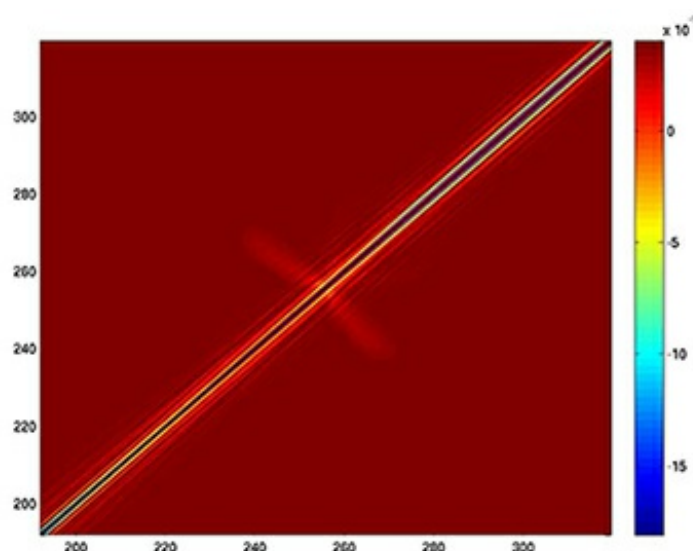


Rivelato un analogo acustico della radiazione di Hawking grazie al "baffo italiano"

✍ R. Balbinot, I. Carusotto, A. Fabbri 📅 30-08-2016 ↗ <http://www.primapagina.sif.it/article/486>



Riproduzione della figura in cui il "baffo" relativo alla radiazione di Hawking è stato numericamente osservato per la prima volta in un calcolo quantum Monte Carlo. Il baffo è riconoscibile come una tenue banda rosso chiaro orientata lungo la anti-diagonale NW-SE.

Nel 1974 Stephen Hawking sconvolge la comunità scientifica dimostrando che i buchi neri, se si tiene in conto la meccanica quantistica, non sono affatto neri, ma emettono radiazione termica a una temperatura inversamente proporzionale alla loro massa. Ovviamente le particelle (soprattutto fotoni) che secondo Hawking il buco nero emetterebbe non provengono da dentro il buco nero. Nulla, compresa la luce, può infatti sfuggire dall'interno dell'orizzonte del buco nero. Ma il fenomeno scoperto da Hawking è ben più sottile ed è basato sulla conversione di fluttuazioni quantistiche del vuoto in coppie di particelle "on shell". Ciascuna coppia è costituita da una particella creata appena fuori l'orizzonte, che sfugge al buco nero e rappresenta la radiazione di Hawking, mentre l'altro membro della coppia, chiamato "partner", è creato appena dentro l'orizzonte e precipita nel buco nero. Il partner ha energia negativa e compensa l'energia positiva dell'altra particella della coppia.

Purtroppo questa straordinaria previsione della fisica teorica moderna, considerata da molti una pietra miliare per le sue implicazioni, non ha avuto ancora un riscontro sperimentale, dato che la

temperatura di questa emissione è bassissima, dell'ordine del 60 nK per un buco nero di massa pari a una massa solare, temperatura molto più bassa di quella della radiazione cosmica di fondo, che è circa 2.7 K.

Negli anni successivi si è però compreso che questo meccanismo quantistico di creazione di coppie particella-partner a energia negativa non è affatto una peculiarità dei buchi neri astrofisici. Usando opportuni sistemi di materia condensata e/o ottici, è infatti possibile realizzare in laboratorio configurazioni meno esotiche dove un analogo processo può aver luogo ed essere soggetto a verifica sperimentale. In particolare, nel 1981 William Unruh ha avanzato la proposta di realizzare un analogo acustico del buco nero, un cosiddetto "buco nero acustico": Questo sistema è costituito da un fluido in movimento che presenta un orizzonte acustico che separa una regione a monte di moto subsonico, dove la velocità del fluido è minore della velocità del suono e le onde sonore riescono a propagarsi anche controcorrente, e una regione a valle di moto supersonico dove la velocità del fluido è maggiore di quella del suono e le onde sonore non riescono a propagarsi controcorrente. Grazie a questo specifico profilo di velocità, le onde sonore risultano quindi intrappolate nella regione a valle e vengono trascinate dal fluido esattamente come accade alla luce all'interno di un buco nero.

Dal momento che questa non è solo un'analogia descrittiva, ma una precisa corrispondenza matematica tra le equazioni che governano la propagazione del suono in un fluido inhomogeneo in movimento e la propagazione della luce in uno spazio-tempo curvo, è naturale quindi attendersi un analogo acustico dell'effetto Hawking: l'emissione di onde sonore da parte di un buco nero acustico tramite la creazione quantomeccanica di coppie di fononi nel fluido a partire dall'orizzonte acustico.

Per quanto fantascientifica possa sembrare, questa idea si è lentamente fatta largo all'interno di una comunità molto interdisciplinare. Un primo importante problema da superare è stato quello di trovare un sistema di materia condensata nel quale la temperatura del background non fosse eccessivamente alta rispetto a quella dell'effetto Hawking che si vuole misurare. A questo scopo i condensati di Bose-Einstein di atomi ultrafreddi sono apparsi subito come un setting ideale data la loro eccellente coerenza quantomeccanica, la loro temperatura estremamente bassa, dell'ordine del nK, e la possibilità di realizzare profili di flusso che portino a valori comparabili per la temperatura di Hawking. Rimane però il problema, per anni ritenuto insormontabile, di poter distinguere con sicurezza i fononi risultanti dalla radiazione di Hawking dall'inevitabile background dovuto alla temperatura finita del fluido ed eventuali effetti spuri involontariamente presenti dell'apparato.

Nel 2008 una serie di studi teorici (R. Balbinot *et al.* e I. Carusotto *et al.*) aventi come base il Centro Fermi e il Centro BEC dell'INO-CNR di Trento, hanno finalmente individuato una vera e propria "smoking gun" dell'effetto Hawking nell'esistenza di un caratteristico picco a forma di "baffo" (si veda la figura) presente nella funzione di correlazione delle fluttuazioni di densità nel fluido. All'origine del picco sono le correlazioni quantistiche fra l'emissione Hawking e i partner, e la sua peculiare struttura spazialmente estesa offre una chiara segnatura dell'effetto Hawking.

Sulla scia di questi lavori, l'anno successivo Valencia teneva a battesimo la prima conferenza sull'eccitante filone di ricerca che oggi chiamiamo "experimental Hawking radiation". Questi sforzi sono recentemente culminati in un impressionante lavoro sperimentale pubblicato su Nature Physics: Jeff Steinhauer ha riportato di aver finalmente osservato l'analogo acustico della radiazione di Hawking. Per realizzare il buco nero acustico ha accelerato un condensato di Bose-Einstein fatto di atomi di ^{87}Rb contro un potenziale ottico opportunamente disegnato per creare l'orizzonte acustico. Misurando ripetutamente il profilo di densità di un gran numero di condensati

nominalmente uguali e statisticamente indipendenti, ha potuto quindi estrarre la funzione di correlazione delle fluttuazioni di densità e, in questo modo, mettere in evidenza attraverso una serie di innumerevoli misure il "baffo" originariamente previsto. Seppure indiretta, questa sembra essere la prima evidenza sperimentale dell'esistenza della radiazione di Hawking. E una più approfondita analisi dei dati sperimentali suggerisce addirittura la presenza di effetti di entanglement quantistico fra i due lati dell'orizzonte.

Come sempre accade in fisica, è ovviamente necessario che altre verifiche indipendenti confermino la scoperta di Steinhauer; a riguardo, vari altri esperimenti sono in corso o stanno per essere realizzati a breve per studiare effetti di radiazione di Hawking in diversi sistemi di materia condensata e/o ottici. E da un punto di vista ancora più generale, nonostante che la dinamica di questi modelli analoghi mostri sostanziali differenze da quella gravitazionale dei buchi neri astrofisici, siamo convinti che questo campo di ricerca in rapida espansione potrà contribuire a fare "luce" su vari aspetti di quei misteriosi ma tanto affascinanti oggetti che sono i buchi neri.