I dagens samhälle är halvledarindustrin större än någonsin, den har emellertid på senare år fått allt mer problem med kvanteffekter, transistorerna är numera i nanometer skala. Kvanteffekter är effekter som kommer från kvantfysik, kvanteffekter blir allt tydligare desto mindre skala man arbetar på. Kvanttermodynamik är verktyget för att beskriva maskiner på nanoskala och är därmed en viktig del av lösningen till problemen industrin upplever idag.

Termodynamik är ursprungligen en praktisk lära som skapades för att effektivisera motorer. Men vad händer egentligen om man försöker applicera dessa koncept på kvant-skala? När går gränsen mellan klassisk termodynamik och kvanttermodynamik? Det har visat sig att resultaten är svårtolkade, än så länge finns det ingen sammanhängande teori gällande kvanttermodynamik. Den huvudsakliga anledningen till varför det är så svårt att skapa en konsekvent teori för kvanttermodynamik är de många fenomen som finns på kvant-skala men inte alls i det vardagliga livet.

Vi använder en väldigt förenklat bild av verkligheten i denna avhandlingen, nämligen den så kallade Hubbard-Holstein modellen på en dimer. Modellen används för att beskriva hur elektroner rör sig i ett kristallint material bestående av molekyler. En dimer är ett system som är tvådelat, vi kallar de två delarna vänster och höger. Vi har också två elektroner i detta system, ifall båda elektronerna är vänster (eller höger) känner de en repulsiv kraft, precis som den mellan två kylskåpsmagneter. Annars är elektronerna fria att röra sig mellan vänster och höger. Slutgillningen sätter vi på en låda med en fjäder till den vänstra delen, denna fjäder kan oscillera fritt. Ifall fjädern trycks ihop höjs energin för den vänstra delen och ifall fjädern dras ut sänks energin för den vänstra delen.

Vi har testat en av teorierna för kvanttermodynamik med Hubbard-Holstein modellen på en dimer. Resultaten visar att effekten av fjädern är att utjämna de typiska kännetecknen i arbetet utfört av systemet. Vi har sett att systemet kan agera som ett batteri som kan laddas. Vi såg också att det var viktigt vilken ordning vi ändrade parametrarna i systemet, som vi förväntade oss av klassisk termodynamik. Ett vardagligt exempel på detta är skillnaden mellan att rotera en Rubiks kub först 90 grader åt höger, sen 90 grader framåt och eller att göra de två rotationerna i omvänd ordning. Naturligtvis kommer kuben se olika ut beroende på vilken ordning man väljer. Det sista systemet vi analyserade var en cyklisk rörelse i Hubbard-Holstein modellen, precis som den cykliska rörelsen som utförs i en bil motor. Resultaten visade att den cykliska rörelsen var på många sätt lik rörelsen i en vanlig motor.

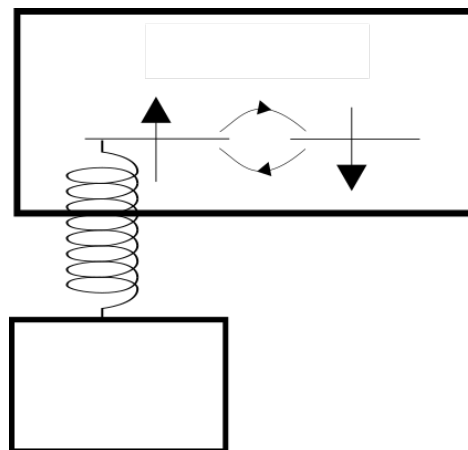


Figure 1: Hubbard-Holstein modellen, de två elektronerna är representerade med pilar. Den ena elektronen är en uppåtpil och den andra är en nedåtpil.