

Super-Coerenza Quantistica nella Materia

Luca Salasnich

Dipartimento di Fisica e Astronomia "Galileo Galilei", Università di Padova
luca.salasnich@unipd.it

VENETONIGHTPADOVA - Notte della Ricerca
27 Novembre, 2020

Cosa è la super-coerenza quantistica nella materia?

In Fisica si parla di **super-coerenza quantistica nella materia** nel caso di quei fenomeni naturali, detti anche **fenomeni quantistici macroscopici**, dove si ha

occupazione macroscopica di uno stato quantistico di singola particella o di due particelle,

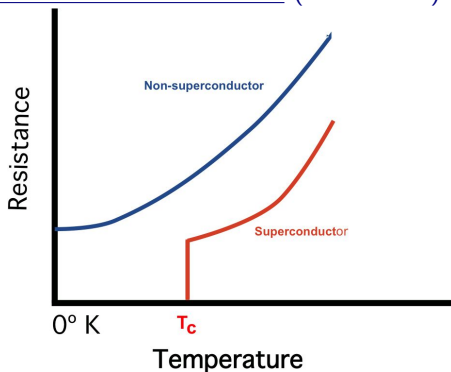
in termini tecnici si parla di **condensazione di Bose-Einstein**.

I principali **fenomeni quantistici macroscopici** caratterizzati da **super-coerenza quantistica** (ovverosia **Bose-Einstein condensation**) sono:

- i) la superconduttività
- ii) la superfluidità
- iii) la luce laser

La superconduttività (I)

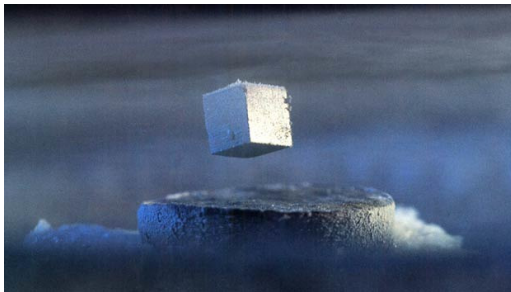
La **superconduttività** è stata scoperta nel 1911 da Heike Kamerlingh Onnes. Onnes osservò che nel mercurio (*Hg*) al di sotto di $T_c = 4.16$ Kelvin la resistenza elettrica diventa nulla (Nobel 1913).



Diversi materiali sono superconduttori al di sotto di una temperatura critica T_c . Nel 1957 John Bardeen, Leon Cooper and Robert Schrieffer capirono che nella superconduttività tantissime coppie di elettroni occupano lo stesso stato quantistico (super-coerenza quantistica, Nobel 1972).

La superconduttività (II)

I **materiali superconduttori** hanno molte interessanti proprietà. Per esempio la levitazione di un materiale magnetico sopra un superconduttore (effetto Meissner).

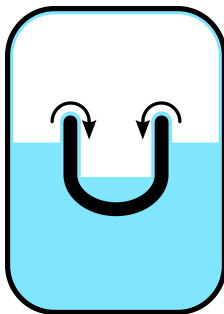


Alcune **applicazioni tecnologiche** dei **superconduttori**:

- treni MAGLEV, basati sulla levitazione magnetica (mag-lev);
- SQUIDS, capaci di misurare campi magnetici estremamente deboli;
- intensi campi magnetici per la Risonanza Magnetica negli ospedali.

La superfluidità (I)

La **superfluidità** è stata scoperta nel 1937 by **Pyotr Kapitza**. Kapitza trovò che, a pressione atmosferica, nel caso dell'elio 4 liquido, al di sotto di $T_\lambda = 2.16$ Kelvin la viscosità diventa nulla (Nobel 1978).

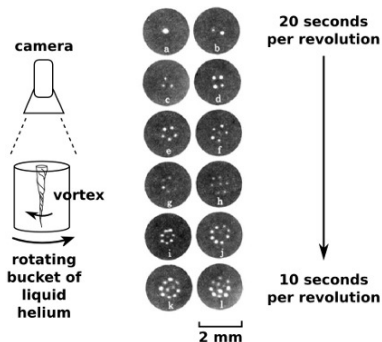


Oggi si riescono a produrre vari tipi di **superfluidi**. I superfluidi possono risalire le pareti di un contenitore. Inoltre, se messi in un tubo chiuso, scorrono infinitamente senza attrito.

In 1938 **Fritz London** diede una prima spiegazione teorica della superfluidità dell'elio 4 sulla base della condensazione di Bose-Einstein.

La superfluidità (II)

In the 1950s **Lars Onsager**, **Richard Feynman** (Nobel 1965), and **Alexei Abrikosov** (Nobel 2003) suggerirono che **i superfluidi possono avere vortici quantizzati**.

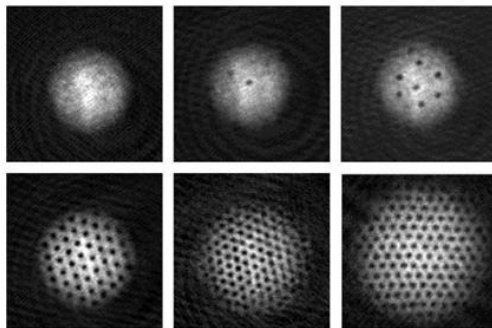


Linea vorticoso: densità superfluida n_s e modulo della **velocità superfluida** v_s in funzione della coordinata radiale cilindrica R .

Vortici quantizzati sono stati **osservati sperimentalmente** nella luce laser, nei superconduttori, nei superfluidi, e nei gas atomici ultrafreddi.

La superfluidità (III)

Recentemente (2002) i **vortici quantizzati** sono stati anche osservati sperimentalmente in gas atomici a temperature ultrabasse, dove è possibile avere la **condensazione di Bose-Einstein**.



Formazione di vortici quantizzati in gas condensati di atomi di ^{87}Rb . Il numero di vortici aumenta all'aumentare della frequenza rotazionale del sistema.

La luce laser (I)

I primi dispositivi a **luce laser** furono ideati nel 1955 da Charles Townes, Nikolay Basov e Aleksandr Prokhorov (Nobel 1964).



Il **laser ottico** è l'esempio più eclatante di **condensazione di Bose-Einstein** (non all'equilibrio termodinamico): le particelle di luce del fascio, dette fotoni, hanno

- i) la stessa energia (monocromaticità),
- ii) la stessa quantità di moto (unidirezionalità),
- iii) la stessa fase (coerenza).

La luce laser (II)

LASER = Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

I **laser** trovano oggi applicazione in svariati campi:

- **lavorazione di materiali** (foratura, taglio, saldatura);
- **misure industriali e civili** (interferometri laser per metrologia, misuratori di diametri di fili, granulometri, rugosimetri, sistemi di rilievo di campi di deformazione);
- **telecomunicazioni e fibre ottiche**;
- **medicina** (in Oftalmologia, in Chirurgia Generale, in Chirurgia con microscopio operatorio, in Chirurgia endoscopica).

Conclusioni

Alla fine di questo breve video spero che possiate commentare con le parole di **Enrico Fermi**:



“Prima di venire qui ero confuso su questo argomento.
Dopo aver ascoltato il tuo seminario, sono ancora confuso,
ma ad un livello superiore.

Grazie per la vostra attenzione!