

Principio di indeterminazione e secondo principio della termodinamica

The uncertainty principle and the second law of thermodynamics

Candidato: Gianni Del Bimbo (gianni.delbimbo@stud.unifi.it)

Relatore: Alessandro Cuccoli (cuccoli@fi.infn.it)

Analizzando lo sviluppo della Fisica nel corso del tempo si osserva che le sue diverse branche, per esempio la Meccanica Quantistica e la Termodinamica, sono state costruite a partire dalla formulazione e adozione di principi ritenuti indipendenti fra loro. Con l'avanzamento delle ricerche è però stato possibile iniziare a intravedere punti di contatto fra una disciplina e l'altra ed il recente sviluppo della teoria quantistica dell'informazione si presenta come una promettente fonte di progressi in tal senso. Sempre un maggior numero di ricercatori si è dedicato infatti alla ricerca di collegamenti tra il mondo dei quanti e il mondo termodinamico e recenti lavori hanno gettato maggior luce sulla questione evidenziando un legame tra due dei principi fondamentali di queste teorie. In un recente lavoro E.Hännigi e S.Wehner hanno presentato un significativo contributo in tale direzione mostrando come una violazione del principio di indeterminazione implichi una violazione del secondo principio della termodinamica. Più precisamente è stato mostrato come sia possibile costruire un ciclo termodinamico, basato su una serie di trasformazioni di un sistema quantistico, che, qualora sia possibile violare il principio di indeterminazione, è in grado di produrre un lavoro netto positivo scambiando calore con una sola sorgente e portando quindi ad una violazione dell'enunciato di Kelvin-Planck del secondo principio della termodinamica. Tale collegamento è stato individuato solo ricorrendo a una formulazione più moderna e generale delle relazioni di incertezza nel processo di misura e utilizzando concetti di teoria dell'informazione: è così stato possibile mettere in relazione il lavoro massimo ottenibile sul ciclo con i valori limite relativi all'incertezza di misura, ottenendo una concisa espressione finale che rivela in modo diretto il legame tra i due principi. Il risultato finale è stato ottenuto in modo esplicito considerando il caso di un sistema quantistico con spazio di Hilbert bidimensionale (qubit) e un insieme di due misure con due possibili risultati ciascuna; tuttavia i termini generali con cui è impostato il ragionamento fanno ben intuire la possibilità di generalizzare il risultato, come mostrato in numerosi articoli successivi da cui questa tesi ha preso spunto. La tesi è strutturata in tre capitoli. Nel primo capitolo introduciamo il formalismo dell'operatore densità e il concetto più generale di misura quantistica. Nel secondo capitolo presentiamo elementi di teoria dell'informazione e le cosiddette *fine-grained uncertainty relations*, necessarie per studiare il ciclo proposto da Hännigi e Wehner. Nel terzo e ultimo capitolo descriviamo il ciclo termodinamico studiato e, dopo aver svolto il calcolo esplicito del lavoro sul ciclo, applichiamo il risultato ottenuto allo studio di una macchina termica basata sul qubit, mostrando la connessione fra i due principi.