



# La Complessità della Fisica

**Perché la fisica è così difficile da imparare (e da insegnare)?**

**Tommaso Matteuzzi, Franco Bagnoli, Francesca Nerattini, Giovanna Pacini, Samuele Straulino**

Dip. di Fisica e Astronomia,  
Università di Firenze

[tommaso.matteuzzi@unifi.it](mailto:tommaso.matteuzzi@unifi.it)

## La fisica è difficile

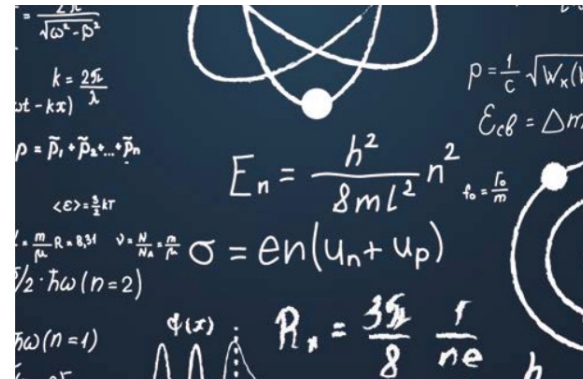
Aspetti cognitivi dell'apprendimento e insegnamento della fisica....

### Perché lo studio della fisica è considerato così difficile da tanti studenti? Esiste una difficoltà intrinseca?

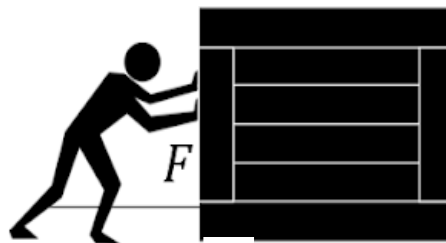
La fisica ad alto livello è intrinsecamente difficile perché richiede molta astrazione e ha molta matematica difficile

PHYSICS & NEUROSCIENCES

WHY IS  
PHYSICS SO  
DIFFICULT?



Ma perché anche la **meccanica classica** (che ha a che fare con fatti quotidiani) è considerata difficile da molti studenti?



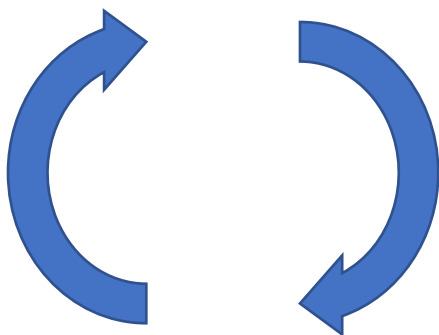
1) La meccanica “**assomiglia**” alla realtà...ma ha leggi differenti da quelle che ‘sentiamo’ essere quelle corrette. In altre parole, le leggi della fisica sono simili, ma non uguali, alla nostra intuizione fisica.

2) Pensiero **lento** e ragionamento analitico (in opposizione al pensiero intuitivo/associativo)



## Difficoltà Intrinseche

**'Fisica Intuitiva' :**

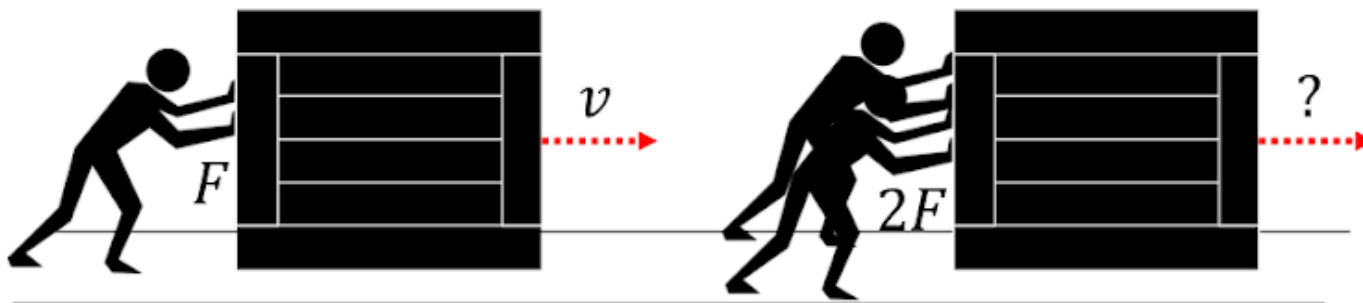
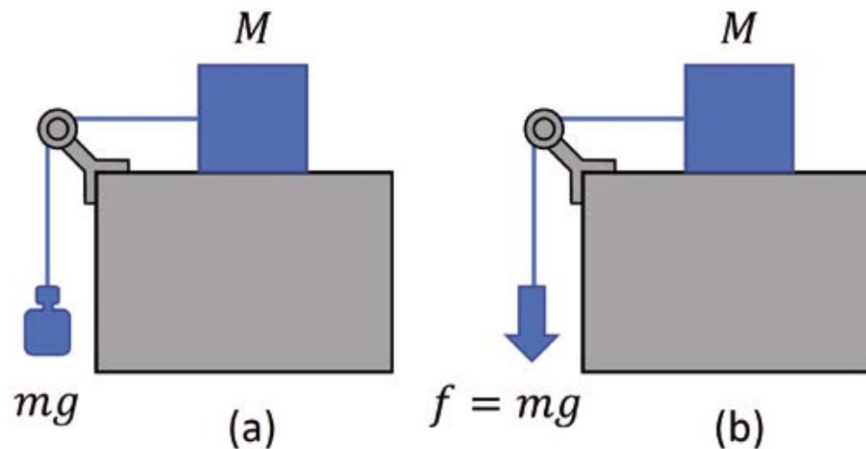


**Pensieri veloci/  
ragionamento lento**

La meccanica è molto (troppo) simile alla realtà e per questo attiva il pensiero intuitivo

Per uscire dal pensiero intuitivo dobbiamo attivare il ragionamento...faticoso!

## Fisica Intuitiva: due esempi



Nei corridoi del nostro Dipartimento, abbiamo constatato che una buona percentuale di insegnanti di fisica (con anni di insegnamento alle spalle) dà la risposta errata

In che senso la meccanica è 'troppo simile' alla realtà?



Tutti noi animali (almeno i vertebrati, ma probabilmente anche gli insetti) nasciamo con una conoscenza fisico-matematica di base, per esempio:

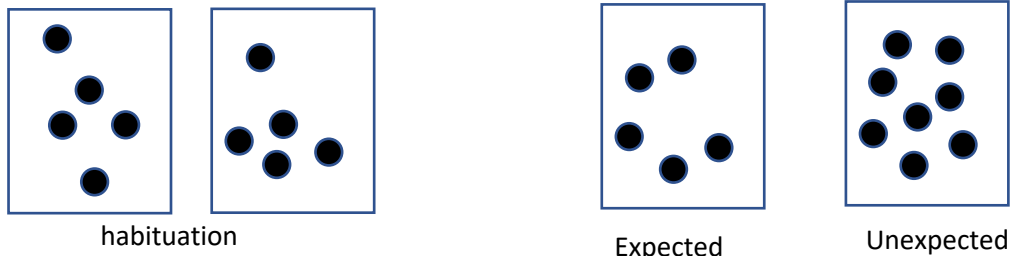
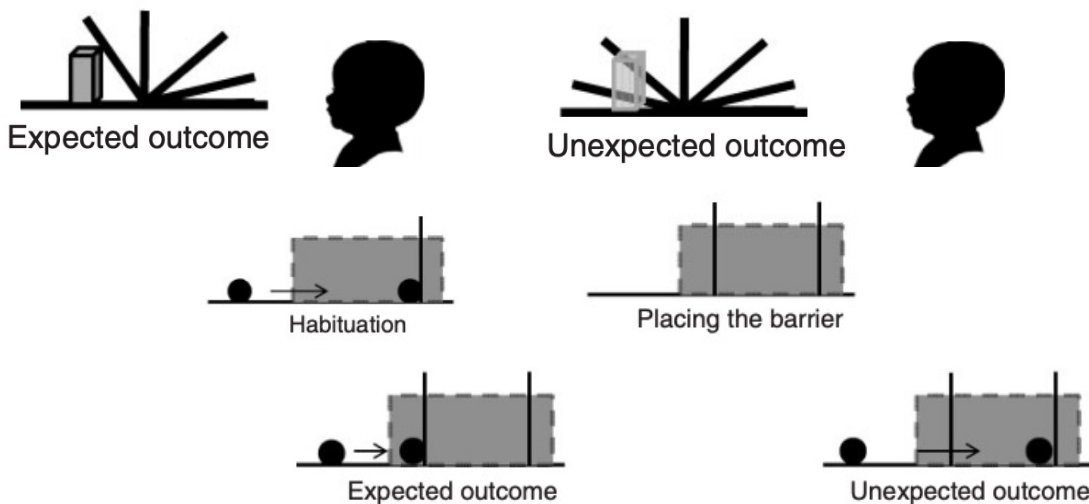
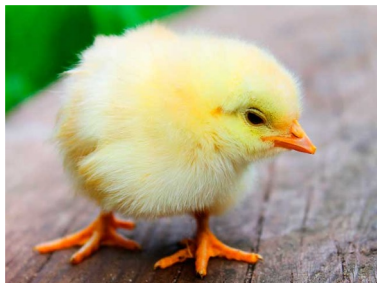
- la capacità di contare fino a piccoli numeri interi (3-5)
- la nozione di numerosità intuitiva (riusciamo a distinguere tra gli 8 e i 16 punti),
- l'impenetrabilità dei corpi,
- la distinzione tra oggetti animati e inanimati.



Hespos, vanMarle (2011)

Chiandretti, Vallortigara (2013)

Esperimenti accurati condotti su una varietà di animali (dai pulcini ai bambini molto piccoli) mostrano che essi osservano con maggiore intensità e per tempi più lunghi fenomeni “inaspettati”, in particolare quelli che contraddicono la “fisica ingenua”.



Hespos, vanMarle (2011)  
Chiandretti, Vallortigara (2013)



## Fisica Intuitiva



Sia i bambini che i pulcini si aspettano....

- che i corpi pesanti cadano,
- una palla rotola per un po' e poi si ferma,
- le cose (inanimate) non iniziano a muoversi da sole...

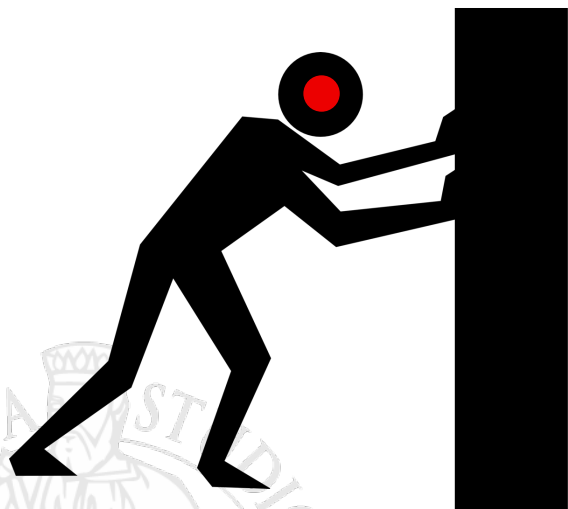
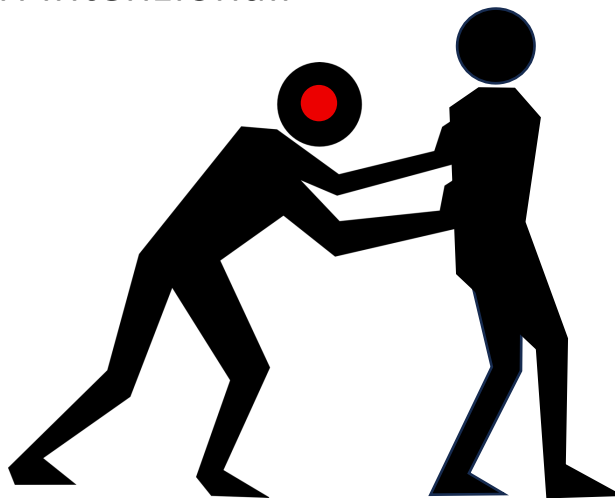
**la “fisica quotidiana” o “intuitiva ” è quella a cui obbediscono i corpi inanimati**

**Ma questo è vero anche per gli adulti!**



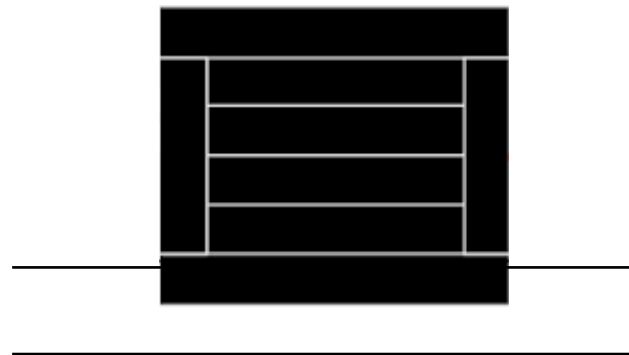
## Fisica Intuitiva

Le forze sono applicate da esseri intenzionali



## Fisica Intuitiva

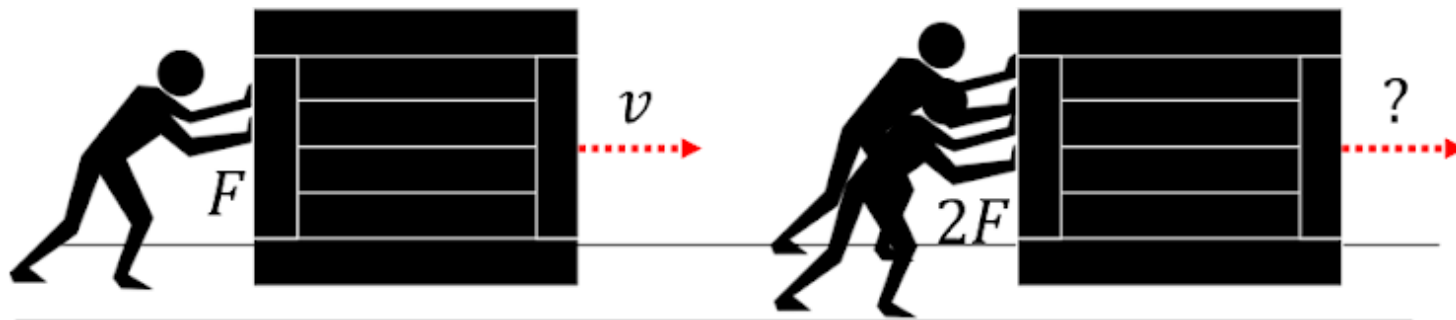
In assenza di 'motori attivi', gli oggetti inanimati dopo un po' si fermano



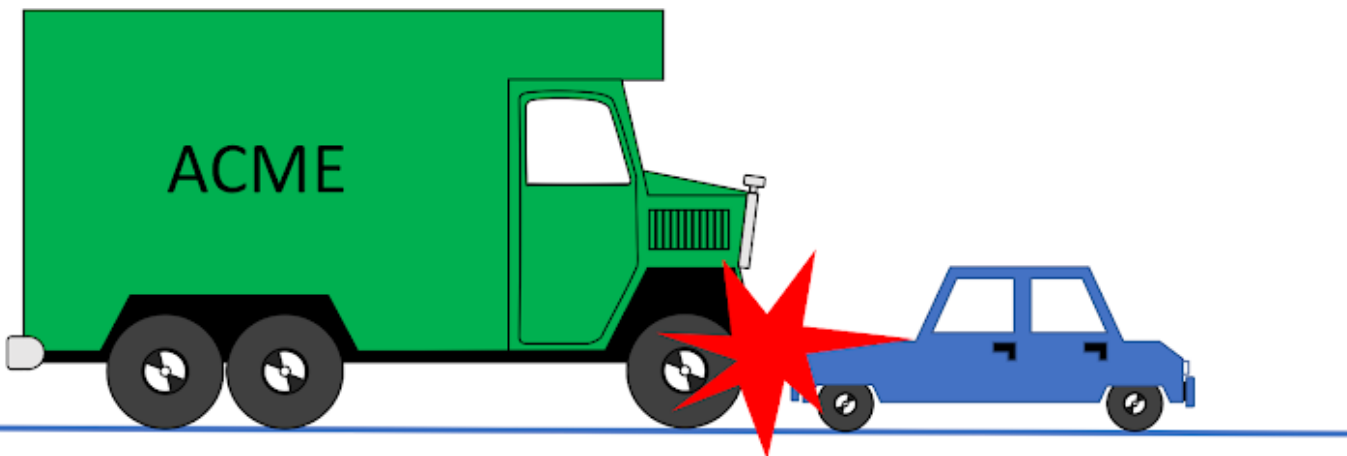
Se si mostra ai pulcini un oggetto che non si ferma da solo dopo un po', o che inizia a muoversi senza una "causa", mostrano grande sorpresa...

## Fisica Intuitiva

Consideriamo principalmente l'attrito viscoso



Le forze asserite da oggetti più pesanti sono maggiori di quelle fatte da oggetti più piccoli



## Fisica Intuitiva

Gli oggetti pesanti cadono più velocemente di quelli leggeri



McCloskey, M. (1983). *Scientific american*, 248(4), 122-131.

McCloskey, M., Washburn, A., & Felch, L. (1983). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 9(4), 636.

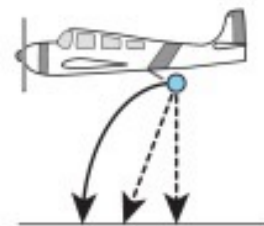
## Fisica Aristotelica

La fisica intuitiva somiglia molto a quella di Aristotele:

- I corpi solidi non possono compenetrarsi.
- I corpi in movimento si fermano a meno che qualche essere intenzionale non li spinga.
- Il movimento avviene in un mezzo viscoso: gli oggetti più densi cadono più rapidamente, la velocità è proporzionale alla forza, gli oggetti si muovono nella direzione della forza.
- Solo gli esseri viventi esercitano delle forze.
- I corpi (come gli animali) ricordano il loro movimento precedente: se lanciati continuano per un po' in quella direzione e poi ritornano al loro movimento naturale.

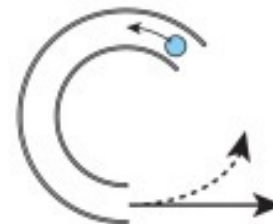
### (B) Falling object problem

The diagram shows an object dropped from a moving airplane. Draw the trajectory the object will follow while falling to the ground.



### (D) Curved-tube problem

The diagram shows an object traveling through and exiting a curved tube. Draw the trajectory the object will follow after exiting the tube.



## Evoluzione?

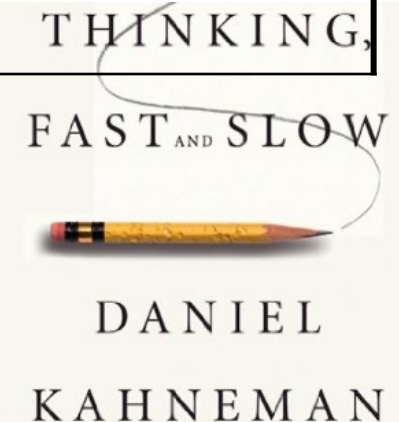
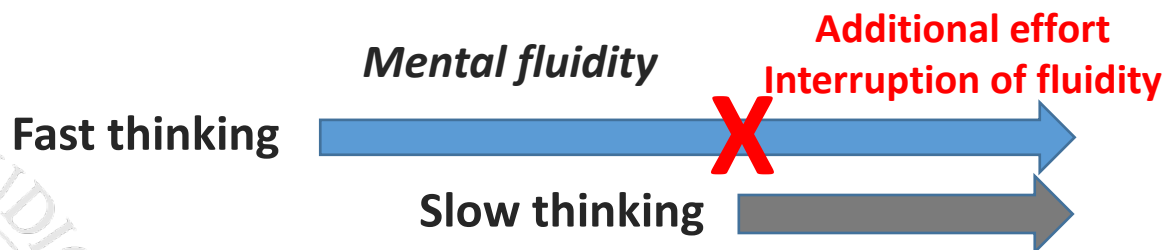
La fisica ingenua potrebbe avere il semplice obiettivo di distinguere rapidamente tra esseri viventi e oggetti inanimati (un compito che svolgiamo molto meglio che risolvere esercizi di fisica).

- Gli oggetti inanimati (comprese le piante) che obbediscono alla legge della fisica 'intuitiva', sono innocui.
- Gli esseri viventi violano le leggi della fisica 'intuitiva' e possono essere pericolosi!



## Dual process theory

	<b>Intuition/System 1</b> <b>Fast and unconscious</b>	<b>Reasoning/System 2</b> <b>Slow and conscious</b>
<b>Operation</b>	Associative	Symbolic manipulations
<b>Elaboration</b>	(a) Memory based (b) Association/ <b>analogic</b> (c) Automatic (d) Little effort	(a) Rule based (b) Abstract/quantitative (c) Strategic (d) <b>Large effort</b>
<b>Knowledge</b>	Personal experience/genetic	Language, culture, formal study
<b>Examples</b>	Imagination Visual recognition Associative memory No verification	Explanation Formal analysis Deduction/induction/abduction Verification





## Test di Fisica Intuitiva: Force Concept Inventory

# Force Concept Inventory

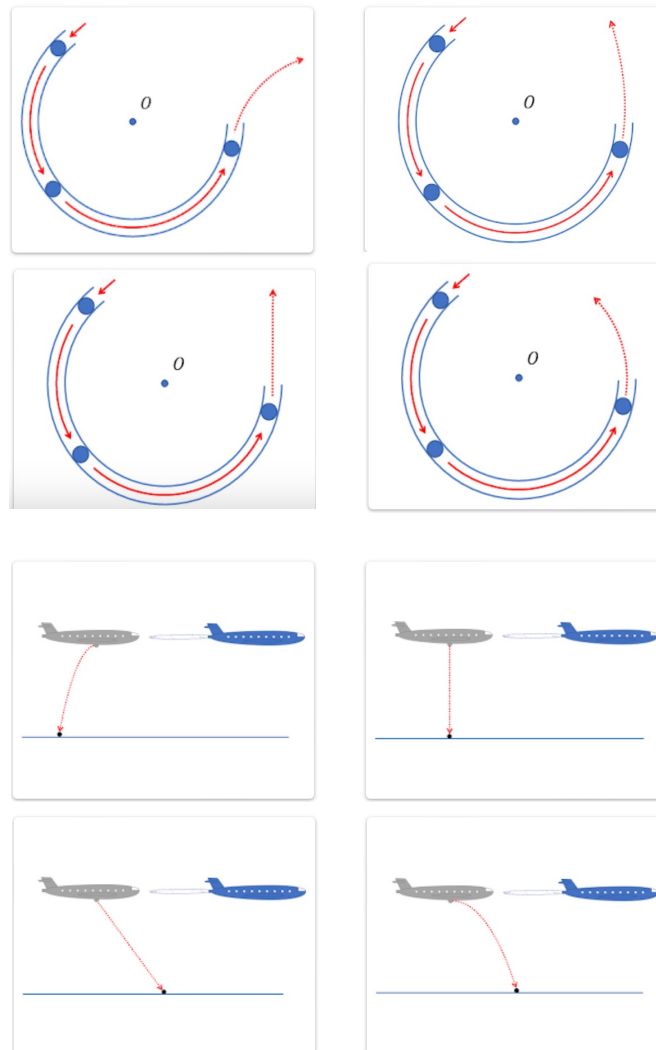
By David Hestenes, Malcolm Wells,  
and Gregg Swackhamer

- Strumento per evidenziare le carenze delle conoscenze meccaniche di base degli studenti, sia a livello liceale che universitario.
- Si propone di approfondire la conoscenza dei moti accelerati, della caduta dei corpi, degli effetti delle forze e della terza legge di Newton o di azione e reazione.

FCI: <https://forms.gle/5c2JTMmx2j5fbV1v8>

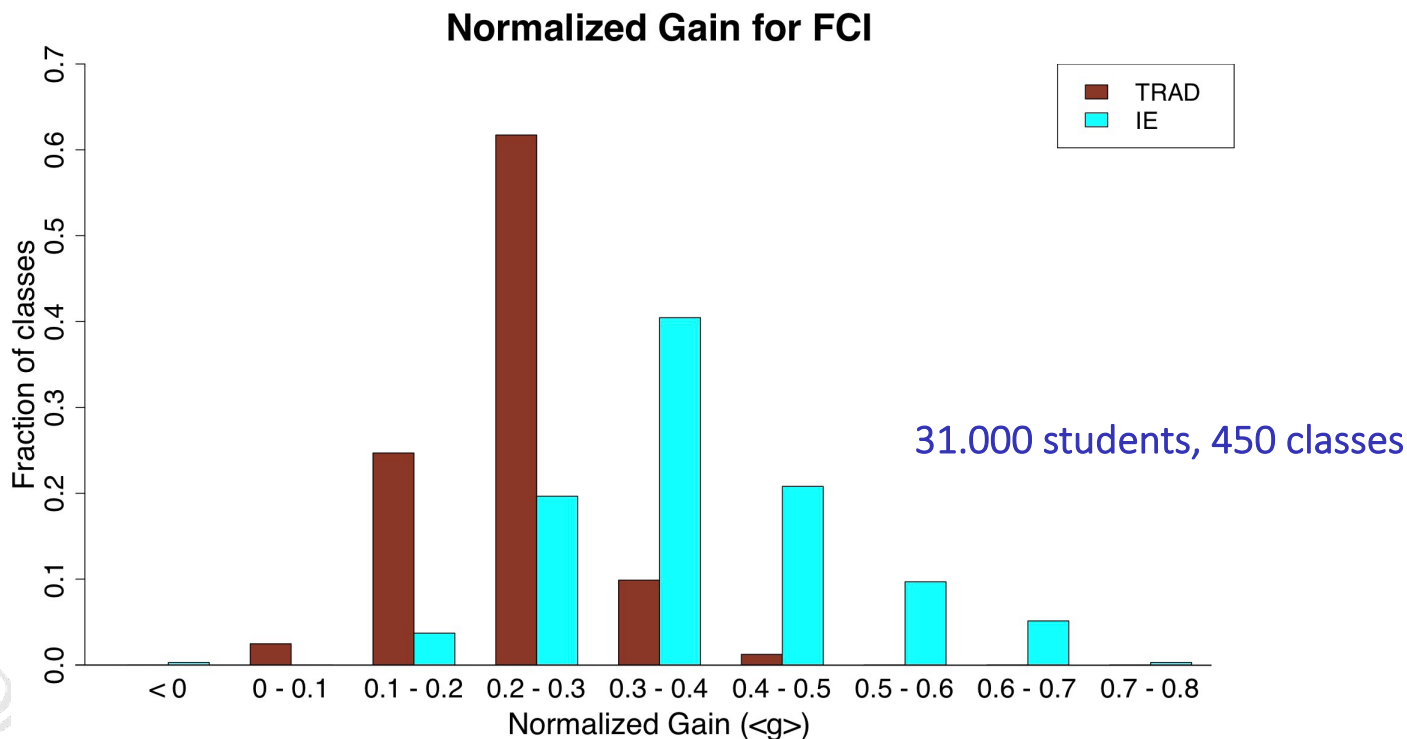
Our FCI <https://forms.gle/q3sc4J4kJVkuqPKN9>

Typical FCI questions:



## Test di Fisica Intuitiva: Force Concept Inventory

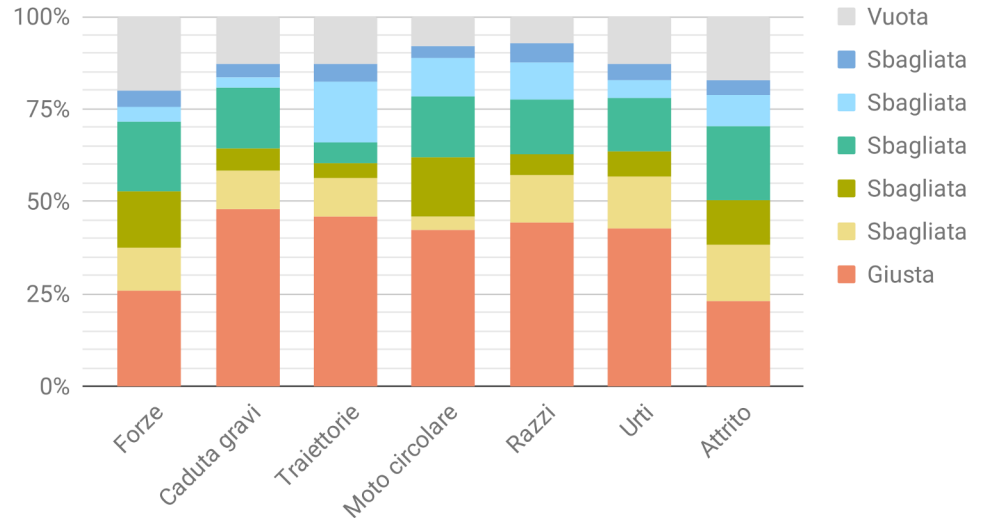
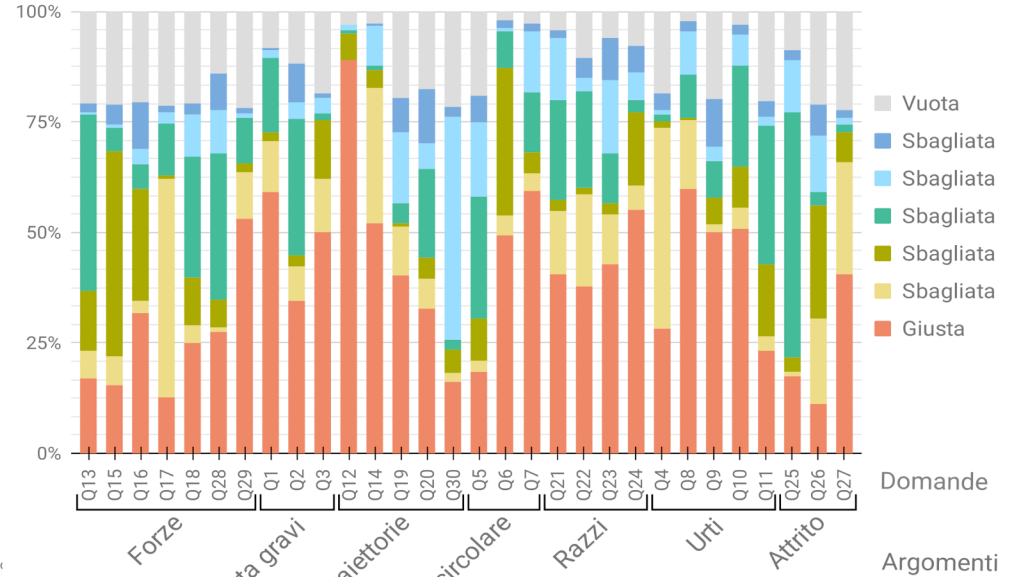
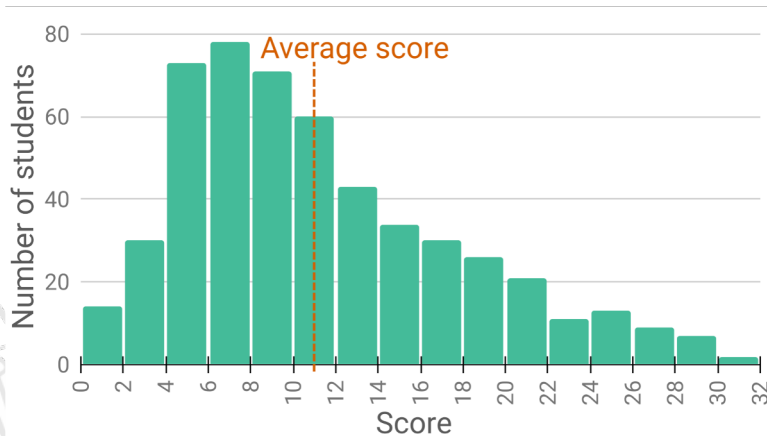
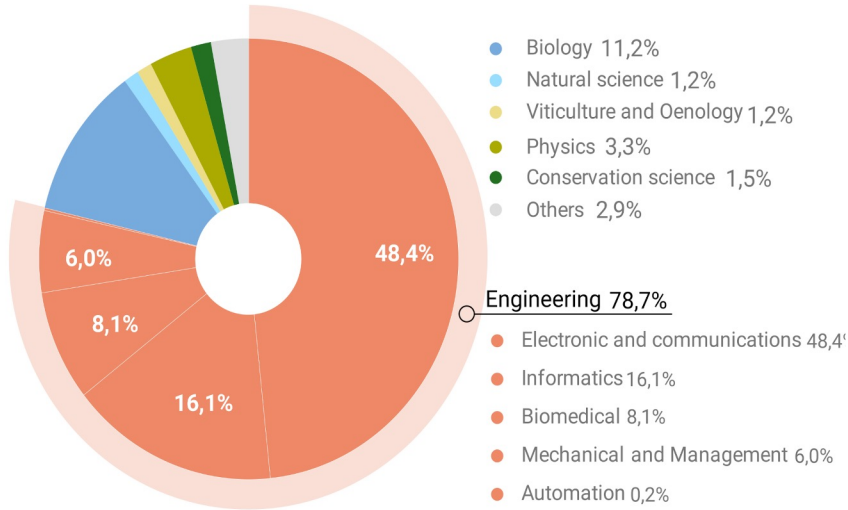
- Molte delle idee sbagliate evidenziate dalla FCI sono molto simili alla concezione intuitiva (aristotelica) della fisica, ad es. un oggetto si muove solo finché “spinto” da una forza, la forza è proporzionale al danno potenziale o è collegata all’intenzionalità...
- Il miglioramento nel test (prima e dopo una corso di fisica) è molto basso.



## FCI in UNIFI

520 principalmente al primo anno

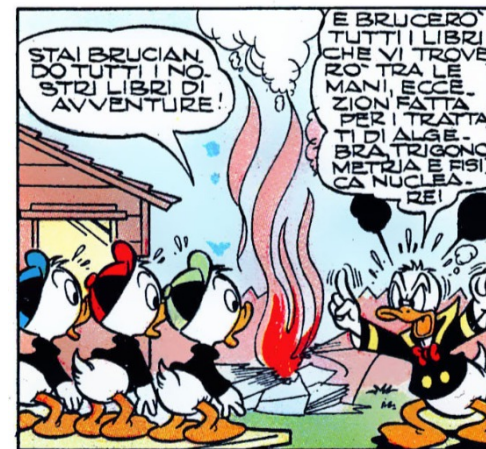
### Materia di Studio



## Conclusioni

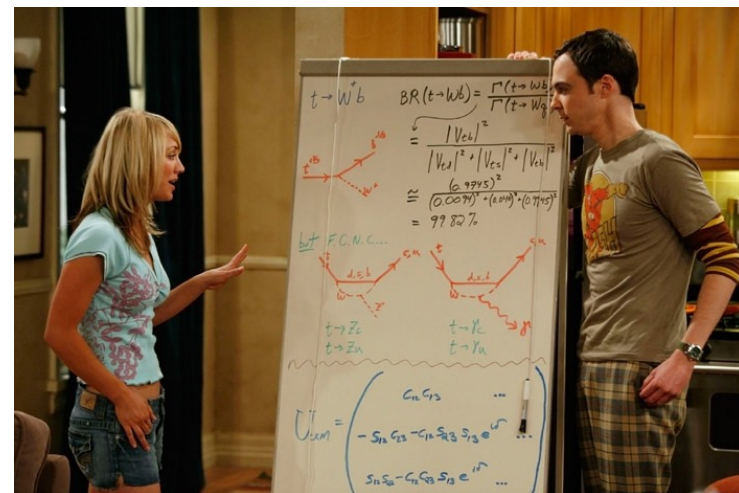
La fisica è difficile:

- i concetti (e i metodi) proposti sono in conflitto con i moduli della “fisica intuitiva” che ci dice come **dovrebbe comportarsi il mondo**,
- Il nostro sistema cognitivo è solo apparentemente razionale: normalmente utilizziamo **regole euristiche**, che sono facili, automatiche e quindi richiedono poco sforzo, invece di quelle **razionali**, che sono lente e faticose.



L'apprendimento e l'insegnamento della fisica passano in gran parte dal “disimparare” le associazioni intuitive

Non possiamo eliminare la conoscenza della fisica intuitiva, ma, come insegnanti, dovremmo puntare a “indebolire” le associazioni automatiche, favorendo l'insorgere di un “campanello d'allarme”.





GRAZIE!

Franco Bagnoli



Francesca Nerattini



Giovanna Pacini



Samuele Straulino

