

Matematica Spaziale

Daniele Serra, Università di Pisa

“Matematica in Città per i Cittadini”, Lucca, 10 Settembre 2018

I pianeti del Sistema Solare

Mercury

Venus

Earth

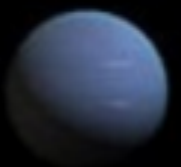
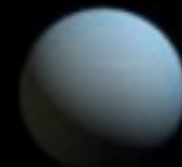
Mars

Jupiter

Saturn

Uranus

Neptune



Sarà d'ora in poi nella sottoclasse dei «pianeti nani»

Plutone non è più un pianeta

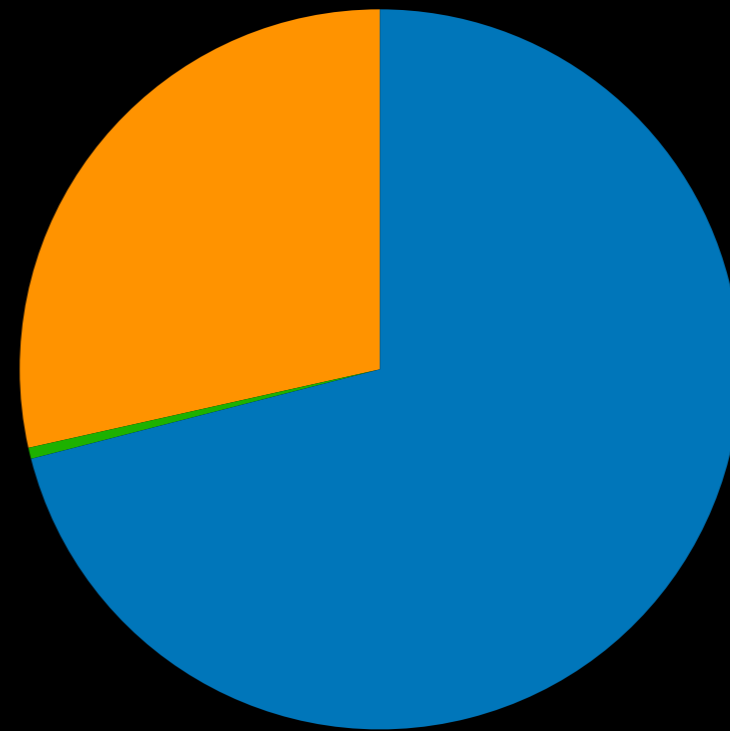
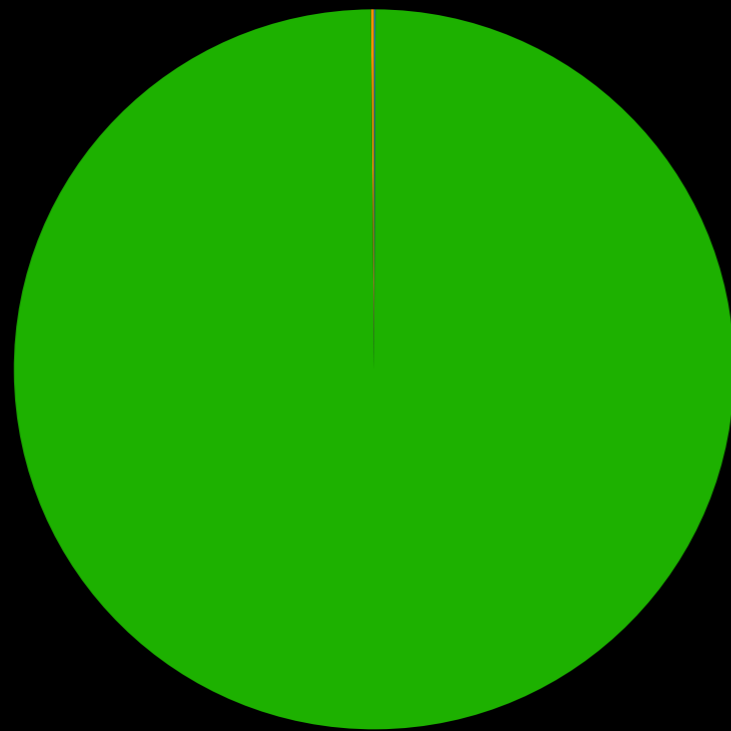
Lo hanno deciso 2500 scienziati al congresso dell'Unione astronomica internazionale riuniti a Praga



Plutone

Masse del Sole e dei pianeti

● altri pianeti ● Sole ● Giove



● Giove ● pianeti rocciosi ● altri pianeti gassosi

Giove a forma di pera

CORRIERE DELLA SERA

CORRIERE INNOVAZIONE

NEWS EVENTI COLABO

Cosa pensano
i **Digital Leader**
delle grandi aziende italiane



SCIENZA

Sorpresa, Giove è a hanno scoperto da

È il più grande pianeta del sistema solare, il ri
modello della sua struttura interna usando i
della sonda Juno della Nasa

Sorpresa, Giove ha la

I matematici dell'Unive
sulla misura del campo
l'emisfero nord del pia
all'emisfero sud

LA MODENA C
anni, con cui
erano sposa-
La residenza
figlia a Palm
ella Florida.
TO è stata lei,
manale New
to tempo fa
niugali, cau-
ald Junior e
social media.



Barbara D'Urso, a sinistra,
e Barbara Guerra.

si, la conduttrice la querelò. Ora Barbara Guerra è
stata condannata dal Tribunale di Monza a sei mesi
di reclusione per
diffamazione
aggravata, oltre
al risarcimento
dei danni mora-
li alla D'Urso.
La pena è sta-
ta sospesa e la
showgirl ricor-
rerà in Appello.

ta pesa
ve volte
ne del r
la casa
in Moto
quarant
sono pr
verto ar
ho firm
decimo
simo: è
Qatar,

Andrea Milani e Daniele Serra,
due matematici dell'Università
di Pisa, hanno contribuito a una
straordinaria scoperta astronomica:
il pianeta Giove non ha una forma
sferica perfetta, ma ha la forma di
una "pera", cioè l'emisfero Nord del
pianeta è più piccolo di quello Sud.

Giovanni Toti, 49 anni, presi-
dente della Regione Liguria,
ha dato il via alla raccolta di firme
nella sua regione per richiedere che
il pesto, la celebre salsa al basilico,
diventi patrimonio dell'umanità e
sia inserito, come la pizza, fra i beni
protetti dall'Unesco.

Alessandro Bonaccorsi, 38 anni,
fotografo con il nome d'arte di

no, dove l'ordigno bellico è stato rin-
venuto in un cantiere e, per sicurezza,
sono stati evacuati i palazzi nelle vici-
nanze, l'ospedale Santa Croce e la
stazione; chiusi anche l'aeroporto, il
porto, i pubblici uffici e le scuole. Poi
la bomba è stata portata via ed è stata
fatta brillare in alto mare.

A Parigi, dal 17 al 21 aprile, an-
dranno all'asta i tesori dell'hotel
Ritz, uno dei simboli del lusso mon-
diale, che nelle sue stanze ospitò an-
che le ultime notti della principessa
Diana e di Dodi Al-Fayed. Fra i ci-
meli messi all'asta: il letto in ottone di
Ernest Hemingway, il divano preferito
da Marcel Proust e gli sgabelli del bar
su cui sedeva Francis Scott Fitzgerald.

li immaginavamo,
era e Saturno senza
si formassero)

DI SICILIA

oni Ambiente No Profit e Consumo

ra centro dell'evoluzione del

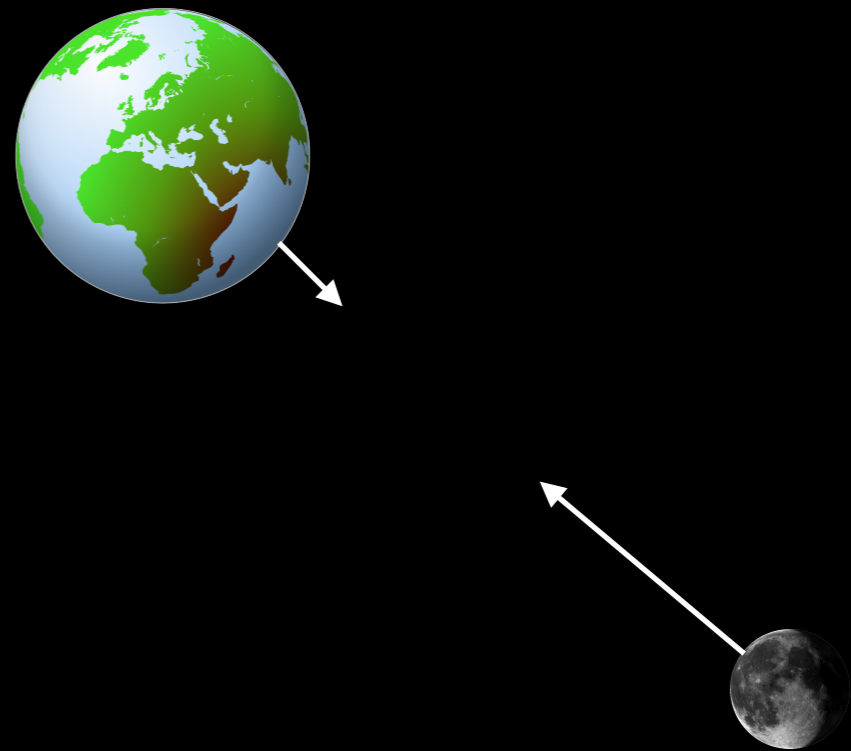
pubblicato lo studio
' La scoperta è che
sa diversa rispetto

Campo di gravità

Ogni corpo genera una forza proporzionale alla propria massa con la quale attrae gli altri corpi.



Newton e la famosa mela



Forma, massa e gravità

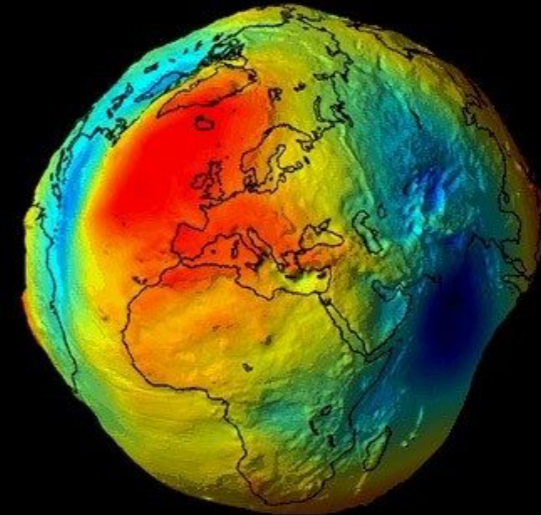
La forma di un pianeta è legata al modo in cui è distribuita la sua massa.



Simmetria sferica



Ellissoide



Geoide

Ogni forma diversa determina un campo di gravità diverso



$$V = \frac{GM}{r}$$



$$V = \frac{GM}{r} + J_2 U_2$$

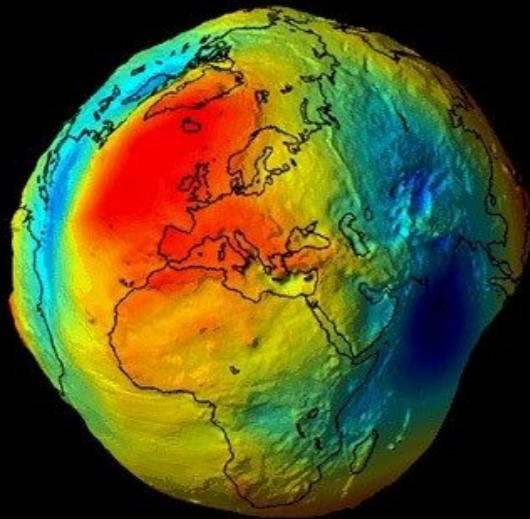
J_2 indica quanto il
pianeta è
schiacciato ai poli



$$V = \frac{GM}{r} + J_3 U_3$$

J_3 indica quanto la
massa è asimmetrica
rispetto all'equatore

Gravità del geoide



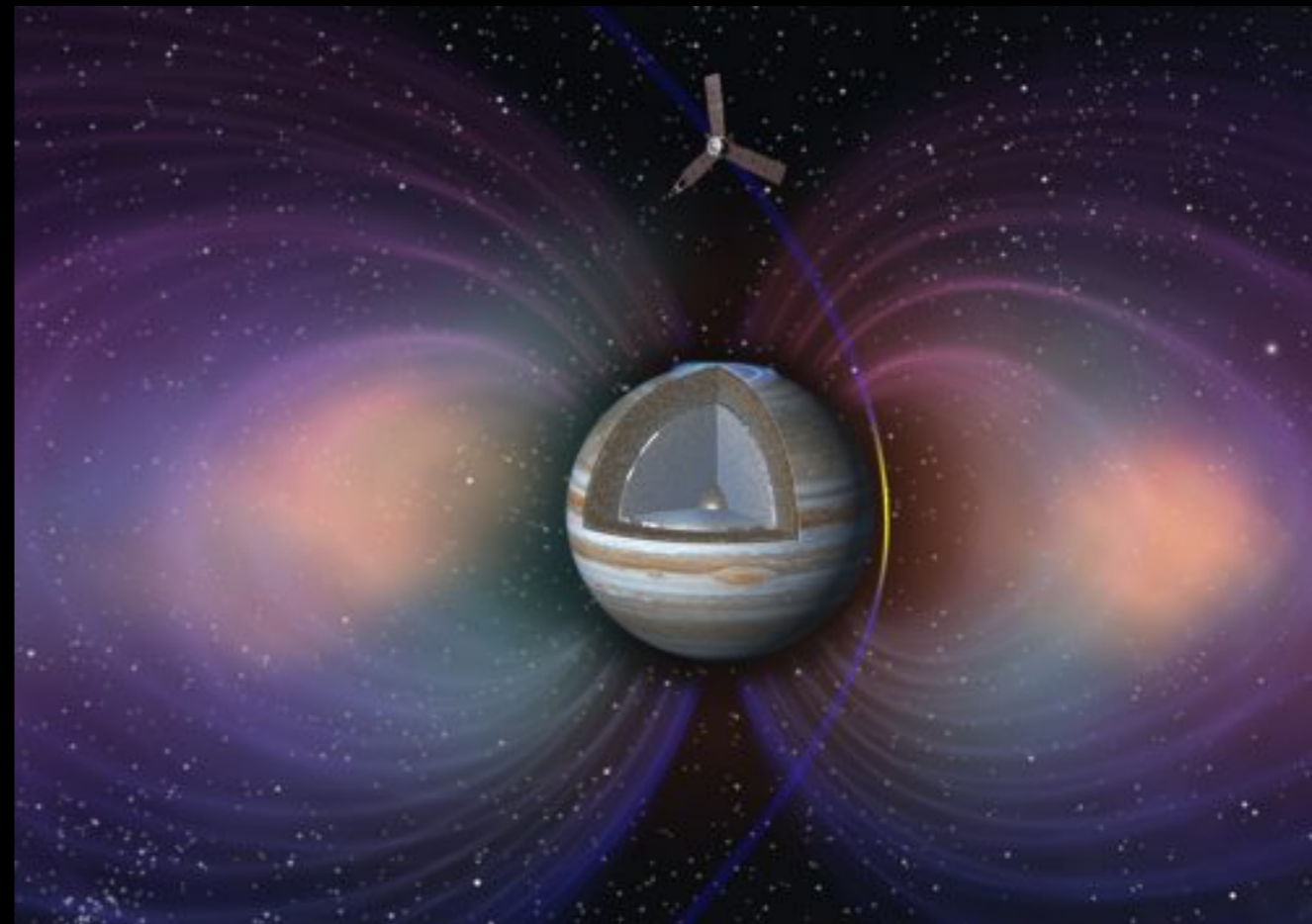
$$V = \frac{GM}{r} + J_2U_2 + J_3U_3 + J_4U_4 + \dots$$

Conoscendo i valori dei coefficienti J_2, J_3, \dots conosciamo la forma del pianeta

Come misuriamo questi coefficienti?

La missione NASA Juno

- **Prima missione a Giove alimentata con pannelli solari**
- **Porta otto strumenti (due italiani) per l'esplorazione della gravità, dell'atmosfera e del campo magnetico + una camera**
- **Lancio: 5 Agosto 2011**
- **Arrivo a Giove: 4 Luglio 2016**
- **Orbita polare con periodo di 53 giorni**



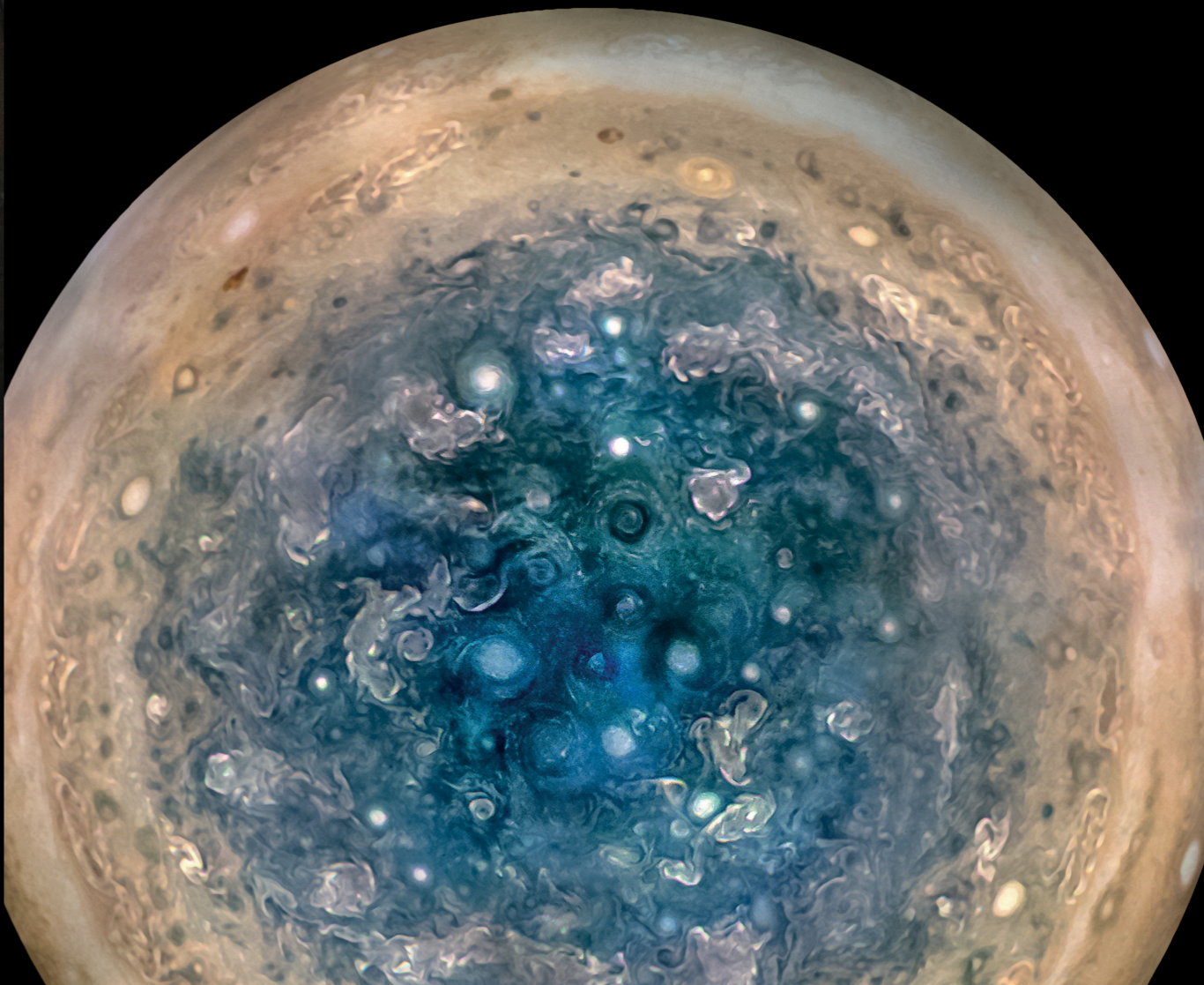
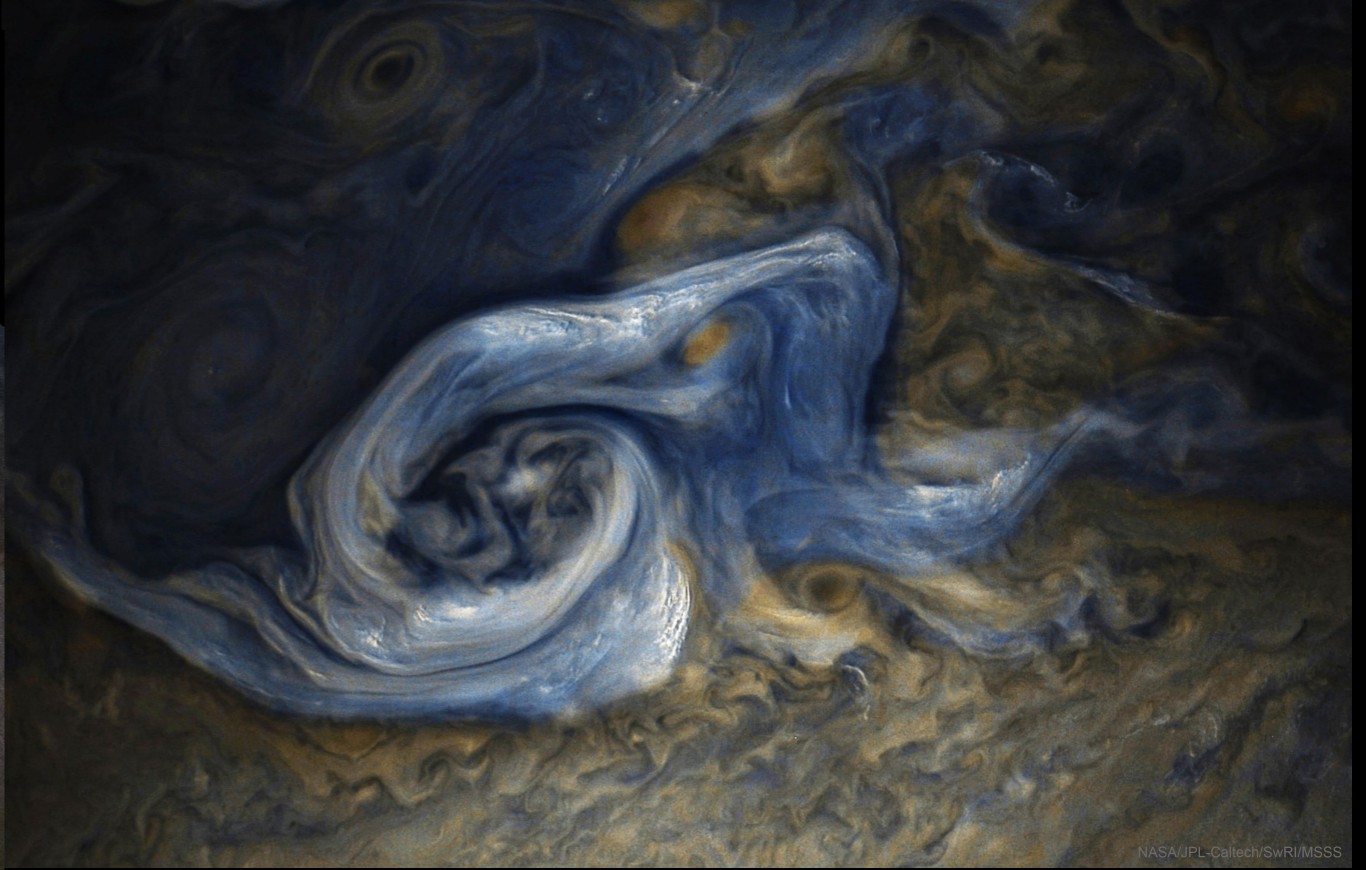
La sonda è più grande di un campo da basket!



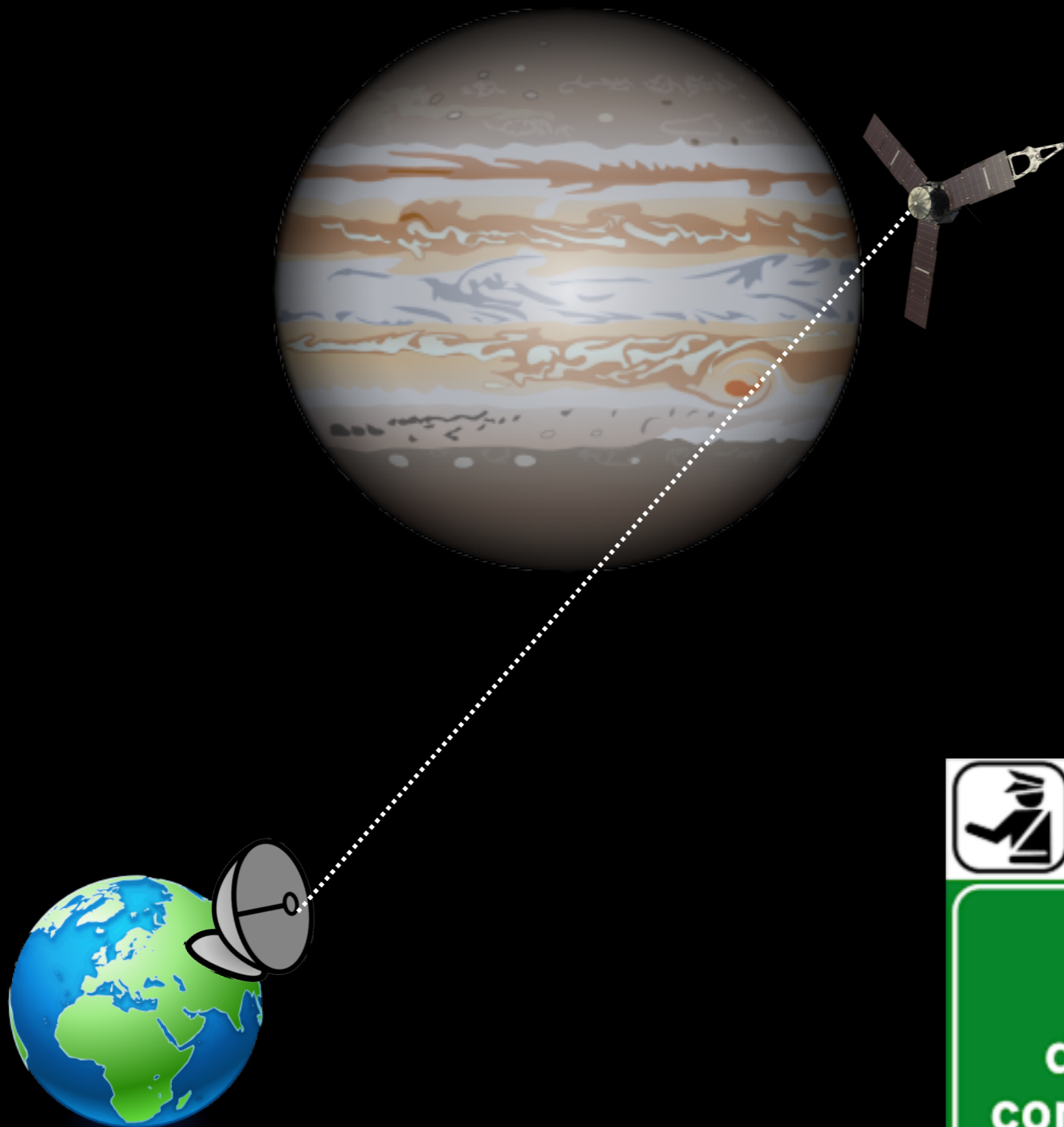
Il team di Juno al Rose Bowl stadium di Pasadena

Juno ci ha fornito le prime immagini dei poli di Giove





Misurare la gravità di Giove



Grazie a un sofisticato strumento fornito dall'Italia (transponder in banda Ka) riusciamo a misurare la velocità dello spacecraft rispetto alla Terra con una precisione 1 miliardo di volte migliore del tutor autostradale



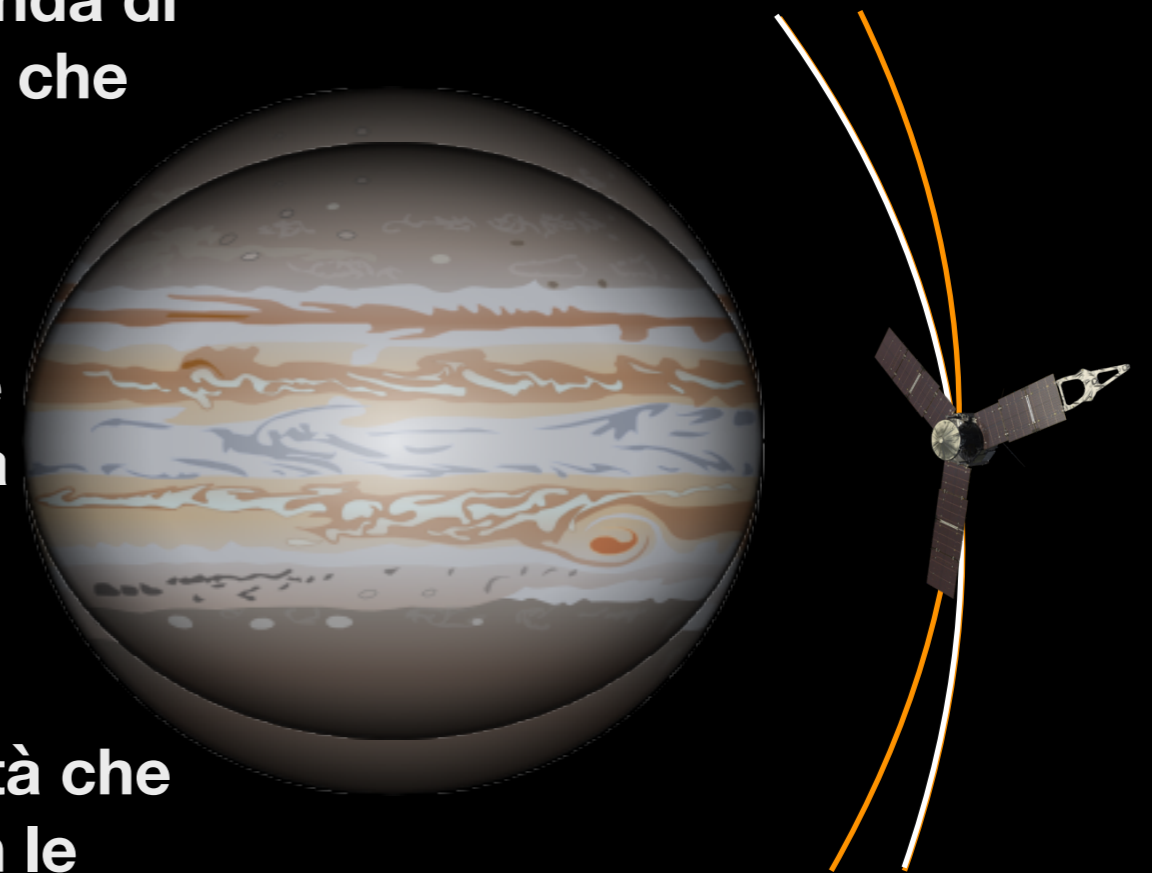
Non ci sarebbe scampo per chi supera il limite di velocità...

Dalla velocità alla gravità

La gravità di Giove muove la sonda, perciò ne stabilisce la velocità.

Noi partiamo dalla velocità e ricostruiamo qual è il campo gravitazionale del pianeta.

- **Costruiamo un modello dinamico della sonda di alta precisione: individuiamo tutte le forze che agiscono su di essa.**
- **Calcoliamo una predizione di quanto deve essere la velocità della sonda lungo la sua orbita.**
- **Cerchiamo i valori dei coefficienti di gravità che fanno combaciare le nostre predizioni con le misure della sonda.**



Perché esplorare Giove?

Un video che aspettavamo da 400 anni

