

SOVRAPPOSIZIONE DI AUTOSTATI IN FISICA CLASSICA

dr.ing. Alberto Sacchi
Sviluppo Progetti Avanzati srl- R&D Dept.
ing.sacchi@alice.it

SINTESI (Abstract)

La meccanica quantistica prevede che solo la misura di una osservabile fisica possa generare il collasso della funzione d'onda verso uno degli infiniti autostati in cui si trova il sistema. Nonostante le enormi differenze concettuali tra Meccanica Quantistica e Fisica classica, anche in quest'ultima esistono sistemi in stati sovrapposti ove solo la misura di una osservabile fisica può evidenziare uno di essi.

Quantum mechanics states that only the measurement of a physical observable can generate the wave function collapse to one of the infinite eigenstates in which the system exist. Despite the enormous conceptual differences between quantum mechanics and classical physics, exist some classical systems in overlapping states where only the measurement of a physical observable can highlight one of them.

PAROLE CHIAVE (Keyword)

Autostato, stati sovrapposti, osservabile, campo elettrostatico, campo gravitazionale, corpo di prova, macrostato, microstato, entropia, termodinamica statistica

INTRODUZIONE (Introduction)

Tra Fisica Classica e Meccanica Quantistica esistono sostanziali differenze concettuali, in particolare concernenti il problema ontologico per il quale può risultare significativamente auto esplicante la frase di Einstein a Bohr “ Sei forse convinto che la luna non esista se nessuno la stà osservando?”

Uno dei Postulati fondamentali della MQ asserisce che “ La misura dell'osservabile A avente come risultato α , proietta l'autostato $|\psi\rangle$ sull'autospazio di α .

Ovvero, la misura stessa dell'osservabile A, ossia α , genera il collasso della funzione d'onda nell'autostato comprendente l'osservabile A la cui misura è α .

Nulla può meglio illustrare tale Postulato del famosissimo paradosso noto come “ il gatto di Schrodinger”.

Il presente scritto vuole evidenziare come anche nella fisica classica solo la misura di una osservabile fisica possa evidenziare quale delle molteplici realtà esistenti sia presente all'atto della sperimentazione.

AUTOSTATI ED ELETTROMEGETISMO (Genstates and electromagnetism)

Si consideri la misura del campo gravitazionale generato dalla massa M nel punto P.

Dalla notissima relazione di Newton:

$$\vec{F}_{Mm} = -G \frac{Mm}{r^3} \vec{r}_{Mm} \quad (1.1)$$

con G = costante di gravitazione universale

\vec{r}_{Mm} = = versore da M a m

La determinazione in via sperimentale del campo in P avviene ponendo in P un corpo di prova di massa m; dividendo entrambi i membri della (1.1) per m, si ottiene:

$$\vec{g}(P) = -GM \frac{\vec{r}_{MP}}{r^3} \quad (1.2)$$

che rappresenta il campo gravitazionale in P (coincidente con l'accelerazione in P)

Contestualmente alla misura del campo gravitazionale in P si desidera rilevare il campo elettrostatico, generato da un corpo avente carica elettrostatica Q.

L'equazione che governa il fenomeno è simbolicamente identica alla (1.1); equazione di Coulomb:

$$\vec{F}_{Qq} = \frac{Qq}{4\pi\epsilon} \frac{\vec{r}_{Qq}}{r^3} \quad (1.3)$$

e dividendo entrambi i membri per q si ha:

$$\vec{E}_P = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \frac{\vec{r}_{Qq}}{r^3} \quad (1.4)$$

che rappresenta il campo elettrico nel punto P ove è stata posta la carica di prova q.

Si supponga di disporre di una massa M (in materiale dielettrico) caricata elettrostaticamente con carica Q. Si desidera determinare il campo totale (elettrogravitazionale) in un punto P dello spazio.

E' logico procedere ponendo in P un corpo di prova di massa m e carica q e determinare sperimentalmente la forza totale agente su tale corpo di prova.

Si assume che sia il campo gravitazionale che quello elettrostatico siano campi a simmetria radiale; ne deriva che entrambi i versori hanno identica direzione.

Sia \vec{FG} la forza rilevata:

$$\frac{\vec{FG}}{mq} = \mathbf{gE} = \text{campo elettrogravitazionale in P} \quad (1.5)$$

che può (adottando convenzionalmente e senza alcun significato matematico la terminologia tipica della MQ) può essere interpretato come la sovrapposizione di due autostati (gravitazionale e elettrico) del campo elettrogravitazionale.

Chiaramente possono essere determinati i valori distinti di \mathbf{g} e di \mathbf{E} tramite le misure delle relative osservabili ma ciò può avvenire solo mediante misure distinte ed in tempi non coincidenti con quello della misura di \mathbf{gE} **che può considerarsi come la sovrapposizione degli autostati gravitazionale ed elettrico.**

Infatti, mentre direzione e verso del vettore \mathbf{gE} possono essere dedotti dall'assioma della geometria radiale dei due campi distinti e dalla conoscenza del segno di Q, il modulo $|\mathbf{gE}|$ è affidato alla sola misura dell'osservabile Forza.

Sinteticamente: solo la misura indipendente della forza agente su m genera il collasso del campo \mathbf{gE} nell'autostato \mathbf{g} mentre solo la misura indipendente della forza agente su q genera il collasso del campo \mathbf{gE} nell'autostato \mathbf{E} .

Il sistema M G può essere considerato come unico ($MG \neq M + G$) quando sia M che G sono concentrati in un unico corpo; sostanzialmente differente si rivela il caso in cui M e G sono corpi distinti.

Sia dato un corpo di massa M in una posizione MP (essendo P il punto in cui si intende rilevare il campo) e un corpo di carica Q in posizione QP.

Sia inoltre F_{MQ} la forza rilevata in P (FIG 1)

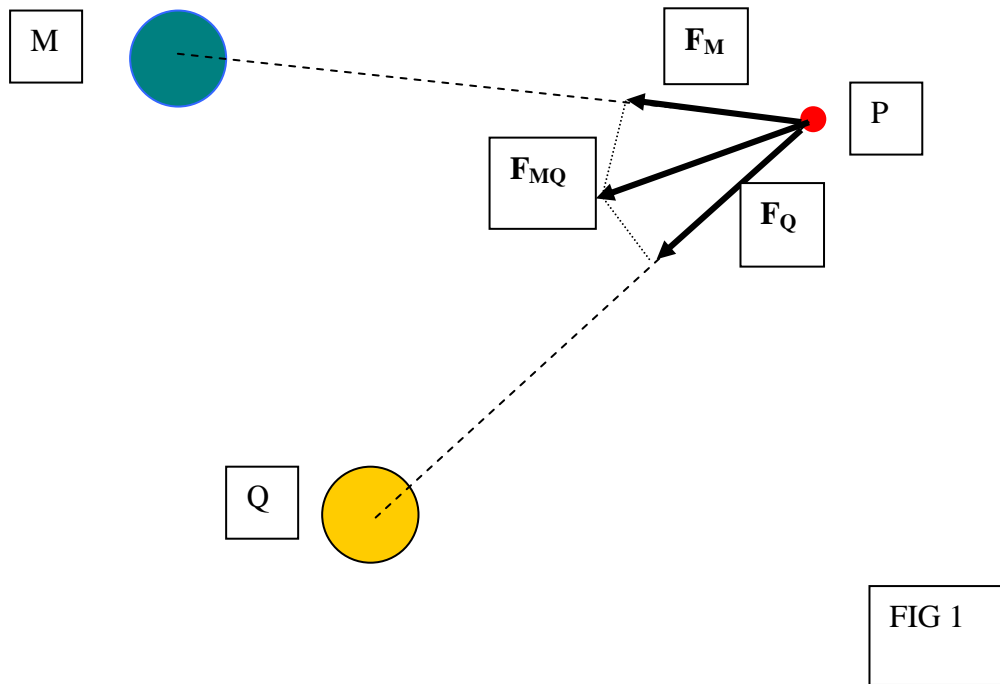


FIG 1

La scomposizione del vettore F_{MQ} lungo le direzioni MP e QP permette la determinazione di $|F_M|$ e $|F_Q|$ cioè di E e di g .

Si ottiene quindi $F_M/m = \text{Campo di M in P}$ e $F_Q/q = \text{Campo di Q in P}$.

Il sistema non si comporta come unico avente due autostati diversi bensì come due sistemi indipendenti che consentono la individuazione dei rispettivi campi.

In Meccanica Quantistica l'esistenza di autostati sovrapposti e coesistenti è conseguenza della non linearità della funzione d'onda (Equazione di Schrodinger) mentre in Fisica classica dipende dalla definizione stessa di Campo.

TERMODINAMICA STATISTICA (Statistical Thermodynamics)

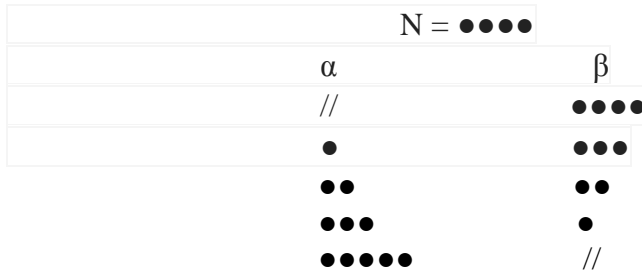
La Meccanica statistica nasce tra il 1860 ed il 1870 per opera di James Clerk Maxwell e di Ludwig Boltzmann che propone un metodo nuovo di considerare il concetto di Entropia.

Si consideri un sistema isolato costituito da N particelle elementari (per un gas = Molecole) indistinguibili e soggette a fluttuazioni casuali per effetto termico.

In numero di modi in cui N può ripartirsi in due distinte zone α e β di un medesimo spazio (contenitore) è $N+1$.

$$\text{Numero Macrostat} = N+1 \quad (2.1)$$

L'esempio relativo ad $N = 4$ può illustrare la relazione (2.1):



Macrostat = ripartizione casuale di N molecole di gas in due zone distinte di un medesimo spazio. In base alla indistinguibilità delle molecole ognuno dei Macrostat può essere generato da :

$$C_{N,K} = \frac{N!}{K!(N-K)!} \quad \text{Numero Microstat} \quad (2.2)$$

ove K rappresenta il numero di molecole nella zona denominata α . Anche la (2.2) può essere esemplificata ponendo $N = 4$ e $K = 1$

	α	β
Macrostat	●	●●●
	a	bcd
Microstat	b	acd
	c	abd
	d	abc

Ne deriva che ogni Macrostat può considerarsi, (adottando una terminologia tipica della Meccanica Quantistica) come la sovrapposizione di $C_{N,K}$ Autostat = Microstat dove solo la misura di una osservabile può generare il collasso del Macrostat in uno ed uno solo dei suoi Microstat.

I parametri atti ad individuare un Macrostat sono quelli tipici della Termodinamica Classica, ossia Volume, Temperatura e Pressione; da ciò deriva sia la stretta identità dei vari Microstat relativi ad uno specifico Macrostat (ogni Microstat presenta i medesimi valori dei parametri Classici), sia la indistinguibilità dei diversi Microstat mediante la misura di Pressione ,Temperatura e Volume.

Si pone ora il problema di individuare una osservabile fisica misurabile relativa a molecole che, in prima ipotesi ed approssimazione, sono state definite indistinguibili.

La misura di una osservabile fisica può essere riferita alla velocità delle molecole. Trattasi di un esperimento ovviamente mentale che, peraltro, nulla toglie alla validità delle ipotesi di simmetria formale tra alcune conclusioni della Meccanica Quantistica e della Fisica Classica.

Parafrasando il paradosso noto come “il diavoleto di Maxwell” si supponga di porre un setto divisore dotato di valvola a comando manuale tra i settori α e β di un contenitore di gas a temperatura T .

La funzione di distribuzione di Maxwell- Boltzmann stabilisce la densità di molecole di massa m di un gas a temperatura T , in base alla loro velocità unidirezionale.

La unidirezionalità è imposta del transito delle molecole attraverso la valvola.

$$H(v) = \left(\frac{m}{2\pi K_B T} \right)^{1/2} e^{-\frac{mv^2}{2\pi K_B T}}$$

Il conteggio delle molecole, nota massa, temperatura e costante di Boltzmann, consente di stabilire la velocità di gruppi omogenei di molecole, ognuno corrispondente ad uno dei componenti del Microstato in cui, nell'istante in cui è effettuata la misura, è collassato il Macrostato.

CONCLUSIONE (synthesis)

Pur tenendo in dovuta considerazione le differenze concettuali, formali e sperimentali tra Meccanica Quantistica e Fisica Classica, alcuni risultati tipici della MQ, in particolare la sovrapposizione di stati diversi del medesimo sistema, sono trasferibili a molti settori della Fisica Classica.

Il presente scritto ne evidenzia alcuni tra i più noti.