

Oltre l'«hard science»: come temi tipicamente filosofici sono oggi affrontati dalla scienza

Sergio Frasca

Dipartimento di Fisica

Sapienza Università di Roma

Cosa è la Scienza

- La parola “scienza”, di derivazione latina, indica un sistema organizzato delle conoscenze in un campo.
- In particolare, suddividiamo le scienze in **scienze umane** (riguardanti l’uomo e la società), **scienze formali** (la matematica e la logica) e **scienze naturali** (fisica, chimica e biologia).
- A partire dal 600, grazie a Galilei ed altri, queste ultime, grazie al cosiddetto “**metodo scientifico**” che coniuga osservazione sperimentale e rigore matematico, hanno avuto un enorme sviluppo, con grandi conquiste concettuali e tecnologiche. Le scienze “rigorose” sono oggi indicate colloquialmente come “**hard sciences**” (“scienze dure”).
- Ma non tutti i fenomeni di cui abbiamo esperienza sono facilmente indagabili con il metodo scientifico.

Cosa è la Filosofia

- La filosofia è un campo di studi che si pone domande e riflette sul **mondo** e **essere umano**, indaga sul senso dell'**essere** e dell'**esistenza umana**, tenta di definire la **natura** e analizza le possibilità e i limiti della **conoscenza**. *(da Wikipedia)*
- Fa ciò basandosi solo sulla ragione, sviluppando analisi all'interno di «scuole di pensiero»
- Sebbene questo modo di procedere permetta di studiare fenomeni difficilmente affrontabili col metodo scientifico, manca per il pensiero filosofico un criterio di **verificabilità sperimentale** che possa stabilire se ciò che esso afferma sia **vero o falso**; la filosofia stessa, infatti, è soggetta a una continua ridefinizione del criterio di verità con cui essa legittima le proprie conclusioni, per cui la verità o meno è solo interna alla scuola di pensiero (dipende dagli «assiomi» indimostrati scelti).
- Per quanto riguarda poi il modo di procedere, la scienza di fronte a un fenomeno, cerca di semplificarlo e in genere ne capisce l'essenza, la filosofia cerca di coglierne la complessità, e quello che ottiene è una «scuola» con un suo opportuno linguaggio.

Di cosa ci occuperemo

I problemi di cui ci occuperemo sono:

- ▶ Il **libero arbitrio** (free will)
- ▶ La **coscienza** (consciousness)
- ▶ L'**Etica** (il problema del bene e della morale)

Di questi problemi si è occupata finora la Filosofia, mentre la Scienza li ignorava come oggetto di studio.

In particolare la psicologia fino agli anni 70 era dominata dal **comportamentismo** di Watson e Skinner, per cui solo gli aspetti legati al comportamento erano indagabili.

Questi problemi tuttavia sono così importanti che ora che si cominciano a studiare scientificamente, potrebbero mostrare anche aspetti fisici.

Cosa sta succedendo



Sign In | Register

SCIENTIFIC AMERICAN™

Search ScientificAmerican.com

Subscription Center
Subscribe to All Access »
Subscribe to Print »
Give a Gift »
View the Latest Issue »

Subscribe News & Features Topics Blogs Videos & Podcasts Education Citizen Science SA Magazine SA Mind Books

More Science » Web Exclusives 45 Email Print

The Quantum Physics of Free Will

Do we have autonomy, or are our choices preordained? Is that a false choice? And what, if anything, does physics have to say about that?

Feb 6, 2012 | By George Musser

Story by George Musser 2 years ago

Do quantum effects make our choices our own?

A debate that has gone on for millennia has flared up again in recent years

Is the fact you are reading this story a decision you arrived at it by your own free choice, or was your interest programmed into the universe from the moment of the big bang? What makes free will such a fun topic is not only that it dives deep into physics, neuroscience, and philosophy, but also that we all feel we have a direct stake in the answers.

Part of my own interest is that I've never been able to see why people get worked up about a supposed conflict between free will and determinism. To my mind, there is no conflict. Human consciousness and therefore the concept of free will are emergent properties, so whether microscopic physics is deterministic or not is irrelevant. To speak of a conflict is to mix levels of description. In other words, there's no "you" who is steered one way or the other by initial conditions. "You" are a *product* of those conditions.

I'll grant that all this depends on what precisely we mean by "free will." To

More from Scientific American
MIND Classics DIGITAL

More to Explore
Neuroscience and the Law
Was Einstein Right?
Is Free Will an Illusion?
Free Will versus the Programmed Brain
Experimental Philosophy: Thoughts Become the New Lab Rats

Latest News Most Read
Is Non-Celiac Gluten Sensitivity for Real?
X-ray Method Could Improve Nuclear Screening
U.S. Extends Keystone XL Pipeline Comment Period, Delaying Final Decision
Telescope Apps Help Amateurs Hunt for Exoplanets
Broadcast TV Streamer Aereo Fights For Legal Life

GLOBAL COOLING The plan to suck CO₂ out of the sky

NewScientist

WEEKLY July 21-27, 2012

THE CONSCIOUSNESS CONNECTION

The inner secret shared by the brainiest creatures

INTERVIEW
PETER HIGGS
I never doubted the particle existed

EMOTION DETECTOR
Can we really read faces like a book?

PROJECT STRATO-JUMP
The forgotten heroes of extreme skydiving

WINNING FORMULA
How 2012 athletes get the edge

Science and technology news www.newscientist.com US jobs in science

No.2874 US\$5.95 CAN\$5.95

THE LAKE THAT TIME FORGOT
Underground oasis unchanged for billions of years

NewScientist

WEEKLY 18 May 2013

SPECIAL ISSUE

CONSCIOUSNESS

WHAT IS IT?



WHY DO WE HAVE IT?



WHAT ELSE HAS IT?



E3.70 US/CAN\$ 9.95 No.2917



POWER UP
The race to build
an even bigger LHC

News, ideas and innovation
www.newscientist.com
The best jobs in science

New Scientist

WEEKLY May 13-19, 2017

READY FOR ANYTHING
How to train your brain
to survive disaster

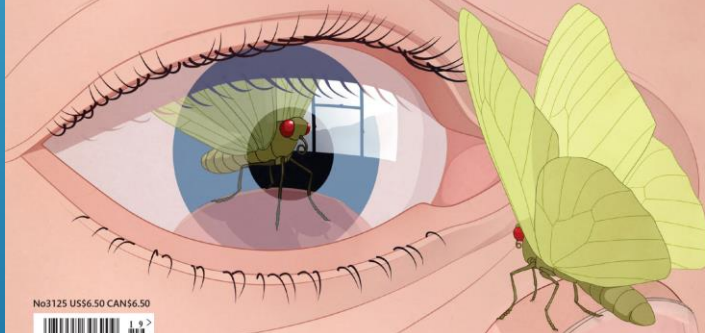
ROBO-SHERLOCK
AI detective
hunts for clues

BY JUPITER!
Gas giant springs
some big surprises

WORKIN' NINE TO FOUR The surprising benefits of a 6-hour day

WHAT'S THE POINT OF CONSCIOUSNESS?

The accidental evolution of our unique minds



No.3125 US\$6.50 CAN\$6.50



Science and technology news
www.newscientist.com
US jobs in science

ODDS ON Ten unlikely breakthroughs that are worth a flutter

• **HOW THE MOST DANGEROUS VOLCANOES ERUPT** •

Scientists are peering deep inside Mount St. Helens for insights

SCIENTIFIC AMERICAN

DETECTING CONSCIOUSNESS

Christof Koch explains how a new measure of brain activity could transform care for unresponsive patients

PLUS

BEAUTY QUARKS, HIDDEN PARTICLES
A novel approach in the search for new physics

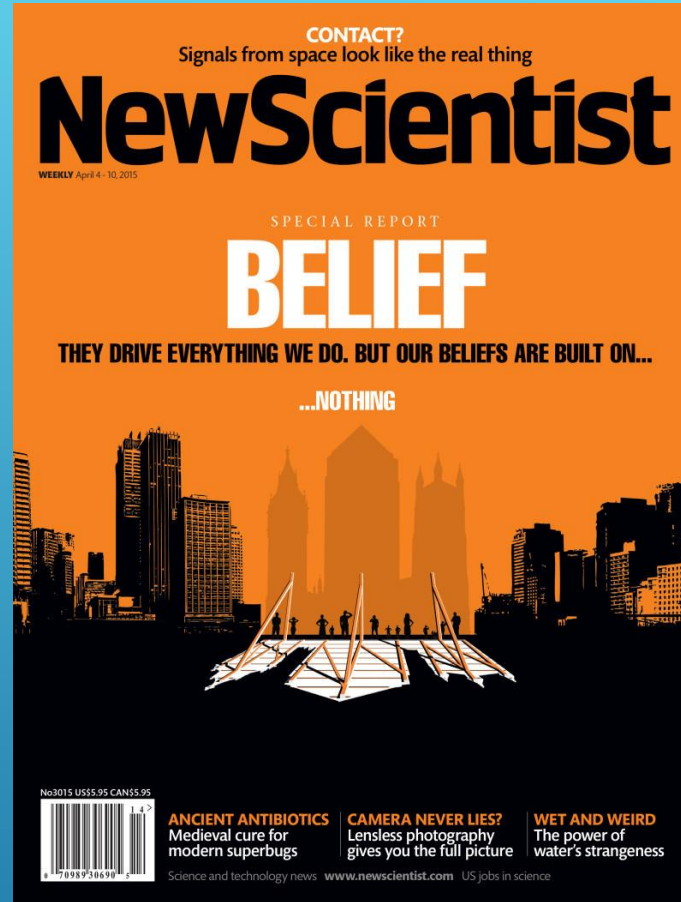
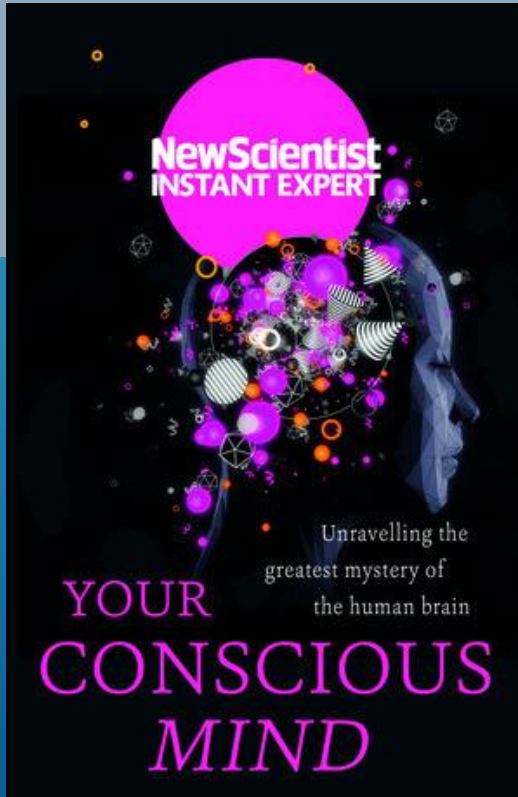
FISH STOCKING GONE WRONG
How it wreaks ecological havoc

CAPTURING FLOODS TO SURVIVE DROUGHTS
A radical idea for conserving water


NOVEMBER 2017
ScientificAmerican.com

www.scientificamerican.com

The Quantum Physics of Free Will - Scientific American

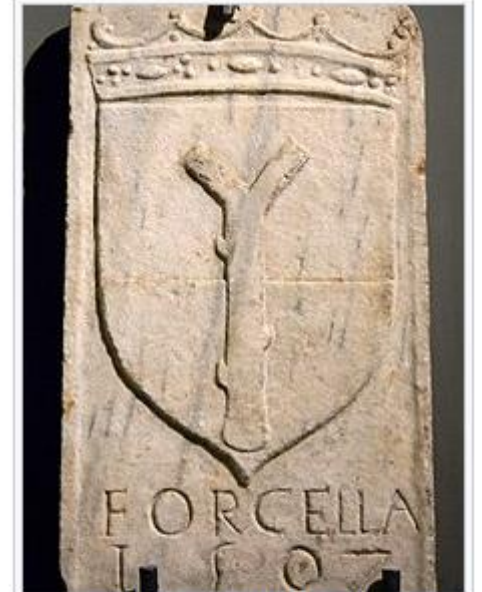


Il libero arbitrio (free will)

- ▶ Il **libero arbitrio** è il concetto secondo il quale ogni persona ha il potere di scegliere da sé gli scopi del proprio agire e pensare, e la possibilità di scelta ha origine nella persona stessa e non in forze esterne.
 - ▶ L'esistenza del libero arbitrio è fondamentale per definire la responsabilità del proprio agire, quindi è collegato alle basi del diritto e all'etica.
- 

Il libero arbitrio in filosofia (e teologia)

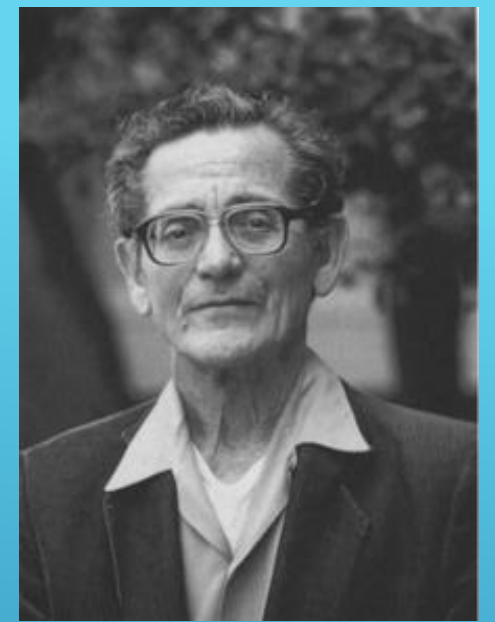
- ▶ Nel pensiero antico non è centrale il problema del libero arbitrio; lo stesso termine **ελευθερια** fa riferimento alla libertà politica, non la libertà individuale.
- ▶ Il problema entra prepotentemente in scena quando si deve conciliare l'onniscienza del Dio ebraico-cristiano con la responsabilità individuale, costituendo uno dei paradossi di queste fedi (assieme alla «Teodicea»). Ne discutono **Agostino d'Ippona, Tommaso d'Aquino, Lutero, Calvino** e molti altri.
- ▶ **Cartesio, Spinoza, Leibnitz** ed altri discussero ampiamente sul tema, evidenziando comunque i limiti del possibile libero arbitrio.
- ▶ Per **Schopenhauer** «Si può fare ciò che si vuole, ma in ogni momento della vita si può volere solo una cosa precisa e assolutamente nient'altro che quella».
- ▶ Più recentemente, sotto la spinta del determinismo fisico evidenziato soprattutto da **Laplace**, in filosofia si sono discusse varie forme di **determinismo**.



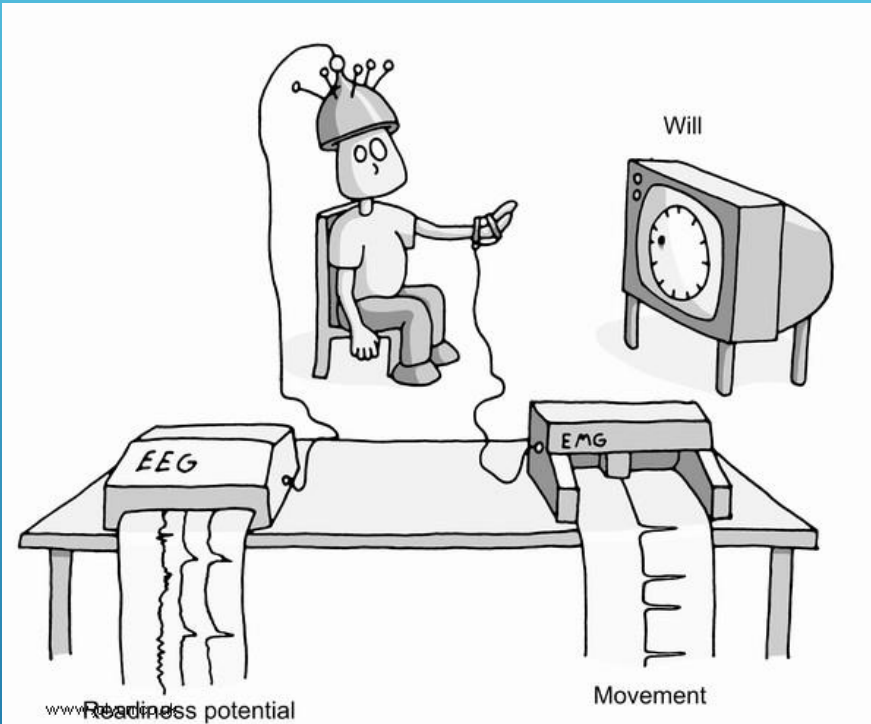
Stemma di Forcella raffigurante la Y pitagorica, che simboleggiava la possibilità di scelta tra i due opposti sentieri iniziatici del vizio e della virtù.^[1]

Benjamin Libet (1916-2007)

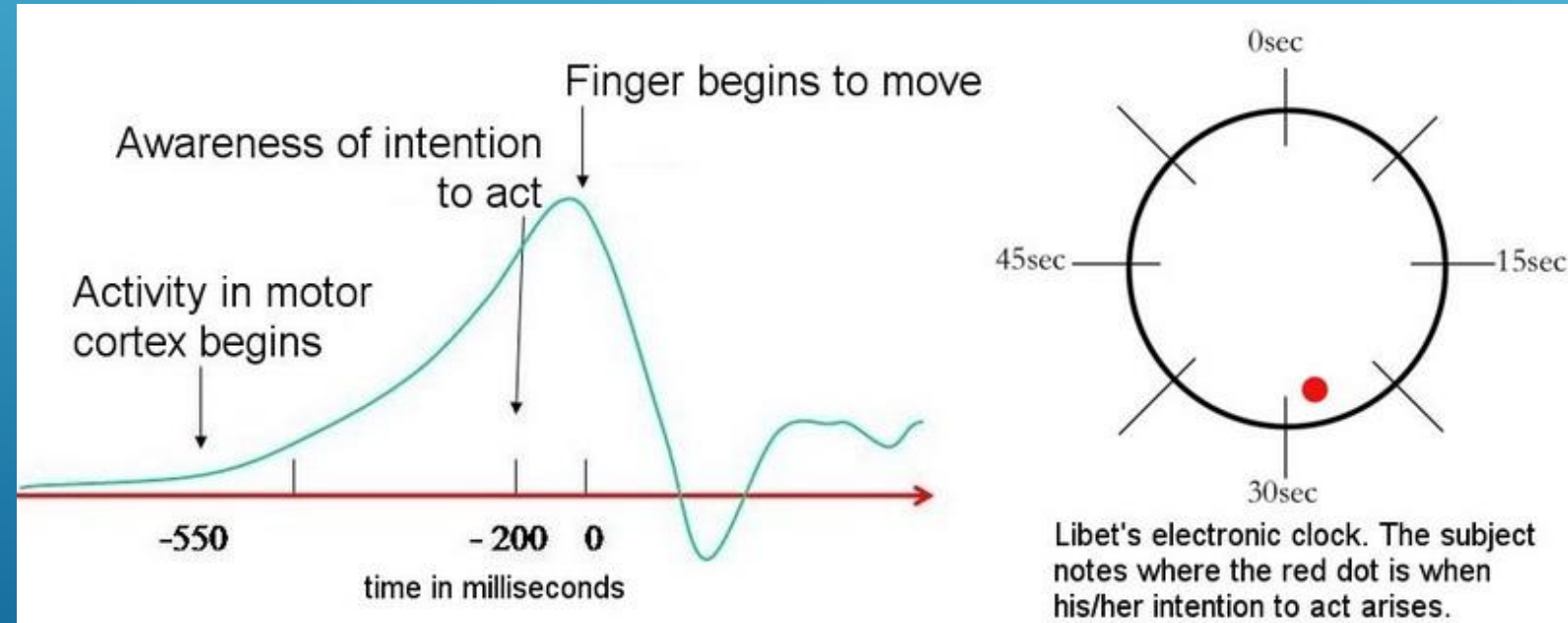
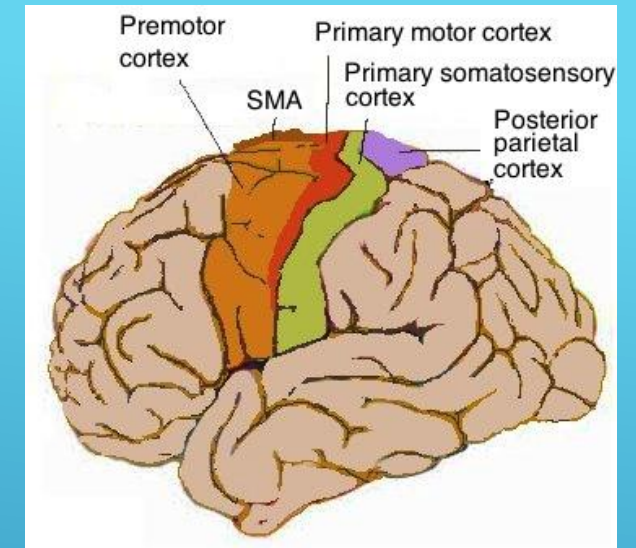
- ▶ È stato un neurofisiologo e psicologo americano
- ▶ Ha lavorato presso l'Università di California a San Francisco
- ▶ Nel 2003 gli è stato assegnato il «Virtual Nobel Prize in Psychology»
- ▶ Utilizzando il potenziale di preparazione scoperto da Hans Helmut Kornhuber ha studiato come si evolve l'esecuzione di un'azione e la consapevolezza di eseguirla



L'esperimento di Libet



Corteccia motoria (si eccita nei movimenti volontari)



Citazione da Isaac Bashevis Singer (citato nel libro di Libet)

Il più grande dono che l'umanità abbia ricevuto è la libera scelta. È vero che abbiamo dei limiti nel farne uso. Ma quella piccola libertà di scelta che abbiamo è un dono così grande e potenzialmente così ricco che la vita vale la pena di essere vissuta proprio per esso. (Singer, 1968)

La coscienza (consciousness)

- ▶ La coscienza è la consapevolezza della propria esistenza e del mondo esterno.
- ▶ Il problema più grave per studiare la coscienza è che, sebbene sia immediato verificarla in noi stessi, è apparentemente impossibile provarne l'esistenza in altri individui o animali.
- ▶ Inoltre non si sa come «misurarla».
- ▶ Il risultato di queste difficoltà è stata l'idea che non fosse scientificamente indagabile. Così il comportamentismo ha limitato la psicologia ad ambiti che eludevano la presenza della coscienza.
- ▶ Tuttavia è evidente che sia proprio la presenza della coscienza che definisce la psicologia dell'uomo ed anche il suo comportamento.
- ▶ Di recente gli studi psicologici hanno ripreso ad occuparsi della coscienza, ma con scarsi risultati.

La coscienza: la prospettiva della scienza «dura»

- ▶ La fisica oggi ha scoperto le leggi basilari che descrivono il comportamento della materia.
- ▶ Siamo quindi in grado di spiegare e prevedere le leggi della chimica e della biologia, come dagli atomi si costruiscono molecole via via più complesse e come queste si mettono insieme per formare cellule e organismi.
- ▶ In linea di principio, siamo in grado di spiegare l'evoluzione e il comportamento di questi organismi.
- ▶ Ma questi organismi sarebbero dei semplici automi, degli «**zombi**», in grado di fare qualsiasi cosa (anche l'amore o le guerre puniche), ma non avrebbero la coscienza di sé.
- ▶ Da dove viene la coscienza di sé negli uomini (e probabilmente anche negli animali e in chissà quant'altro) ?
- ▶ È una **proprietà «emergente»** della complessità della materia ordinaria ? Se sì, come ? È una **proprietà già presente** nelle particelle elementari che compongono la materia ? Ci sono altre spiegazioni, tipo «**the ghost in the machine**» (il dualismo cartesiano o, in versione religiosa, l'anima) ?

La coscienza: il dibattito attuale

- ▶ La situazione è attualmente ingarbugliata.
- ▶ Ci sono alcuni filosofi che da alcuni decenni hanno sviluppato scuole più o meno contrapposte e comunque sterili. Tra questi particolarmente attivi sono John Searle (suo è l'esperimento mentale della «stanza cinese»), Daniel Dennett, Paul e Patricia Churchland, David Chalmers e altri. Il dibattito è essenzialmente sul funzionamento del cervello e se uno strumento di calcolo classico come l'IA può spiegare la coscienza (??). Tra i risultati, l'idea che la coscienza sia un'illusione. (Ma chi sarebbe che si illude, se non un essere cosciente?)
- ▶ Ci sono (pochi) fisici che propongono modelli basati sulla teoria dei quanti. Tra questi Roger Penrose (che ha scritto *La mente nuova dell'imperatore*)
- ▶ Ci sono alcuni neurofisiologi John Eccles, Gerald Edelman, Antonio Damasio e Giulio Tononi

Il test di Turing (gli zombi algoritmici)

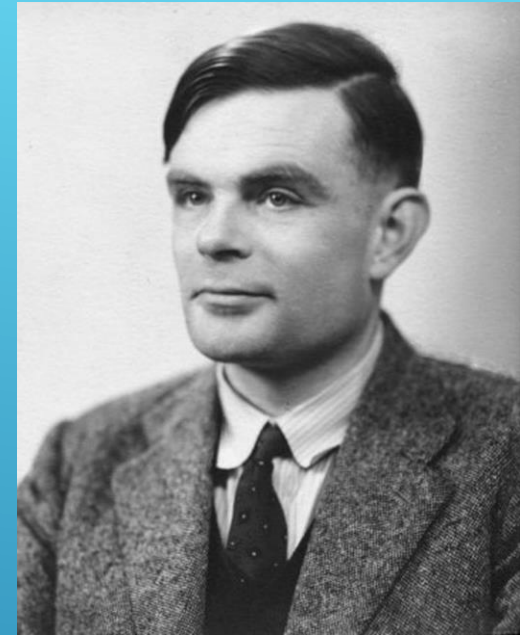
A. M. Turing (1950) *Computing Machinery and Intelligence*. *Mind* 49: 433-460.

COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE

By A. M. Turing

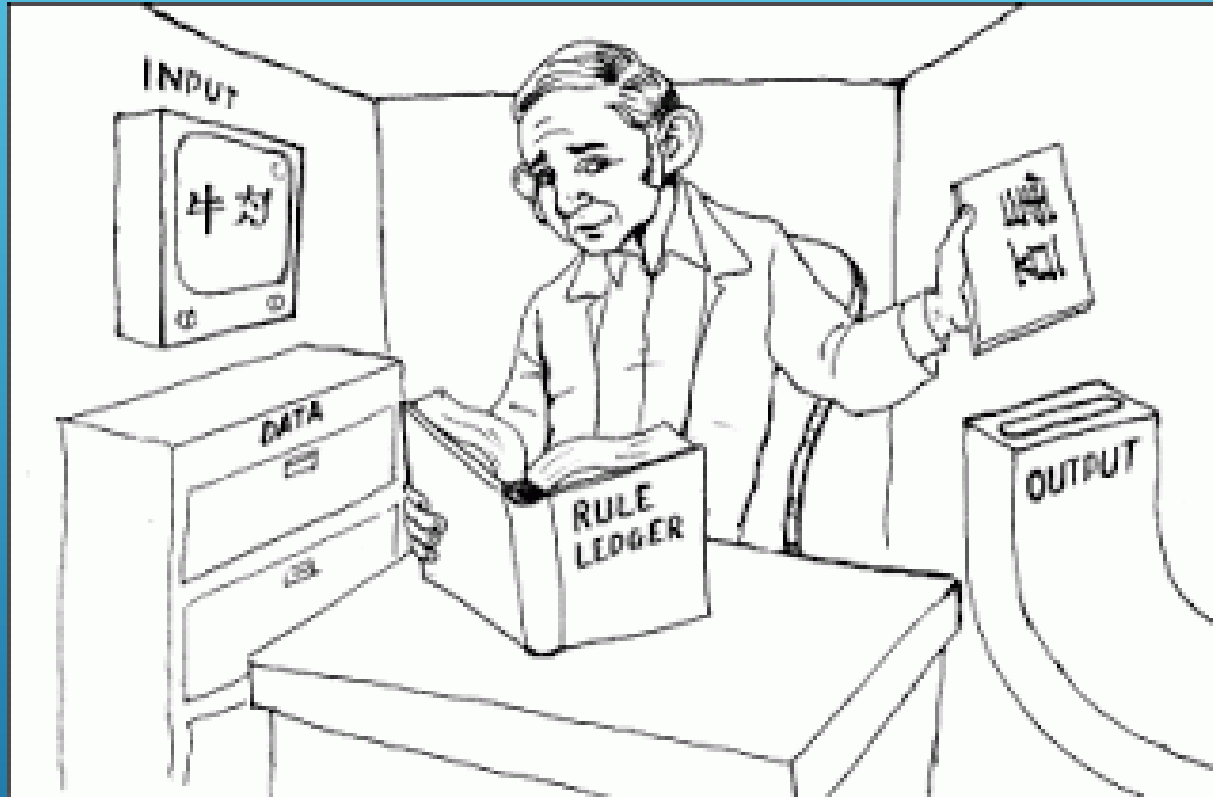
1. The Imitation Game

I propose to consider the question, "Can machines think?" This should begin with definitions of the meaning of the terms "machine" and "think." The definitions might be framed so as to reflect so far as possible the normal use of the words, but this attitude is dangerous. If the meaning of the words "machine" and "think" are to be found by examining how they are commonly used it is difficult to escape the conclusion that the meaning and the answer to the question, "Can machines think?" is to be sought in a statistical survey such as a Gallup poll. But this is absurd. Instead of attempting such a definition I shall replace the question by another, which is closely related to it and is expressed in relatively unambiguous words.



- ▶ In un famoso articolo Alan Turing, agli albori dell'informatica, si domanda se «le macchine» possano **«pensare»**, intendendo per questo **«esibire un comportamento intelligente»**
- ▶ Per stabilirlo, propone un test basato su una «chiacchierata» con la macchina.
- ▶ Gli attuali computer superano il test
- ▶ Il test ovviamente non prova l'esistenza della coscienza, ma è stato causa di molte ambiguità (il comportamento non può essere usato per indagare la coscienza)

La stanza cinese (John Searle)



Dimostra in modo semplice che il comportamento «intelligente» non è legato alla coscienza.

Ma dimostra anche che la coscienza esiste, altrimenti non avrebbe senso il problema.

Giulio Tononi

- ▶ È uno psichiatra italiano che dirige il Center for Sleep and Consciousness presso l'Università del Wisconsin a Madison
- ▶ Ha lavorato con Gerald Edelman (*A Universe of Consciousness: How Matter Becomes Imagination* (2000))
- ▶ Lavora in collaborazione con l'Università degli Studi di Milano.
- ▶ In seguito ha sviluppato una tecnica di indagine che coniuga una eccitazione del cervello tramite TMS (transcranial magnetic stimulation) e una rivelazione del segnale EEG (elettro-encefalogramma) che ha evidenziato un correlato neuronale della coscienza.
- ▶ In altri termini si è in grado di stabilire lo stato di coscienza di un essere (uomo o animale) sulla base del comportamento dei neuroni opportunamente eccitati.
- ▶ Questo test dà anche una idea di come funziona la coscienza, come proprietà non locale del cervello.



Sistema TMS-EEG: tipico setup sperimentale

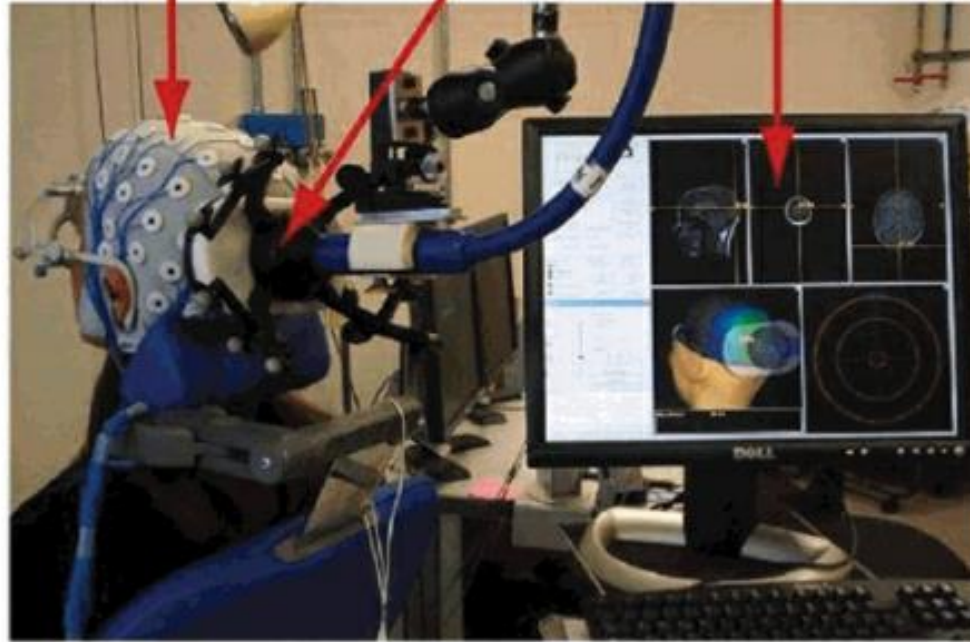
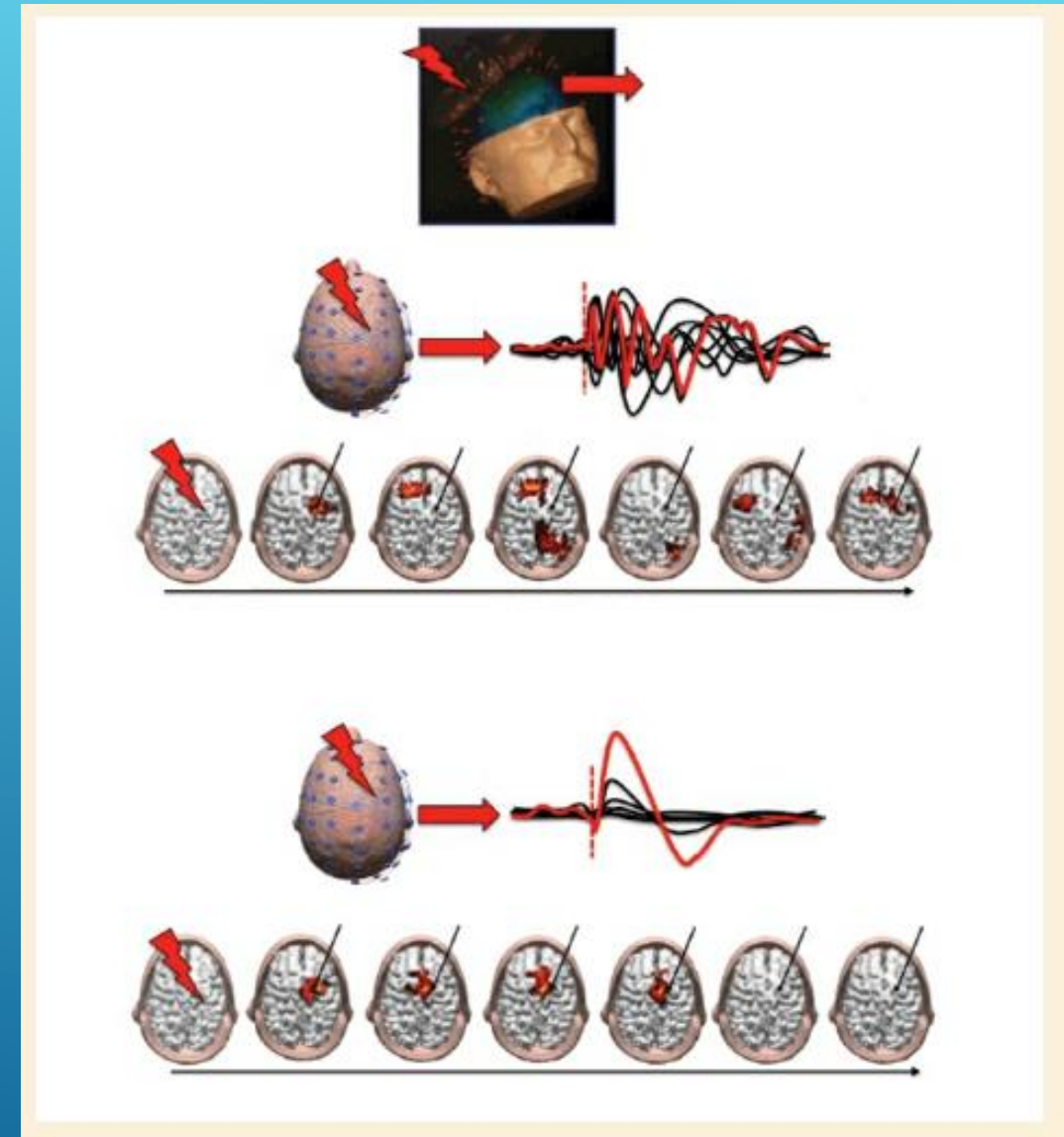


Figura 2B La foto illustra i componenti fondamentali del sistema TMS-EEG utilizzato negli esperimenti descritti in questo capitolo. È visibile la cuffia su cui sono montati i 60 elettrodi EEG utilizzati per registrare l'attività elettrica su tutta la superficie del cervello. Appoggiata alla parte posteriore della testa è visibile la sonda TMS, mantenuta in posizione da un braccio meccanico. A destra della sonda si trova lo schermo del computer del sistema di neuronavigazione. Lo schermo mostra una ricostruzione tridimensionale del cervello del soggetto e la posizione della sonda TMS. Tramite un sistema di navigazione virtuale guidato da una telecamera a infrarossi è possibile puntare lo stimolatore direttamente su aree specifiche della corteccia cerebrale, riproducendo le condizioni che si verificano in sala operatoria durante gli interventi a cranio aperto.

Sistema TMS-EEG nel caso di veglia e sonno

Misure TMS/EEG durante sonno e veglia. Confronto tra le risposte EEG alla TMS ottenute durante veglia e sonno profondo (non-REM). La saetta rossa indica il punto di stimolazione rispetto alla testa del paziente e alla posizione degli elettrodi (circoli blu sulla superficie dello scalpo). Le tracce a destra della testa rappresentano l'attività elettrica registrata da un sottoinsieme di elettrodi EEG dopo la perturbazione TMS (indicata dalla linea rossa tratteggiata). La traccia rossa si riferisce all'attività registrata dall'area di corteccia cerebrale posta immediatamente sotto lo stimolatore. Durante la veglia tutti gli elettrodi reagiscono alla perturbazione TMS e ognuno registra una risposta con caratteristiche specifiche. L'eco che ne risulta è complesso e diffonde a gran parte della corteccia cerebrale come illustrato dalle mappe di attivazione che «fotografano» a diversi istanti il propagarsi dell'attività neuronale. Al contrario, durante il sonno, la risposta alla perturbazione TMS è limitata all'elettrodo posto direttamente sotto lo stimolatore (traccia rossa) che registra un'onda stereotipata la quale non propaga alle altre aree cerebrali. L'eco è semplice e locale.



Veglia, sonno non-REM, sonno REM

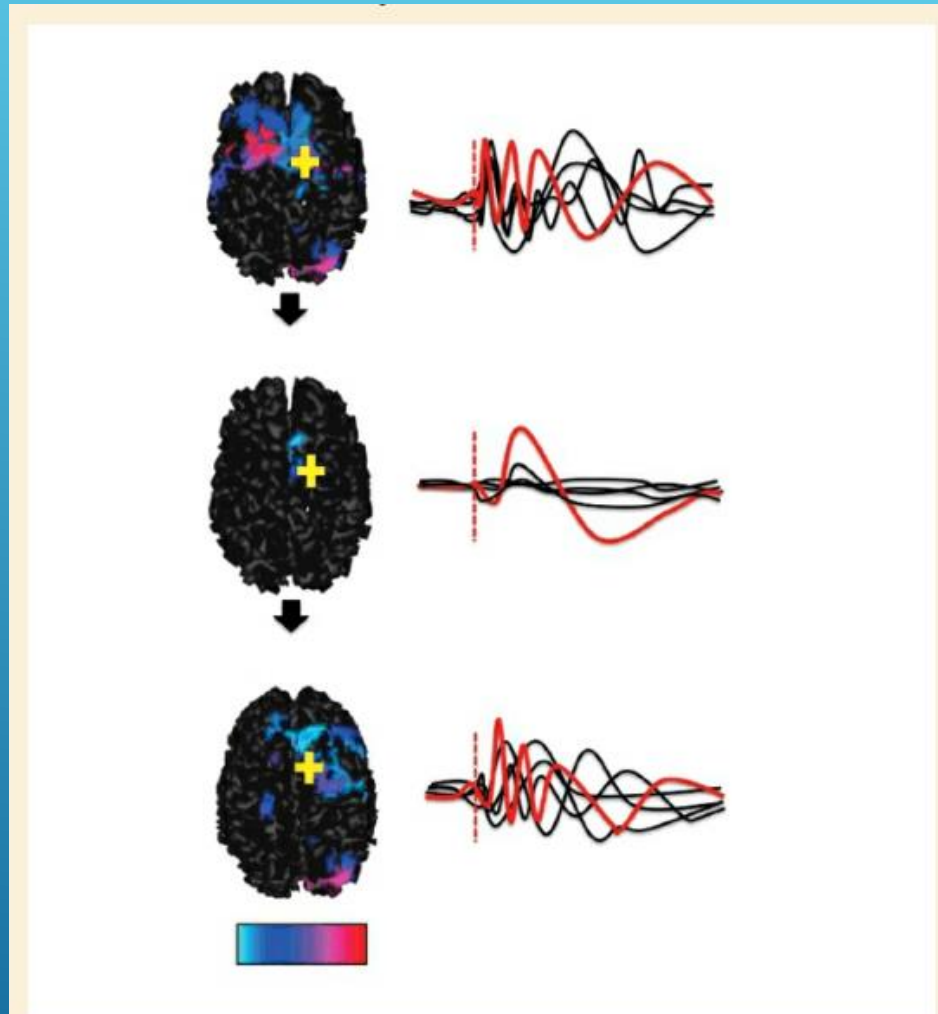


Figura 6 Recupero della complessità durante il sonno REM. Questa figura mostra i risultati ottenuti durante gli esperimenti TMS-EEG in sonno REM. Le mappe cerebrali raffigurate a sinistra riportano le aree cerebrali che si attivano nelle varie condizioni (veglia, sonno non-REM e sonno REM) a seguito dell'impulso TMS. Il colore sulla mappa corticale indica il tempo di attivazione da 0 a 300 millisecondi (blu: attivazioni precoci; rosso attivazioni tardive). Durante la veglia si attivano, con tempi diversi, aree vicine e lontane dallo stimolatore producendo uno schema di attività complesso. La complessità è perduta durante il sonno non-REM, quando la risposta corticale alla TMS rimane localizzata e si esaurisce precocemente. Durante il sonno REM la propagazione dell'attivazione iniziale e la complessità mostrano un netto recupero. Il soggetto, una volta risvegliato da questo stato, riporta una

Lo zombi nel nostro cervello: il cervelletto

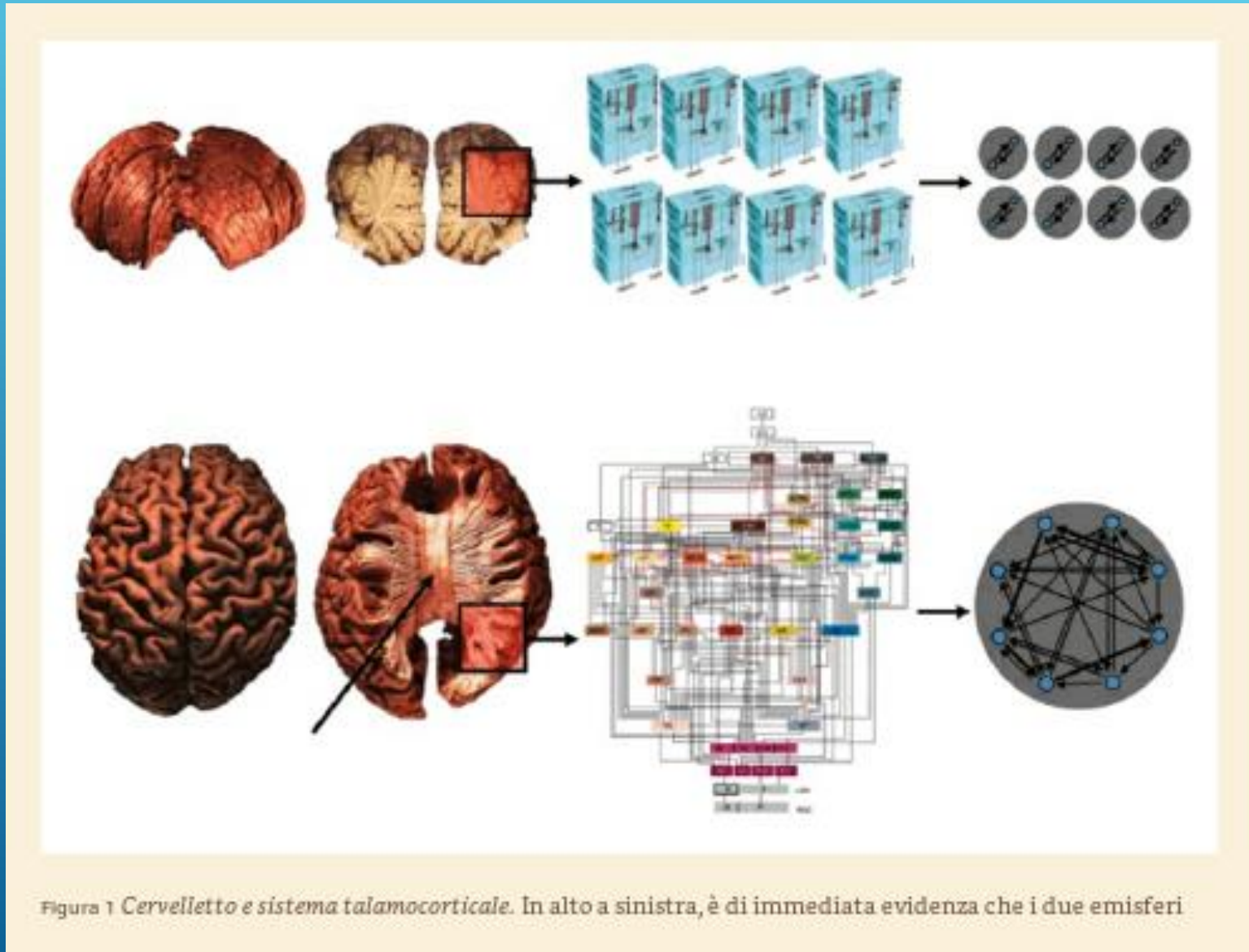


Figura 1 *Cervelletto e sistema talamocorticale*. In alto a sinistra, è di immediata evidenza che i due emisferi

Tecnica TMS-EEG

- ▶ «Quando bussiamo sul cranio con lo stimolatore magnetico, il cervello cosciente vibra e risuona con un eco complesso, mentre quello incosciente sobbalza con un semplice tonfo»
- ▶ La presenza della coscienza è correlata alla diffusione delle risposte e alla loro entropia (complessità)
- ▶ Sono state fatte misure in pazienti
 - ▶ In veglia
 - ▶ In sonno non-REM
 - ▶ In sonno REM
 - ▶ Con vari tipi di lesioni cerebrali
 - ▶ In anestesia
 - ▶ In vari tipi di coma
 - ▶ In stato vegetativo
 - ▶ Locked-in

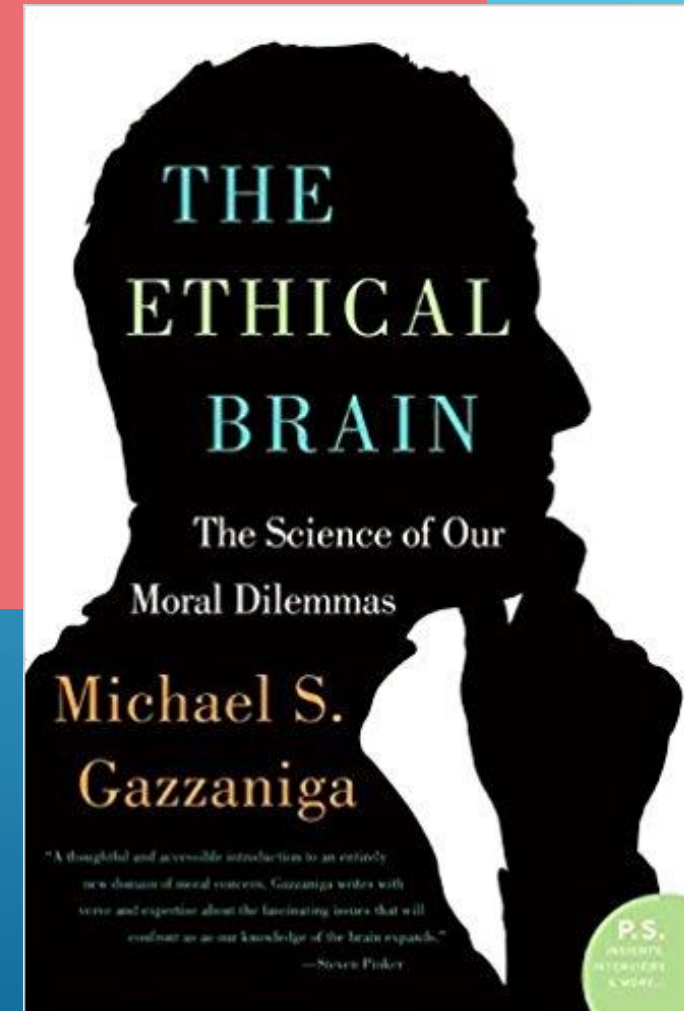
Zapping and Zipping

In pursuit of a consciousness test, Silvia Casarotto of the University of Milan and her colleagues recruited 102 healthy subjects and 48 still responsive and awake brain-injured patients. Their brains were “zapped” with magnetic pulses (transcranial magnetic stimulation) in both conscious and unconscious states, and brain activity was detected with an EEG and analyzed with a data-compression algorithm—and so it was said to be “zipped.” A value known as a perturbational complexity index (PCI) was calculated for the EEGs—and participants were also interviewed about their state of mind. It was determined that a conscious person exhibited at least one value above 0.31 (PCI*), whereas unconscious subjects all had lower scores. Using this value, the zap-and-zip testing was then performed on patients with severe disorders of consciousness (results not shown), finding some individuals who appeared to be conscious.



L'Etica

- ▶ Riguardo all'Etica, la situazione è molto più «grave», perché coinvolge tutto l'aspetto sociale e psicologico dell'uomo.
- ▶ Inoltre i due temi che abbiamo sviluppato, il libero arbitrio e la coscienza, sono anche essi coinvolti.
- ▶ L'Etica è tradizionale campo di «gioco» della religione e della filosofia, ma è troppo importante perché non se ne occupi la scienza.
- ▶ In ogni caso ci sono tanti aspetti dell'etica coinvolti con la scienza, per esempio la bioetica, l'etica dei robot e dell'intelligenza artificiale, l'ambientalismo.
- ▶ Alla base dell'etica c'è poi il funzionamento del nostro cervello. La **neuroetica** si occupa scientificamente di questa materia.



La lista del New Scientist (luglio 2017)

- ▶ Dare diritti agli animali ? (quali e perché?)
- ▶ Modificare geneticamente i nostri figli ? (per «migliorarli» ? Per evitarli malattie ?)
- ▶ Rendere tutti «normali» ?
- ▶ Porre la sicurezza al di sopra della privacy ?
- ▶ Permettere ai robot di uccidere (non solo...) ?
- ▶ Creare la vita sintetica ?
- ▶ Reingegnerizzare la Terra ?
- ▶ Imporre il controllo della popolazione ?
- ▶ Colonizzare altri pianeti ?
- ▶ Smettere di fare scienza ?



Ma l'Etica si evolve

- ▶ Il problema più duro nello studio dell'etica, è che non è fissa, come la legge di gravità, ma cambia, come la lingua
- ▶ Come cambia ? Perché cambia ? Chi stabilisce che è cambiata e che quindi dobbiamo cambiare le leggi ?
- ▶ Questo è uno dei principali motivi di conflitto sociale e politico
- ▶ Perseguire la democrazia ? («vince» la maggioranza)
- ▶ Perseguire la tolleranza ? (permettere la coesistenza di varie opinioni)
- ▶ Il problema si complica notevolmente perché si associa all'etica una sacralità
- ▶ **Va studiata come si evolve un'etica e quali sono le strutture interne imprescindibili (in questo c'è una similitudine con il linguaggio)**

Robot (e macchine a guida autonoma, e altro)

▶ Le tre leggi della robotica di Asimov:

1. Un robot non può recar danno a un essere umano né può permettere che, a causa del proprio mancato intervento, un essere umano riceva danno.
2. Un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani, purché tali ordini non contravvengano alla Prima Legge.
3. Un robot deve proteggere la propria esistenza, purché questa autodifesa non contrasti con la Prima o con la Seconda Legge.

▶ Ma nella realtà organismi (o programmi) AI possono dover risolvere dilemmi ben più complessi, per esempio dover/poter pesare in modo diverso individui diversi da far «morire».

▶ Ma non solo, una legislazione che assegna più fondi a una attività rispetto ad un'altra può significare cambiare la speranza di vita di individui.

▶ E se si dovesse scegliere tra un morto o 10 paralitici a vita ?

L'Antropologia, la scienza dell'uomo

- ▶ L'Antropologia, nata nell'800 dall'etnografia, si è sviluppata come la scienza dell'uomo, coniugando sensibilità umanistiche e metodologie scientifiche.
- ▶ Queste due anime si sono andate sviluppando in modo spesso separato, costituendo
 - ▶ l'Antropologia Fisica che studia l'evoluzione e le caratteristiche fisiche degli esseri umani, la genetica delle popolazioni e le basi biologiche dei comportamenti della specie umana
 - ▶ l'Antropologia Culturale, che si occupa degli aspetti socio-culturali ecc. (ad esempio le reti di relazioni sociali, i comportamenti, usi e costumi, gli schemi di parentela, le leggi e istituzioni politiche, le ideologie, religioni e credenze, gli schemi di comportamento, i modi di produzione e consumo o scambio dei beni, i meccanismi percettivi, le relazioni di potere).
- ▶ Ora parte di questa seconda sta confluendo nella prima, tramite lo studio del cervello.
- ▶ I tre argomenti che abbiamo sviluppato possono essere visti come parte dell'antropologia culturale «di base».
- ▶ La Scienza dell'uomo sta diventando la scienza del cervello umano

Brain hacking

La scienza del cervello sta cambiando il nostro modo di vedere noi stessi, le nostre convinzioni millenarie e la stessa scienza.

Ma sta cambiando anche il nostro cervello e il modo con cui ci interagiamo.

Si stanno moltiplicando strumenti, alla portata di tutti, per raggiungere particolari stati di rilassamento o altro. Per ora niente di più di quello che si può ottenere con un bicchiere di vino.



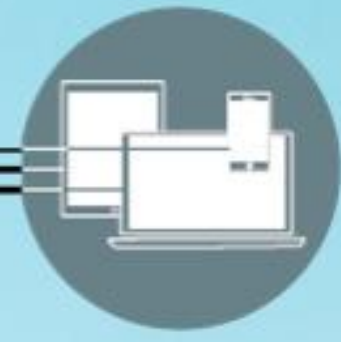
How MindWave Mobile 2 Works



Sensors detect faint
brainwave signal safely
and passively



NeuroSky technology
interprets meaning of brain
signals



Brainwave signals
cause various effects in
an app