

Populärvetenskaplig sammanfattning

Termodynamik är ett ämne som nyligen har fått förnyat intresse inom ett antal olika forskningsdiscipliner. En av frågorna som intresserar är hur information och energi är relaterat; skulle en demonisk varelse kunna vara nyckeln till att förstå en sådan relation?

Klassisk termodynamik, eller bara termodynamik, är en teori inom fysiken som utvecklades under 1700- och 1800-talen med målet att effektivisera värme- och ångmaskiner. Teorin beskriver beteendet hos system där enormt många partiklar är involverade. Ett simpelt exempel på ett sådant system är ett glas vatten; i en deciliter vatten finns det ca 10^{24} vattenmolekyler, det är så många att det är fullständigt omöjligt att hålla reda på enskilda molekyler. Inom termodynamiken studeras därför kvantiteter som är enkla att mäta, exempelvis tryck, temperatur och volym.

Termodynamikens andra lag är ett centralt begrepp inom termodynamiken. Den andra lagen säger att entropin i ett fysikaliskt system alltid måste maximeras; entropi är en komplex kvantitet som är svår att greppa, men vanligtvis säger man att entropin beskriver ordningen i ett system. För att ta ett exempel; om två objekt av olika temperatur, ett varmt och ett kallt, förs samman, skulle nog alla vara överens om att värme strömmar från det varmare objektet till det kallare tills båda objekten har samma temperatur. I denna process ökar entropin.

Under slutet av 1800-talet formulerade fysikern James Clerk Maxwell ett tanke-experiment som tycks bryta mot termodynamikens andra lag. I tanke-experimentet skapar en demonisk varelse energi från ingenting, något som är omöjligt; energi kan ju som bekant omvandlas mellan olika former men aldrig skapas eller förstörs. Denna paradox går under namnet *Maxwells demon*, och går faktiskt att lösa genom att betrakta den demoniska varelsen som ett fysikaliskt system. På detta sätt kan man visa att experimentet inte bryter mot den andra lagen. Det som faktiskt händer är att demonen konverterar information till energi, och i slutänden har entropin maximerats.

Maxwells demon har under senare tid börjat intressera fysiker från olika discipliner. Dagens teknologiska framfart har gjort det möjligt att fabricera system av nanometerstorlek där det är möjligt att implementera Maxwells demon. Anledningen till att demonen fått så mycket uppmärksamhet är att den är en perfekt kandidat för att studera hur information konverteras till energi.

Denna masteruppsats undersöker om det är möjligt att implementera en Maxwell-demon i ett system som utgörs av två seriekopplade kvantprickar¹. Maxwell-demonen kan styra energinivåerna i kvantprickarna på ett sådant sätt att elektroner kan transporteras från en lägre till en högre elektrisk potential utan att spendera något arbete. Detta är anmärkningsvärt eftersom processen där elektroner transporteras till en högre potential vanligtvis kräver att arbete spenderas. Resultaten visar att det i teorin skulle vara möjligt att konstruera demonen på detta sättet. I huvudsak undersöks transportegenskaper så som elektrisk ström och dess fluktuationer.

Handledare: Peter Samuelsson och Patrick Potts

Examensarbete 30 hp i fysik 2018

Fysiska institutionen, Lunds universitet

¹Kvantprickar är artificiella atomer som kan tillverkas i nanotrådar.