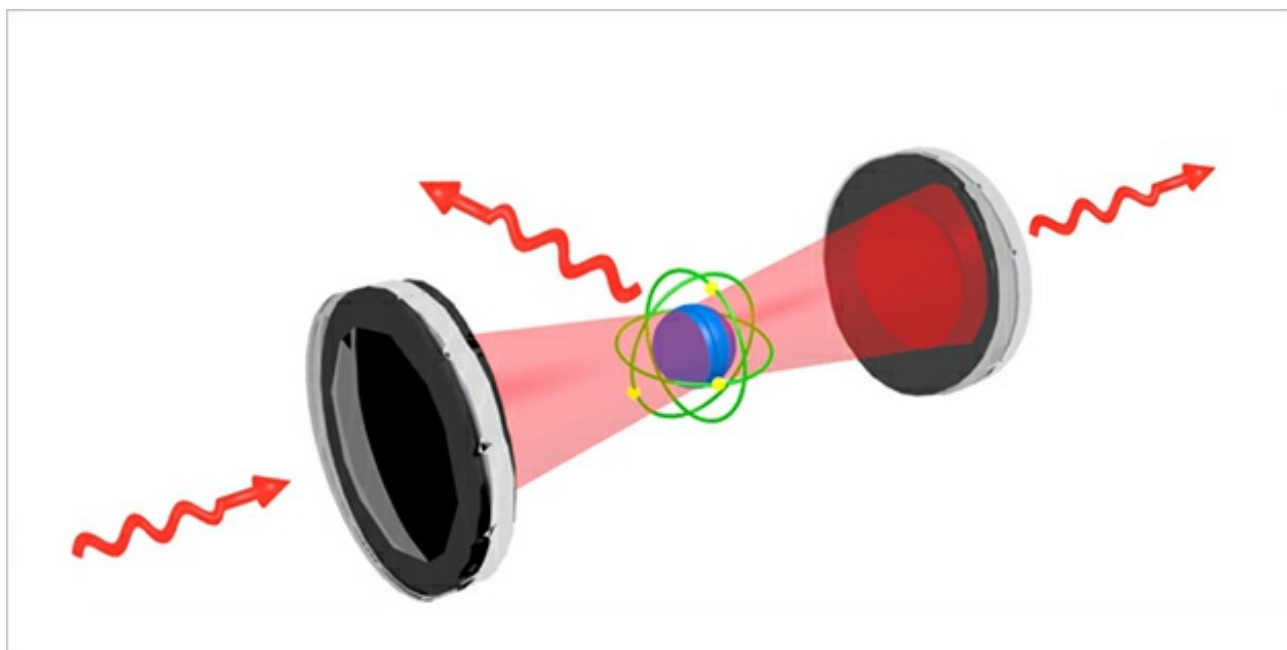


Dalla metrologia classica alla metrologia quantistica per misure di gravità

✍ L. Salvi 📅 28-02-2019 ↗ <http://www.primapagina.sif.it/article/909>



Atomo interagente con la luce circolante in una cavità ottica. In seguito alle multiple interazioni fra atomi e luce, i fotoni uscenti dalla cavità e misurati dall'occhio portano informazione collettiva sullo stato atomico. In questo modo una misura effettuata sui fotoni può produrre uno stato correlato atomico utile a misure di gravità.

Quando un insieme di atomi viene portato a temperature prossime allo zero assoluto emerge la natura ondulatoria della materia. Questo comportamento permette di usare sistemi atomici ultrafreddi come sensori di gravità estremamente sensibili. Una configurazione che permette queste misure è l'interferometro atomico, in cui queste onde di materia vengono divise, riflesse e ricombinate. La fase delle onde di materia accumulata nell'interferometro contiene l'informazione del campo di gravità in cui il moto atomico è avvenuto e questa può essere stimata, dopo la ricombinazione, misurando la differenza di popolazione di due stati atomici.

Questa tecnica ha permesso di misurare molti effetti gravitazionali. In particolare, si è dimostrata la possibilità di misurare la costante di gravitazione universale con una precisione confrontabile con quella di altre misure effettuate con oggetti macroscopici. Un'altra applicazione importante riguarda la verifica della validità del principio di equivalenza in forma debole, ovvero

l'affermazione che tutti i corpi cadono allo stesso modo indipendentemente dalla loro natura e composizione. Con sensori atomici, questo principio è stato verificato a livello quantistico, ovvero con sovrapposizioni di due stati interni atomici. In altre parole è stato verificato (a un certo livello) che un atomo contemporaneamente "blu" e "rosso" cade allo stesso modo di un atomo solo "blu".

Infine è stato realizzato un interferometro atomico in cui la separazione, la riflessione e la ricombinazione delle onde di materia avvengono grazie a transizioni atomiche a un singolo fotone, diversamente dalle transizioni a molti fotoni comunemente utilizzate. Siccome la fase dell'interferometro dipende dalla fase dei fotoni incidenti, e la fase di un singolo fotone non può cambiare nel percorso da un interferometro all'altro, questa configurazione permette di cancellare in gran parte il rumore tecnico. Per questo motivo, un tale interferometro rappresenta uno dei migliori candidati per la rivelazione di onde gravitazionali di bassa frequenza.

L'incertezza di questi esperimenti è ad oggi prossima al limite quantistico per la stima della fase dell'interferometro. Infatti, il processo di misura delle popolazioni che conduce all'informazione di fase è soggetto a un rumore, detto rumore shot, che limita la precisione di misure di fase quando gli stati atomici sono scorrelati. Esistono tuttavia delle tecniche, spesso realizzate per orologi atomici, che consentono di creare correlazioni quantistiche in grado di cancellare parzialmente il rumore per una data osservabile.

In un esperimento in fase di costruzione ai laboratori del LENS di Firenze, si sta realizzando un apparato in grado di realizzare questi stati, detti "entangled", in modo che risultino utili a misure di gravità. La tecnica utilizzata si basa sulla misura dello sfasamento di fotoni che hanno circolato in una cavità ottica in cui è presente il sistema atomico. Grazie alle multiple interazioni dei fotoni in una cavità ottica con gli atomi, gli stati degli atomi e dei fotoni risultano entangled e una misura sui fotoni può proiettare gli atomi in uno stato entangled utile alla metrologia.

Scopri di più

Homepage: Credits NASA/JPL-Caltech