

“Dagli albori della storia l'uomo è stato alla ricerca della Verità: di qualcosa che potesse colmare quel senso di impotenza intrinseco nella nostra specie, che nasce con le nostre capacità cognitive, di cui non riusciamo mai ad appagare il bisogno di stimoli.

Con l'avvento dei filosofi greci si riuscì a plasmare l'idea di un'esatta registrazione della conoscenza fondata sulla ragione, opposta alla volubile ed ingannevole opinione, mera annotazione dell'esperienza sensibile quotidiana. L'opinione rassicura, può essere condivisa facilmente, e non essendo verificabile ognuno può avere la sua. Per questo parve che non potesse essere rappresentativa delle leggi della natura, ma piuttosto di una sorta di realtà particolare che varia da persona a persona.

Nacque così la scienza, intesa come conoscenza, unico metodo per raggiungere un'ipotetica verità assoluta. Sembra che la scienza sia rimasta fine a se stessa per un lungo periodo di tempo, rimanendo l'unica fonte di piacere insieme alle arti che si distaccava dal piacere del soddisfare i bisogni naturali.

Nonostante tutto però essa portò innovazioni tecnologiche che, migliorando la qualità della vita, alla fine dei conti resero unicamente più semplice il compiacimento di questi bisogni naturali, come mangiare, avere una casa o semplicemente essere legato a qualcuno. Il problema sta ora nel definire la differenza tra sviluppo tecnologico e progresso umano.

All'incirca quarant'anni fa, in uno scritto pubblicato sulle sue "Pagine Corsare", Pier Paolo Pasolini cercò di spiegare la diversità filosofica di questi due termini: egli intendeva come sviluppo la produzione di un bene superfluo, mentre come progresso una nozione ideale, sociale e politica, che non soddisfa bisogni immediati ma migliora la qualità della vita fornendoci consapevolezza, un ideale o abbattendo le nostre paure.

È quindi logico che la conoscenza faccia parte del progresso; ma per quanto riguarda le sue applicazioni?

Pasolini scriveva: "La tecnologia [...] ha creato la possibilità di un'industrializzazione praticamente illimitata [...]. I consumatori di beni superflui sono, da parte loro, irrazionalmente e inconsapevolmente d'accordo nel volere lo «sviluppo». La massa sarebbe dunque per lo sviluppo tecnologico, baderebbe solo al beneficio istantaneo, non si curerebbe dei bisogni profondi, ma solo del proprio stomaco.

AmMESSO che questo sia vero bisogna tuttavia fornire un appiglio, dal mare delle innovazioni alla solida roccia della ricerca, cui aggrapparsi ricevendo delle risposte alle domande più profonde. È interessante osservare come a volte le ricerche delle cosiddette "scienze dure" portino a risultati così immediati, così applicabili: come l'algoritmo di Page Rank di Google, descritto nell'articolo di questo mese, un metodo velocissimo e pratico per la ricerca di dati nel Web, nato da teoremi matematici a prima vista assolutamente astratti. E' caratteristica comune ai campi di ricerca che presentiamo in questo numero, la fisica teorica e la matematica, il possedere quell'aura di astrattismo che porta la maggior parte della gente a sentenziare che studiare queste discipline "non ha applicazione nella realtà". In verità è da studi prettamente teorici che possono nascere le innovazioni più profonde; in attesa di esse c'è tempo per divertirsi con la fantasia, esplorando le frontiere di queste "scienze astratte" per il puro gusto di scoprire.

*I due articoli presenti in questo numero de ilQuanto rappresentano bene due esempi della pervasività della matematica: il primo articolo pone l'accento sulla importanza dello studio dei sistemi dinamici e della teoria del caos all'interno della fisica quantistica; il secondo illustra con brio come l'algebra lineare e l'analisi numerica, entrambe filoni di base della matematica siano utili nell'informatica moderna. . . Ma fin qui è tutto all'interno di un mondo che ai più appare astratto e solo di interesse per gli accademici, ovvero pare non toccare nessuna corda dell'uomo della strada...*

*La cosa invece più inattesa, e che dovrebbe dunque suscitare la curiosità di approfondire, è che la pervasività da lì si estende a mo' di piovra fino a toccare ed interagire con oggetti, concetti o questioni presenti nella vita di noi tutti.*

*Nel primo esempio l'autrice illustra alcuni concetti tipici dei sistemi nonlineari e teoria del caos che hanno tutta una serie di impatti potenziali in svariate direzioni: tra queste una di grande interesse riguarda forme avanzate di crittografia, ovvero di codifiche 'segrete', di assoluta importanza in ambito militare o industriale e nelle attuali transazioni finanziarie anche comuni, quali quelle basate su carte bancomat o carte di credito.*

*Nel caso invece del motore di ricerca di Google, brillante esempio di multimiliardario business gemmato da un'idea matematica, la sorpresa è che la ricerca sul WEB, con cui milioni di utenti di ogni età cercano le più svariate informazioni, nasce dalla matematizzazione e quantificazione di un concetto che può apparire labile ed evanescente: a partire da alcune riflessioni di personalità come Andy Warhol (il maestro della PopArt) si arriva a quantificare in modo rigoroso il concetto di 'popolarità' e dunque di importanza con risvolti nelle scienze sociali potenzialmente molto più ricchi del solo esempio, pure importante, di Google.*

[Introduzione del Prof. Stefano Serra Capizzano]

CON LE VACANZE ESTIVE ORMAI ALLE PORTE, CHE PER ALCUNI DI VOI SIGNIFICA ESSERE AD UN PASSO DAGLI ESAMI DI MATURITÀ, TUTTA LA REDAZIONE DE ilQuanto VI AUGURA UNA BUONA ESTATE E UNA BUONA PREPARAZIONE AGLI ESAMI.

"Dove c'è una grande volontà, non possono esserci grandi difficoltà"

Niccolò Machiavelli

Un corpo libero in prossimità della superficie terrestre è attratto verso il centro della terra dalla forza gravitazionale e cade verso il basso con un'accelerazione localmente costante, il cui valore convenzionale è

$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2.$$

I metodi più innovativi per la misura dell'accelerazione di gravità permettono di ottenere il suo valore con una precisione di una parte per miliardo e coinvolgono oggetti microscopici e distanze molto piccole, come negli esperimenti di interferometria atomica e nei gas di atomi freddi.

In questo articolo mostreremo come il valore di  $g$  possa essere ottenuto, come risultato aggiuntivo, all'interno di una teoria per la spiegazione del fenomeno dei cosiddetti "modi accelerati quantistici" in un gas di atomi freddi, elaborata da alcuni fisici teorici del Centro per i Sistemi Nonlineari e Complessi dell'Università dell'Insubria a Como. Si illustrerà inoltre come l'analisi di questo fenomeno stabilisca sorprendenti connessioni tra settori di ricerca apparentemente disgiunti, come la teoria dei sistemi caotici, la teoria dei numeri e gli esperimenti di ottica atomica quantistica.

Negli ultimi decenni si sono sviluppate tecniche sperimentali sempre più precise per la manipolazione dello stato di oggetti microscopici (come gli atomi) e per il controllo del loro moto, con applicazioni in vari campi: dal trasporto di energia e di materia nei componenti elettronici nanoscopici, cioè di dimensioni dell'ordine di un milionesimo di metro, alla crittografia quantistica, finalizzata ad una trasmissione sicura delle informazioni.

Uno dei rami più promettenti, in questo ambito di ricerca, è rappresentato dall'ottica su gas rarefatti di atomi alcalini, intrappolati attraverso campi elettromagnetici e raffreddati per mezzo di laser fino a temperature prossime allo zero assoluto. Le leggi della meccanica classica, che forniscono ad ogni istante la posizione e velocità dei corpi macroscopici, sono inadeguate alla descrizione degli atomi del gas in queste condizioni di bassa temperatura e pressione. Infatti gli atomi freddi, che sono dotati di una piccola energia cinetica di origine termica, possiedono una lunghezza d'onda (di de Broglie) non trascurabile sulla scala atomica. Essi sono pertanto oggetti quantistici e la loro dinamica è descrivibile come un fenomeno ondulatorio, regolato dall'equazione di Schrödinger.

I "modi accelerati quantistici" sono stati scoperti nel 1999, presso il laboratorio di fisica atomica e dei laser di Oxford, sottoponendo un gas di atomi freddi all'azione congiunta della forza di gravità e di una sequenza di impulsi luminosi, prodotti da una luce laser accesa e spenta ad intervalli regolari. Gli impulsi equivalgono a "calci" impartiti agli atomi, diretti verso l'alto o verso il basso in maniera casuale e con diversa intensità. In generale l'effetto medio degli impulsi è nullo e quindi la maggioranza degli atomi cade sotto l'azione del solo campo gravitazionale; può invece accadere che una piccola percentuale di atomi prenda i calci sempre nello stesso verso e con la stessa intensità. Si genera così un modo

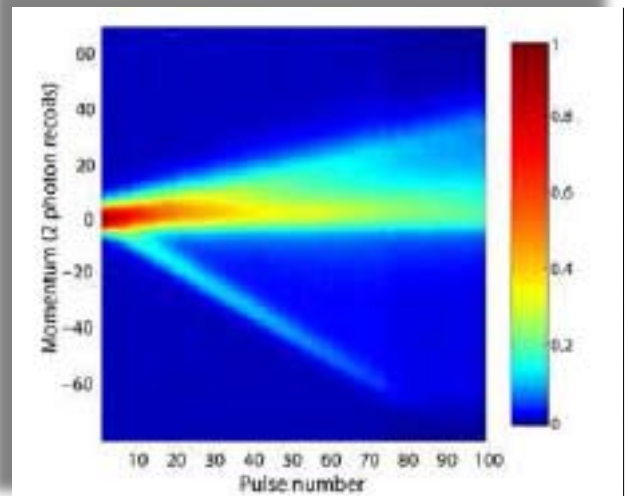


Fig.1. Modo accelerato in un esperimento con gli atomi freddi.

accelerato, formato da atomi che si distaccano dalla massa in caduta libera e acquisiscono un'accelerazione comune, maggiore o minore di  $g$ . Questo fatto, apparentemente miracoloso, è stato spiegato per mezzo della teoria dei sistemi nonlineari.

Nella figura è mostrato il risultato di un esperimento tipico: la velocità degli atomi, misurata relativamente alla velocità di caduta libera (si misura cioè la differenza fra velocità di caduta libera e velocità degli atomi), è rappresentata in funzione del tempo, misurato in numero di impulsi. Il modo accelerato è la striscia azzurra che scende. Il colore è associato alla percentuale di atomi con un determinato valore della velocità: la probabilità massima (rosso) si ha in corrispondenza degli atomi con velocità relativa nulla, che non risentono dell'effetto degli impulsi.

Facendo variare l'intervallo di tempo tra gli impulsi di luce, si originano tanti modi accelerati, con accelerazioni diverse. La teoria permette di prevedere quali modi possono essere rilevati nell'esperimento ed in quale ordine si presentano. Attraverso una soluzione approssimata dell'equazione di Schrödinger, nota come approssimazione semiclassica, il moto degli atomi è descritto da equazioni classiche nonlineari, da cui si deriva una formula analitica per l'accelerazione dei modi accelerati. A meno di parametri fisici misurabili, le accelerazioni dei modi sono espresse da frazioni, che approssimano il valore dell'accelerazione di gravità. Il valore esatto di  $g$  è espresso da un numero con una sequenza infinita e non periodica di cifre decimali, che vengono via via riprodotte dalla successione delle accelerazioni dei modi.

Una panoramica completa sull'attività di ricerca svolta presso il Centro per i Sistemi Nonlineari e Complessi, della quale è stato fornito soltanto uno spunto, è presentata nel sito web <http://www.dfm.uninsubria.it/complex/>.

a cura della Dott.ssa Laura Rebuzzini

PER APPROFONDIMENTI SULL'ARGOMENTO:

\_ S. Gardiner, Quantum Accelerator Modes:

<http://massey.dur.ac.uk/research/qchaos/qam.html>

\_ S. Fishman, I. Guarneri, L. Rebuzzini, "Stable Quantum Resonance in Atom Optic", Physical Review Letters 89, 084101 (2002), <http://prl.aps.org/abstract/PRL/v89/i8/e084101>



A cosa serve la matematica? Di solito si pensa alla matematica come a qualcosa di astratto che poco ha a che fare con la vita di tutti i giorni. La matematica è piena di teoremi tipo “Una matrice simmetrica è sempre diagonalizzabile”, piuttosto che “La molteplicità geometrica degli autovalori di una matrice è minore o uguale della sua molteplicità algebrica”, praticamente arabo per i non addetti ai lavori. Eppure questi teoremi astratti hanno più applicazioni di quanto si potrebbe pensare.

In questo articolo parleremo di qualche aspetto dell'analisi numerica, la parte della matematica che si occupa dello studio degli algoritmi, della loro ottimizzazione e della loro affidabilità. In particolare insisteremo sull'algoritmo di Page Rank di Google. Visto lo scopo divulgativo dell'articolo, non ci soffermeremo molto sui dettagli tecnici, ma piuttosto sulle idee di base. Per i più curiosi, in fondo segnaliamo alcuni link.

Vi siete mai chiesti cosa succede quando si effettua una ricerca su Google? Digiti una o più parole e il computer in un tempo che si aggira attorno ai 0,3/0,5 secondi restituisce un elenco di pagine internet legate ai termini chiave. Un buon motore di ricerca non può accontentarsi semplicemente di elencare i siti che contengono le parole inserite, è necessario anche ordinare le pagine secondo la loro rilevanza. Quindi i problemi sono due: per prima cosa, in base a quali criteri decidere la rilevanza di un sito? E in secondo luogo, tra miliardi di pagine internet esistenti, la risposta a una ricerca deve essere data in tempi accettabili (un uomo che dovesse fare un lavoro del genere impiegherebbe mesi per una singola ricerca, e un mese per cercare la ricetta della pasta Posillipo è decisamente un tempo non accettabile).

Ovviamente non esiste una sola risposta possibile, ce ne sono tante. Una strada possibile (quella scelta da Google) è la seguente: assegniamo l'importanza di una pagina internet in funzione di quante altre pagine rimandano a questa, e in funzione di quanto spesso essa viene aperta. Criterio semplice ed efficace. Ma come implementarlo? È qui che entra in gioco la matematica.

L'idea di base che sta dietro all'algoritmo di ricerca è quella di schematizzare il web in una matrice (cioè una tabella) quadrata. A ogni riga e colonna corrisponde una pagina internet, e il valore assunto nella cella (x,y), cioè la cella che sta sulla riga x e sulla colonna y, è 0 se la pagina y non riman-

da alla pagina x, mentre è  $1/N$  se la pagina y ha un collegamento alla pagina x, dove N è il numero di collegamenti che partono da y (in questo modo i collegamenti che vengono da una pagina “chiacchierona” sono considerati poco). Per tenere conto anche della frequenza delle visite, si può modificare un po' questa matrice sommandola a una “matrice di frequenze”.

L'importanza di ogni pagina segue degli assiomi (molto cari al re della Pop Art Andy Warhol):

- a) una pagina è importante se molte altre parlano di lei,
- b) una pagina è più importante se chi parla di lei è a sua volta importante,
- c) una pagina è meno importante se chi parla di lei è chiacchierona (ovvero parla di molte altre).

Questa nozione è intuitivamente quella dei VIP (Very Important People) e matematicamente si traduce nella ricerca dell'autovettore dominante della matrice di Pagerank. Alla riga x dell'autovettore si troverà un numero che indica quanto è rilevante la pagina x.

Come si può immaginare i problemi tecnici legati a questa procedura sono innumerevoli, ad esempio calcolare l'autovettore dominante di una matrice con miliardi di righe e miliardi di colonne non è un conto che si può fare a mente, e neanche avere a disposizione un computer molto potente è sufficiente allo scopo. È necessario un algoritmo intelligente, che faccia il minor numero di calcoli possibili, cioè è necessario dare istruzioni al computer in modo da sfruttare al massimo le sue potenzialità. Anche in questo caso, ovviamente, la matematica gioca un ruolo fondamentale. Proprio su questo argomento il prof. Serra Capizzano, preside della facoltà di Scienze di Como, ha scritto un articolo di grande interesse scientifico.

Come promesso, in queste ultime righe segnaliamo qualche articolo per approfondire gli argomenti trattati. Il primo consiglio è di digitare “pagerank” su [www.google.it](http://www.google.it) e toccare con mano quanto un buon motore di ricerca riesca a trovare le risposte giuste nella giungla della rete (con un piccolo aiuto da parte della matematica).

Per chi vuole saperne di più, si invita a contattare il Prof. **Serra Capizzano** all'indirizzo:

[stefano.serrac@uninsubria.it](mailto:stefano.serrac@uninsubria.it)

e per i più specialisti, segnaliamo l'articolo (in inglese): <http://www.mat.uniroma2.it/~ricerca/numeri/seminari/abstract-romaii.pdf>

**a cura del Dott. Daniele Valtorta**

## Glossario

Per la definizione di *autovalore* vedi definizione in [http://it.wikipedia.org/wiki/Autovettore\\_e\\_autovalore](http://it.wikipedia.org/wiki/Autovettore_e_autovalore) ; online il 30/05/2010

PER INFORMAZIONI E SUGGERIMENTI:

[ilquanto@gmail.com](mailto:ilquanto@gmail.com)

ELABORAZIONE GRAFICA:

[stefania.gasparetto@libero.it](mailto:stefania.gasparetto@libero.it)



NEL PROSSIMO NUMERO:

Have you ever seen a photon?