

METROLOGIA | NUOVA FRONTIERA

Un termometro a suoni

MISURE DI TEMPERATURA PIU' PRECISE DETERMINANDO LA VELOCITA' DEL SUONO IN UN GAS

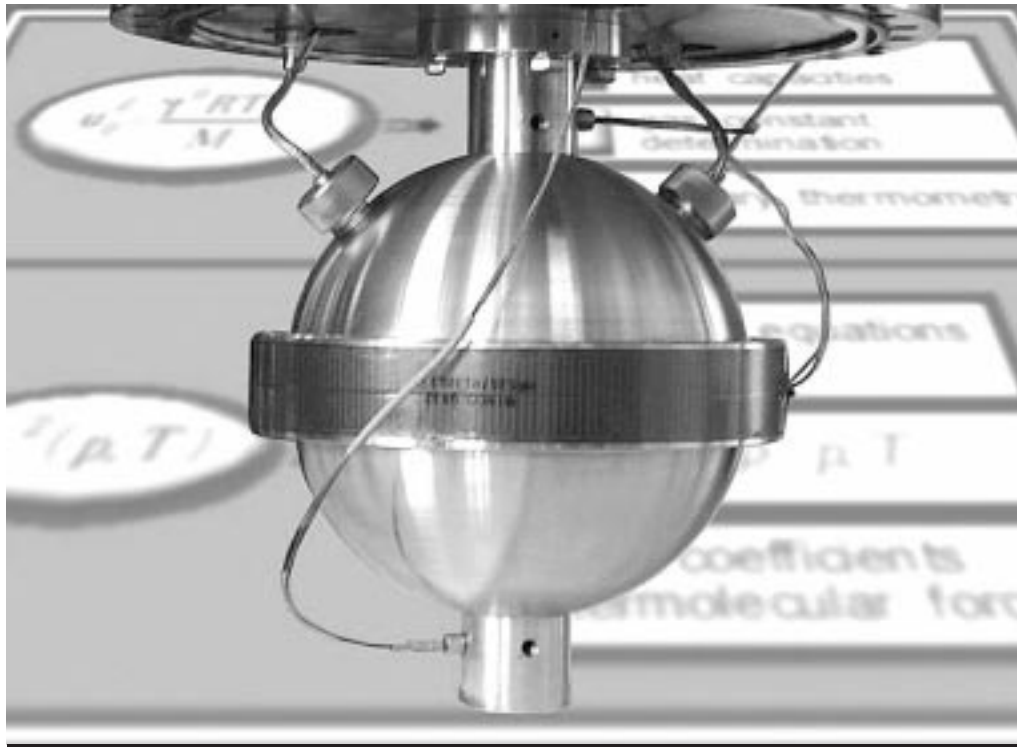
Roberto Gavioso (*)

QUANTO è calda la velocità del suono? Sembra uno di quei paradossali quesiti senza risposta della filosofia zen, ma la risposta corretta a questa domanda permise a Laplace di ottenere nel 1816 la soluzione di un enigma che aveva resistito per quasi 150 anni agli sforzi di molti fisici e matematici geniali. A partire da Newton, che nella prima edizione dei «Principia Mathematica» del 1687, utilizzando un'analogia con il moto di un pendolo semplice, propose una formulazione della velocità del suono in aria, le cui previsioni erano tuttavia in sistematico disaccordo con le pur incerte determinazioni sperimentali dell'epoca, l'elenco dei fallimenti teorici comprende negli anni a venire matematici del calibro di Eulero e Lagrange che andavano contemporaneamente confrontandosi con i risultati di esperimenti sempre più accurati condotti fra gli altri da Mersenne, Halley e Regnault.

Solo la proficua collaborazione fra Laplace e Lavoisier, impegnati nell'interpretazione della natura del calore, portò all'equazione che esprime correttamente la velocità del suono in un fluido come proporzionale al rapporto fra la sua temperatura e la massa delle molecole che lo compongono, il fattore di proporzionalità essendo il rapporto fra i calori specifici a pressione e a volume costante.

Nonostante questa conquista teorica sia un fatto accettato ormai da molto tempo, è proprio la definizione moderna della temperatura come grandezza fisica indipendente, e del Kelvin come sua unità di misura, a rendere ancora attuale la realizzazione di esperimenti per una misura sempre più accurata della velocità del suono.

A livello microscopico la teo-



L'apparato sperimentale dell'Istituto «Galileo Ferraris» di Torino per la misura della temperatura

ria cinetica mostra come, misurando la velocità del suono in un gas, sia possibile determinare la velocità media delle molecole e quindi, nota la loro massa, stimare l'energia cinetica associata al loro movimento. Questa energia coincide con la grandezza che siamo abituati a chiamare temperatura e ne costituisce al contempo la definizione più semplice e corretta possibile.

Sfortunatamente la nostra capacità di misurare direttamente questa energia è inferiore alla precisione con cui siamo in grado di realizzare e riprodurre in maniera ripetibile stati della materia, che corrispondono a suoi particolari valori. Un esempio è costituito dal punto triplo dell'acqua, realizzato in un ampolla di vetro in

UN APPARATO
SPERIMENTALE
REALIZZATO
ALL'ISTITUTO
«GALILEO FERRARIS»
DI TORINO
FORSE PERMETTERA'
DI MISURARE
IL CALORE
DIRETTAMENTE
IN BASE AL MOTO
DELLE MOLECOLE

cui le tre fasi solida, liquida e gassosa di un campione di acqua pura vengono mantenute in equilibrio termodinamico allo scopo di realizzare il campione di riferimento necessario all'attuale definizione della temperatura e alla costruzione della Scala utilizzata internazionalmente per la taratura dei termometri più accurati. Questo tipo di definizione pratica costringe i fisici a utilizzare un fattore di conversione fra l'energia di una molecola e un grado di temperatura, che prende il nome di «costante di Boltzmann» e costituisce il necessario collegamento fra le grandezze meccaniche e quelle termiche.

Un'alternativa promettente a questa via può essere la misura della velocità del suono

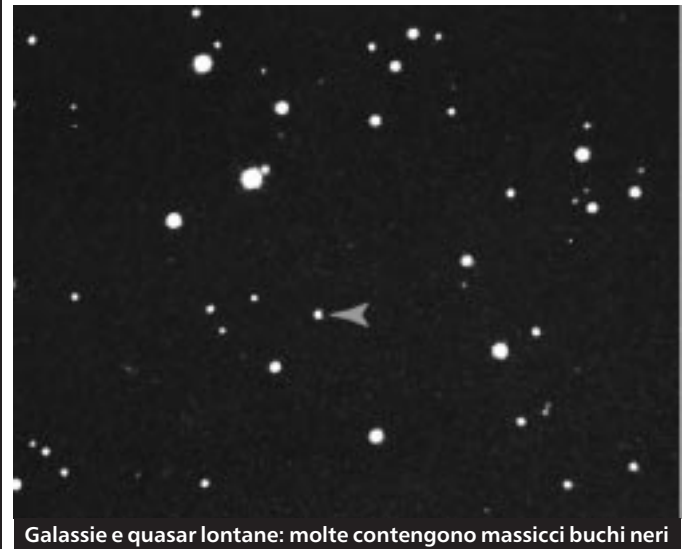
così accurata da competere con la riproducibilità del punto triplo dell'acqua. Se un tale progresso venisse realizzato, sarebbe allora vantaggioso attribuire per definizione un valore esatto alla costante di Boltzmann, riconducendo la temperatura al suo ruolo di grandezza derivata puramente meccanica. Questo cambiamento sarebbe analogo all'accordo stipulato nel 1983 con la definizione di un valore esatto per la velocità della luce e il conseguente abbandono della definizione del campione di lunghezza che veniva costruito come multiplo della lunghezza d'onda associata a una transizione energetica di un atomo di Krypton.

Presso il laboratorio di acustica fisica dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris sono stati sviluppati negli ultimi anni apparati sperimentali e metodi analitici per la misura accurata della velocità del suono nei gas a bassa pressione, in condizioni quasi ideali, e nei liquidi fino a pressioni di un migliaio di atmosfere, su un esteso intervallo di temperatura.

Lo strumento più interessante e accurato realizzato a questo scopo è un risonatore acustico, una cavità sferica in acciaio dentro la quale possono essere eccitate e rivelate, alternativamente, risonanze acustiche ed elettromagnetiche. In questo modo la velocità del suono viene determinata con accuratezza molto elevata dal confronto fra il tempo di propagazione di un'onda acustica e di un'onda elettromagnetica attraverso lo stesso spazio definito dal volume della sfera. Questa apparecchiatura ha recentemente permesso la sperimentazione di un termometro primario che, misurando direttamente la temperatura termodinamica, suggerisce correzioni utili a migliorare la Scala Internazionale di Temperatura.

(*) Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Torino

COSMOLOGIA



Galassie e quasar lontane: molte contengono massicci buchi neri

I buchi neri giganti? più antichi del previsto

SI FORMARONO UN MILIARDO DI ANNI DOPO IL BIG BANG COME L' HA SCOPERTO UN RADIOASTRONOMO ITALIANO

I buchi neri giganti sparsi nell'universo si sono formati prima di quanto si pensasse. E' il risultato di uno studio condotto da Mario Vigotti, dell'Ira, Istituto di radioastronomia del Cnr di Bologna, con la collaborazione di un gruppo di ricercatori europei e pubblicato su «Astrophysical Journal».

«I buchi neri normali - spiega Vigotti - si trovano nei nuclei di gran parte delle galassie, compresa la nostra. Ma per cercare i più massicci si devono studiare le loro manifestazioni più vistose: le quasar, oggetti celesti che otticamente sembrano stelle e che emettono onde radio».

Le quasar si formarono in massa 2 miliardi di anni dopo il Big Bang, quindi più di 10 miliardi di anni fa (l'universo ha circa 13 miliardi di anni). I dati precedenti dimostravano che prima questi oggetti erano molto meno numerosi. E ciò in accordo con i tempi richiesti per la formazione dei buchi neri che alimentano le quasar: non possiamo vederne molte troppo presto perché i buchi neri devono avere il tempo di formarsi, dopo la nascita dell'universo.

«I nostri studi invece - dice Vigotti - partendo da un campione "completo" di quasar molto luminosi in luce visibile, mostrano che queste dopo solo 1 miliardo di anni dal Big Bang (fra il 5% e il 10% dell'età dell'universo) sono tante quante quelle che si osservano al momento del massimo sviluppo. E non dieci volte meno, come sembrava. E per di più non accennano a diminuire. Dalla luminosità delle nuove quasar scoperte (fino a 1000 volte più brillanti della nostra Via Lattea) si ricava la massa del buco nero centrale. Emergono così buchi neri tra i più massicci dell'universo: mostri enormi che si pensava avessero bisogno di molto tempo per formarsi. E che invece appaiono molto presto».

Quella di Vigotti è una «serendipity discovery», cioè una scoperta avvenuta quasi per caso, ma fatta da un osservatore molto curioso e attento a quello che vede. Quattro anni fa, durante una ricerca sulle quasar «vicine», Vigotti aveva trovato una quasar con redshift (spostamento spettrale verso il rosso) 4,2, segno di una distanza estrema. A quei tempi si conoscevano solo 5/6 quasar radio-emittenti così lontane. «Il mio collega inglese - racconta Vigotti - insisteva per pubblicare subito. Io mi oppongo; cerchiamo di capire, gli dico, perché l'abbiamo trovata, e vediamo se riusciamo a costruire un campione utile per fare cosmologia».

L'équipe incomincia a osservare con telescopi ottici da 2,5 metri, che oggi vengono chiusi perché non competitivi con i grandi telescopi della generazione da 10 metri, le quasar superluminose che ospitano nel nucleo buchi neri super-massicci. Questi mostri del cielo (i più interessanti) sono però molto rari. I ricercatori consultano allora un database radio-ottico che copre tutto il cielo boreale. Questo comporta il «data mining» (scavo in miniera) di milioni di oggetti celesti, potenzialmente candidati. La strategia si rivela subito molto efficace. Nel 2002 un gruppo concorrente, partito in anticipo, pubblica il suo articolo. Trovano 17 quasar ad alto redshift, ma neanche una quasar superluminosa. Per forza, hanno cercato le radio quasar con colore radio «giallo-rosso», che li ha costretti a usare un database radio-ottico 100 volte meno numeroso. Finalmente nel marzo 2003 anche il gruppo di Bologna pubblica, con il buon esito che si è detto.

Sarebbe stato possibile ottenere gli stessi risultati con il pesante taglio (50%) applicato oggi ai fondi per la ricerca? E' di moda il «tam tam» sui cervelli che fuggono, ma non si spende una parola perché i bistrattati cervelli che restano conservino almeno la possibilità di continuare a lavorare.

Ancora un'osservazione. Oggi si pone l'accento sulle applicazioni della ricerca. Ma anche l'astronomia è applicabile: un esperto di popolazioni astrofisiche deve saper maneggiare gli stessi concetti statistici che l'Istat adotta per progettare un campione rappresentativo degli italiani. [t.s.]

INFORMATICA

Al lavoro nell'«ufficio diffuso»

IL COLLEGAMENTO A INTERNET CON IL SISTEMA WI-FI (SENZA FILI) CI PERMETTE DI USARE I COMPUTER PORTATILI ANCHE NEL VERDE DEI PARCHI E NELLE STRADE

Carlo Ratti (*)

UNA ragnatela. Anzi, una matassa sfilacciata e spugnosa piena di spazi amorfi interconnessi. E' la visione dell'ufficio del futuro secondo i progettisti olandesi Nox, esposta fino a qualche settimana fa al Centre Pompidou di Parigi. Sarà davvero così? Forse no. Ma è vero che nel nostro modo di lavorare sono in corso cambiamenti radicali. Secondo Francis Duffy, ai vertici di una multinazionale che si occupa della progettazione di spazi innovativi per uffici nonché docente al MIT di Boston, «è una vera e propria rivoluzione». Le ragioni sono legate all'avanzata tecnologia. Quarant'anni fa, per lavorare ad un computer, era necessario rintanarsi in uno stanzone, di solito seminterrato e ingombro di macchinari mainframe, e passare lunghe ore a maneggiare schede perforate. Le caratteristiche dell'ambiente di lavoro erano dettate dalle necessità della macchina, cui gli utenti dovevano adeguarsi. Provando a dare un peso alle varie componenti nella progettazione di quello spazio si potrebbe quantificare così: esigenze tecnologiche 90%; esigenze umane 10%. Dieci anni fa la situazione era cambiata: il computer si era ridotto a un desktop torreggiante, corredato di tastiera e da voluminoso monitor piazzato sulla scrivania. Gli utenti avevano conquistato un ambiente di lavoro più piacevole, pur essendo sempre legati a una postazione fissa. Con equanimità si potrebbe dire: esigenze tecnologiche 50%; esigenze umane 50%.

La situazione oggi è di nuovo in rapido cambiamento: moltissime persone ormai lavorano su computer portatili (le cui vendite mondiali hanno supera-

L'ESPERTO
AMERICANO
FRANCIS DUFFY,
DOCENTE AL MIT:
«UNA SVOLTA
TECNOLOGICA
CHE APRE
GRANDI SPAZI
DI FLESSIBILITA'»

to di recente quelle di apparati fissi), spesso utilizzando collegamenti a Internet senza fili di tipo wi-fi (wireless fidelity). Dispongono quindi di una notevole flessibilità e mobilità. In teoria si potrebbe azzardare: esigenze tecnologiche 10%; esigenze umane 90%.

E' ciò che vediamo tutti i giorni al MIT. L'università ha lanciato qualche anno fa un programma estensivo per l'utilizzazione del wi-fi. Ogni angolo del campus è ormai coperto da questo servizio e i risultati sono sorprendenti: mentre è diminuita la popolarità dei tradizionali spazi di lavoro, è aumentato l'affollamento di altre zone dell'università - soprattutto le più piacevoli, come il caffè o le scalinate auliche prospicienti il fiume Charles, regolarmente colonizzate come spazi di studio e di ricerca. Tentando una estrapolazione si potrebbe dire che la tecnologia sta portando una maggior flessibilità nell'organizzazione del lavoro, e che ciò si sta ripercuotendo sull'architettura dei nostri uffici e delle nostre città. In che modo?

Gli spazi di lavoro stanno diventando più flessibili (alme-

no in questo caso la parola flessibilità ha una connotazione positiva e non è sinonimo di precarietà!), con meno aree individuali e più zone informali di interazione. Di nuovo Francis Duffy: «Pochi decenni fa gli spazi comuni nelle strutture per uffici non superavano il 10 per cento del totale. Oggi siamo già al 50». Una configurazione che promuove al tempo stesso l'interazione e lo scambio di idee all'interno di un'organizzazione e una miglior utilizzazione del costruito. Stesso discorso per la città. Da quando la catena di caffè americani Starbucks ha iniziato a fornire connessioni a Internet senza fili molti suoi locali si sono convertiti in propaggini lavorative dei quartieri adiacenti. Mentre l'installazione di un nodo wi-fi sperimentale a Bryant Park a New York ha permesso di trasformare questo spazio verde in una piacevole estensione all'aria aperta degli uffici circostanti.

Dal punto di vista urbano si tratta di dinamiche interessanti, visto che consentono un migliore sfruttamento degli spazi cittadini mediante la sovrapposizione di attività diverse: le aree che una volta erano utilizzate solo in periodi limitati della giornata (come l'intervallo di pranzo) ora diventano attive tutto il giorno. Gli studiosi più visionari, mettendo insieme questi cambiamenti con quelli prodotti dal lavoro a distanza, si spingono fino a vagheggiare la ricomposizione delle antiche separazioni tra città dormitorio e città della produzione tipiche dell'era industriale. O profetizzano un nuovo idillio basato sulla riconciliazione tra tempo libero e lavoro. Un intento encomiabile, sempre che non sia quest'ultimo a fagocitare il primo.

(*) Massachusetts Institute of Technology, Usa



Collegamenti wi-fi a Internet, rivoluzione nel modo di lavorare

GUERRA SUL DIRITTO D'AUTORE IN INTERNET

Più difficile scoprire i pirati della musica

ALGORITMI DI CRITTAZIONE DI ORIGINE MILITARE MASCHERANO GLI INDIRIZZI DI CHI SCAMBIA FILE

Andea Faenza (*)
Andrea Colombari

UNA notizia che non farà certo felici i detrattori del bollino Siae: negli Usa il Federal Bureau of Investigation (la mitica Fbi) ha appena dato la disponibilità ad apporre su Cd e Dvd il proprio logo. Tutto questo per sensibilizzare il pubblico contro la duplicazione abusiva di materiale protetto da copyright. Del resto ogni anno sempre più risorse dell'ente investigativo americano vengono spese per combattere la pirateria di Cd e Dvd, senza grandi risultati. Eppure negli Stati Uniti rischia grosso chi duplica abusivamente materiale protetto da diritto d'autore: fino a 5 anni di carcere, dice la legge, e una cospicua sanzione amministrativa. In Italia invece lo stesso tipo reato è punito con «soli» 3 anni di carcere. Ma la situazione da noi ricorda piuttosto



fino a qualche anno fa. Recente è infatti il sistema del «Peer to Peer» (P2P), detto anche del «file sharing» (alla lettera «condivisione di file»), che consiste nel libero scambio di file tra diversi utenti collegati tra loro in rete. Il P2P - nato con il famoso Napster di Shawn Fanning e cresciuto coi programmi Kazaa e Gnutella - è oggi in piena espansione, grazie anche a programmi come E-Mule, BitTorrent e DirectConnect. Gli hacker lo intendono un po' come la realizzazione del proprio manifesto («information wants to be free», l'informazione vuol essere libera). Ma per le grandi case discografiche e le major di Hollywood il P2P costituisce una grave minaccia. Tant'è che la Riaa e la Mpaa (le associazioni americane dei produttori discografici e cinematografici) si sono di recente adoperate per scovare alcuni «criminali» dodicenni da portare davanti al giudice. L'accusa? Aver scam-

biato materiale protetto dal Digital Millennium Copyright Act, la legge americana sul diritto d'autore nel mondo dei bit. Il popolo della rete ha però intuito dietro a tanto accanimento interessi economici troppo elevati.

Ecco che allora è nata l'ultima generazione di programmi per il P2P (come Mute e Filetopia) che presenta due grandi novità: la cifratura dei file scambiati (grazie a robusti algoritmi di crittazione come Rsa e Blowfish) e il mascheramento dell'IP degli utenti (quel numero che costituisce l'indirizzo virtuale di ogni computer). Queste tecniche fino a pochi anni fa erano appannaggio del settore militare. Ora grazie ad esse non solo diventa impossibile sapere cosa i vari utenti si stiano scambiando, ma anche risalire ai loro nomi, rendendo molto più ardua la possibilità per chiunque di citarli in giudizio.

(*) Ispettore di sicurezza informatica