

# Studio sperimentale di effetti di superfluidità in fluidi quantistici di luce

CANDIDATO: STEFANO PIERINI

RELATORE: PROF. ALBERTO BRAMATI  
*alberto.bramati@lkb.upmc.fr*

CORRELATORE: PROF. FRANCESCO MARIN  
*marin@fi.infn.it*

Un approccio originale allo studio della luce che attraversa un mezzo non-lineare  $\chi^{(3)}$  è di trattarla come un fluido di particelle interagenti, dove il mezzo media l'interazione tra di esse. Seguendo questo approccio, l'obiettivo di questo lavoro è stato di realizzare un esperimento per studiare gli effetti di superfluidità in un fluido di fotoni che attraversa un vapore di Rubidio. Esperimenti precedenti hanno mostrato questo tipo di comportamento con una non-linearità termica in un mezzo liquido, ma presentano alcune limitazioni dovute alle caratteristiche non-locali del mezzo[1].

Il primo importante parametro da conoscere per realizzare un tale esperimento è la non-linearità del mezzo in prossimità della risonanza atomica in funzione della frequenza di lavoro.

La prima parte del mio lavoro è stata dedicata a misurare l'ordine di grandezza di tale non linearità per un vapore di rubidio al variare della temperatura, per identificare i parametri ottimali per l'esperimento. Per fare questo ho usato la tecnica dello *z-scan*, ripetendo la misura per varie densità numeriche per diversi detuning rispetto alla risonanza atomica: ho ottenuto  $n_2^{\max} \sim 10^{-4} \text{mm}^2/\text{W}$  per una luce 1 GHz *red-detuned* dalla riga  $^{87}\text{Rb } 5^2\text{S}_{\frac{1}{2}} \text{ F} = 2 \rightarrow 5^2\text{S}_{\frac{3}{2}} \text{ F} = 0$ . Per conoscere precisamente il detuning fra la frequenza del laser e la riga atomica ho misurato il battimento fra il laser di lavoro e un laser di riferimento di cui abbiamo effettuato il *lock* su una riga del rubidio usando un set-up di assorbimento saturato. Ho realizzato l'intero montaggio necessario sia a effettuare lo *z-scan* che per il sistema di *lock*, incluso l'assorbimento saturato e il battimento fra i due fasci laser. Per rispondere alle necessità di sincronizzazione per effettuare la misura, ho programmato un computer *Raspberry-Pi* per controllare l'oscilloscopio, l'analizzatore di spettro e la piattaforma di traslazione.

Nella seconda parte del lavoro ho realizzato un montaggio per le misure di superfluidità, e ho lavora-

to all'ottimizzazione dell'esperimento. Creando una perturbazione sulla sommità del fluido con un fascio di sonda di debole intensità, per differenti densità del fluido stesso possiamo osservare come la non-linearità influisca sulla propagazione della perturbazione rispetto al caso lineare. Lo scopo era, dunque, misurare lo *shift* fra la figura di interferenza con e senza la non-linearità. Dall'analisi teorica, ci si aspetta che tale sfasamento aumenti linearmente con la lunghezza d'onda della perturbazione, e saturi ad un valore costante nel caso superfluido.

Per effettuare questa misura ho sviluppato un sistema per controllare la temperatura della cella contenente rubidio, con lo scopo di aumentare la densità numerica del vapore. In aggiunta, ho completamente automatizzato l'esperimento per ottimizzare e velocizzare l'acquisizione dati, utilizzando un codice *Matlab* e un *Raspberry-Pi* per controllarlo. Ho inoltre realizzato l'elettronica necessaria per raccordare quest'ultimo con i componenti ottici a nostra disposizione.

I dettagli dei programmi scritti per controllare l'intero esperimento sono presentati alla fine del lavoro.

Infine realizzato un esperimento preliminare in cui viene misurato lo *shift* non-lineare. Possiamo osservare un chiaro aumento dello *shift* con la lunghezza d'onda della perturbazione che si propaga nel fluido, come previsto dalla teoria. Questi promettenti risultati dovrebbero consentire di dimostrare il regime superfluido osservando la saturazione dello *shift* nella prossima generazione di esperimenti, in cui verrà utilizzata una più forte non-linearità.

## Riferimenti bibliografici

- [1] David Vocke et al. «Experimental characterization of nonlocal photon fluids». In: *Optica* 2.5 (2015), pp. 484–490.