

# Apophis e gli asteroidi killer: perché sono importanti gli studi sulle meteoriti

Fabrizio Bernardi







# Giorni a seguire...

- Per diversi mesi non è stato possibile osservarlo per via delle condizioni geometriche sfavorevoli e quindi con sole due notti di osservazioni Apophis (2004MN4) rischiava di essere perso.
- Il 18 dicembre 2004 Apophis è stato riosservato dall'Australia
- L'orbita è quindi stata determinata con maggiore precisione e sia NEODyS che il JPL hanno trovato un'alta probabilità di impatto per il

**venerdì 13 aprile 2029**



# Giorni a seguire...

- Nei giorni successivi al 18 dicembre 2004, ci sono state numerose osservazioni di Apophis,
- C'erano problemi nelle misure originarie di giugno (errore sistematico in tempo e distorsione astrometrica significativa)
- Sia il team di NEODyS che del JPL hanno passato giorni frenetici (anche durante Natale), per via di problemi al loro software
- Invece di scendere, la probabilità di impatto cresceva di giorno in giorno fino ad arrivare ad un massimo di

## Giorni a seguire...

- I mass media non ne hanno parlato molto in quei giorni perché erano i tristi giorni dopo lo Tsunami in Indonesia il 26 dicembre
- Se impattasse, Apophis rilascerebbe un'energia all'impatto di circa **750 Mtons**
- Il 27 dicembre, vengono sottomesse delle misure di "precovery" dal telescopio di Spacewatch del marzo 2004
- Con queste nuove osservazioni, la probabilità di impatto **per il 2029 scese a 0**



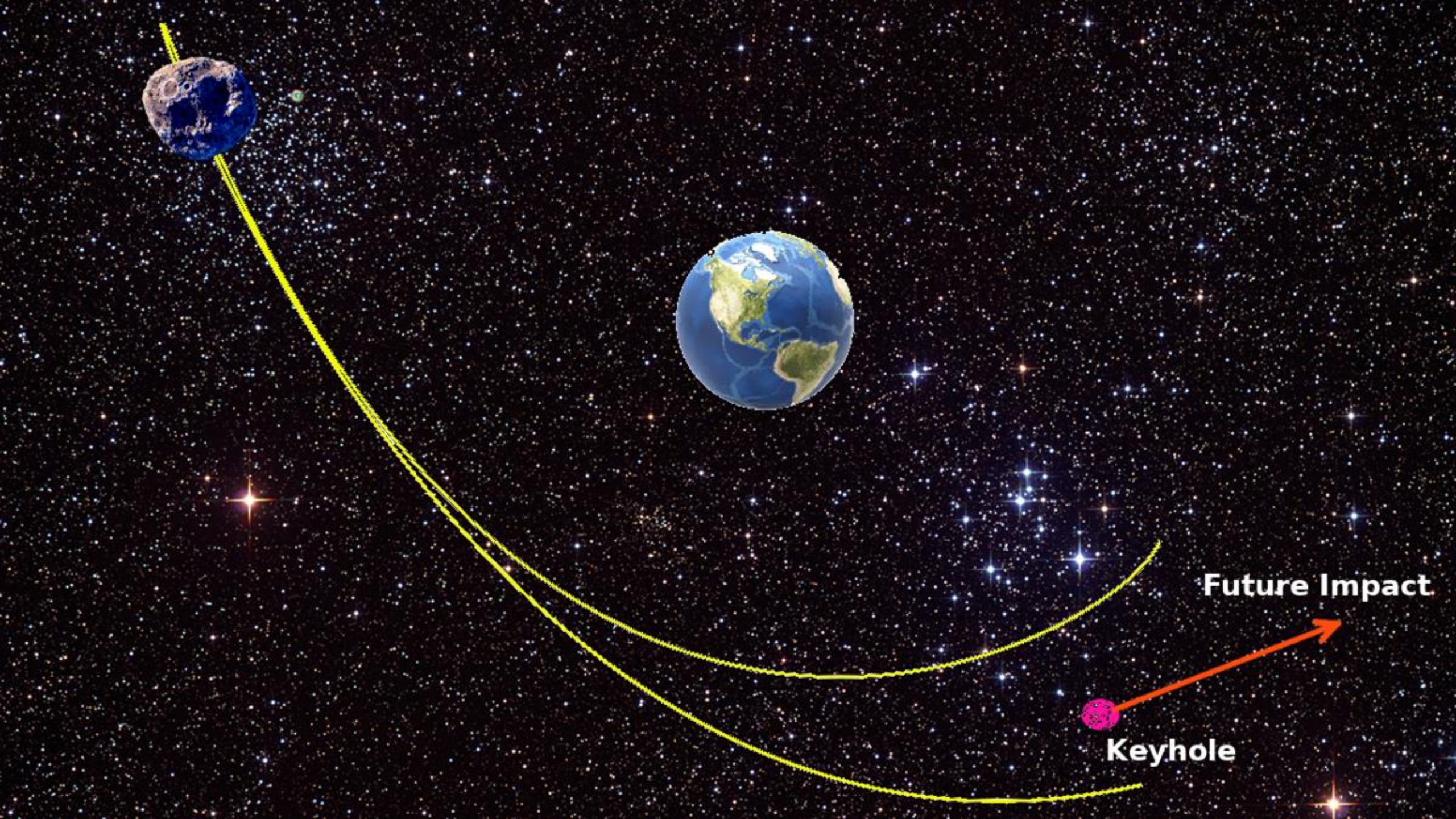
# The World Will be Watching

“It's time to get ready !”

6







**Future Impact**




**Keyhole**

# Cosa è successo dopo il 27/12/2004

- Osservazioni radar Gennaio 2005 e poi fino al 2006
- Sebbene l'impatto per il 2029 si sia escluso, tuttavia per diversi anni ci furono possibilità di impatto (1/45000) per il 2036 e il 2038
- Altre osservazioni radar nel 2012-2013 --> probabilità residua di impatto nel 2068
- Infine, osservazioni radar del marzo 2021
- Adesso possiamo dire con certezza che:

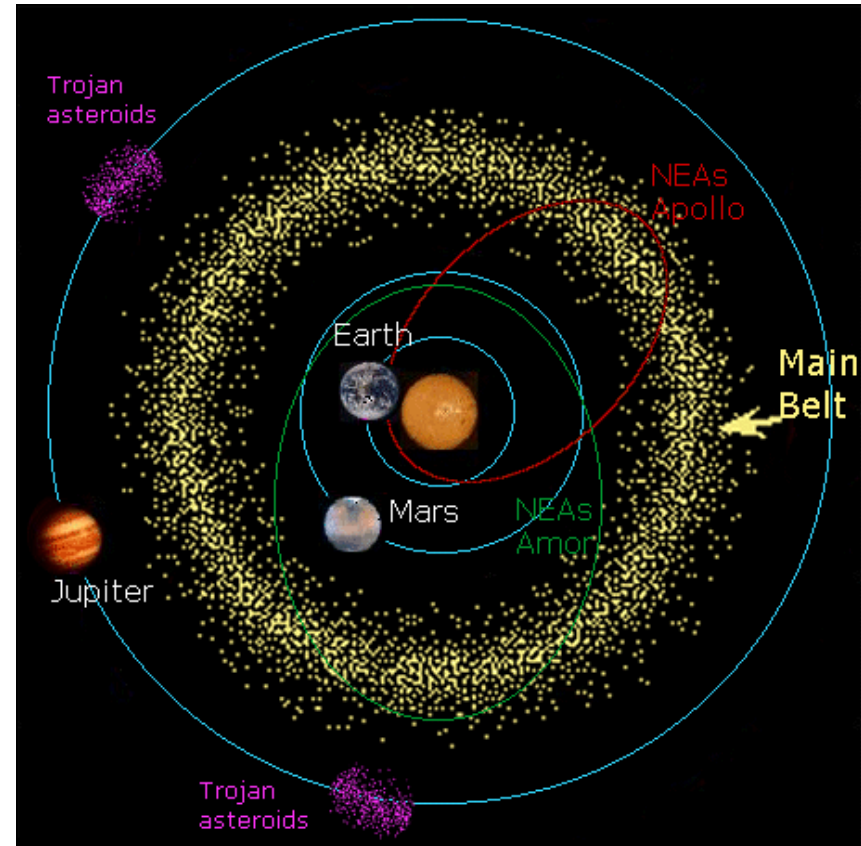
**Apothis non impatterà!**

# Ma non è finita...

- L'incontro ravvicinatissimo del 2029 è un'opportunità enorme per conoscere Apophis e, in generale, questi asteroidi:
- Distorsione mareale  forza interna
- Movimenti superficiali (frane)  forze superficiali
- Cambiamento del periodo di rotazione  integrità strutturale
- Il passaggio di Apophis è un eccezionale laboratorio naturale
- La possibilità di inviare missioni di rendez-vous o flyby così vicino a terra, permetterà l'acquisizione di una mole enorme di dati
- Dopo 19 anni, Apophis è ancora un'oggetto incredibile di studio

# Cosa sono gli asteroidi

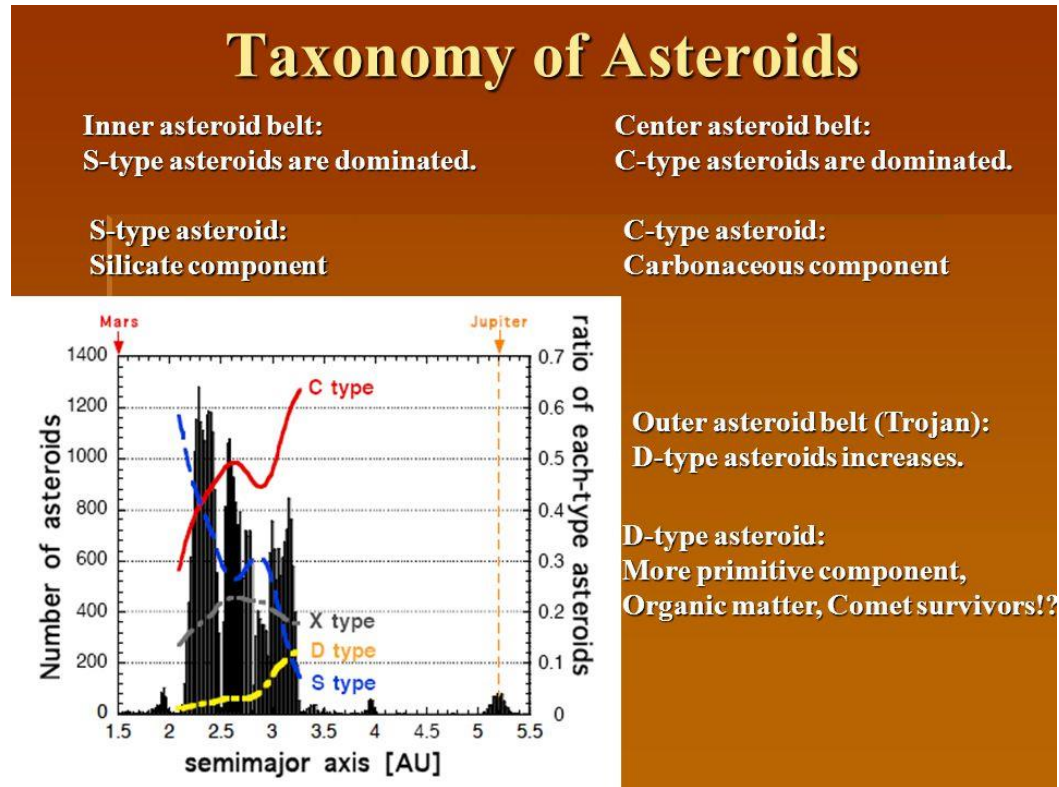
- Fossili del Sistema Solare, originati dai planetesimi primordiali
- La gran parte orbita tra Marte e Giove



# Cosa sono gli asteroidi

- Possono essere:
- Metallici
- Rocciosi
- Carbonacei

- E le comete?





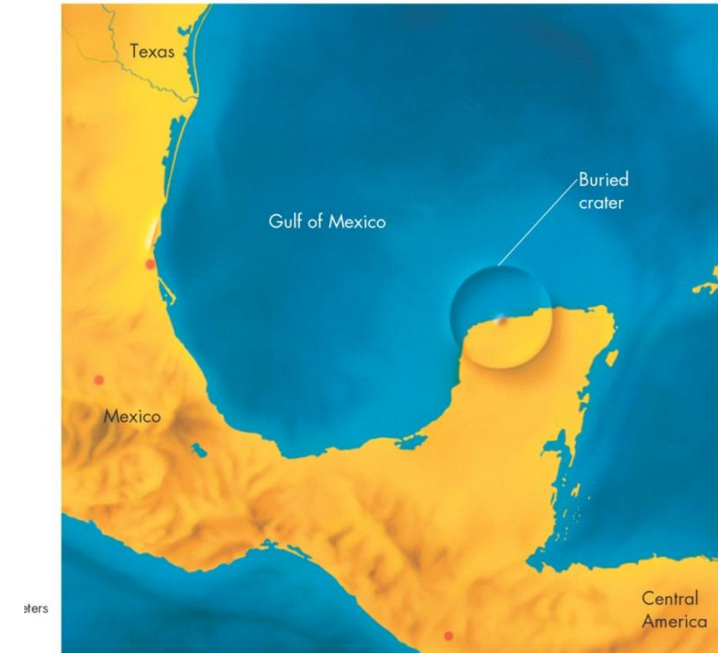
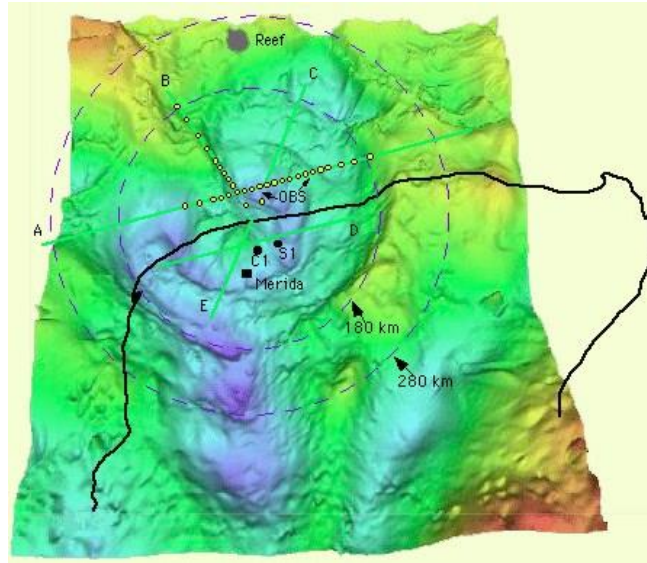
# Qual è il pericolo dovuto agli asteroidi e le comete

- Impatti di asteroidi sulla terra sono sempre avvenuti e continueranno ad avvenire
- Sulla luna ci sono migliaia di crateri di impatto dovuti ad asteroidi
- Sulla terra ci sono tracce di impatti di asteroidi, ma essendo la superficie della terra un luogo 'vivo' dal punto di vista geologico e geofisico, queste tracce vengono cancellate velocemente
- Attualmente si conoscono 44 crateri confermati di impatto sulla terra, mentre ce ne sono 13 ancora non confermati, con diametro maggiore di 20 km

# Impatti come regolatori della vita sulla terra

- Gli impatti di asteroidi hanno contribuito a regolare la vita sulla terra nelle sue diverse forme.
- Impatti catastrofici del passato hanno causato l'estinzione di numerose specie e il sopravvento di nuove specie che più facilmente si sono potute adattare:
  - Evento del Cretaceo-terziario, 64-66 Menni, ha ucciso il 75% di piante e animali sulla terra. Estinzione dei dinosauri, sopravvento dei mammiferi
  - Triassico-Giurassico, 200 Menni, ha ucciso il 20-30% delle specie
  - Permiano-Triassico, 250 Menni, ha sterminato l'83% di tutti i generi
  - ... molti altri eventi nel passato più remoto

# Il killer dei dinosauri



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

- Diametro cratere = 180 km

# Meteor Crater

- Avvenuto circa 50.000 anni fa in Arizona, USA
- Diametro cratere = 1200 m
- Profondità = 170 m
- Impattore = 45 m di ferro e nichel
- Energia rilasciata = 10 Mtons



# Evento di Tunguska

- Nel 1908 un oggetto di circa 40-70 m è esploso ad un'altezza tra i 6 e 10 km sopra la foresta di Tunguska, Siberia, Russia
- 80 milioni di alberi abbattuti all'istante
- Nessuna vittima umana, ma persone a 100 km di distanza sono cadute al suolo per via dell'esplosione
- Causa un terremoto di 5 grado della scala Richter



# Che fare?

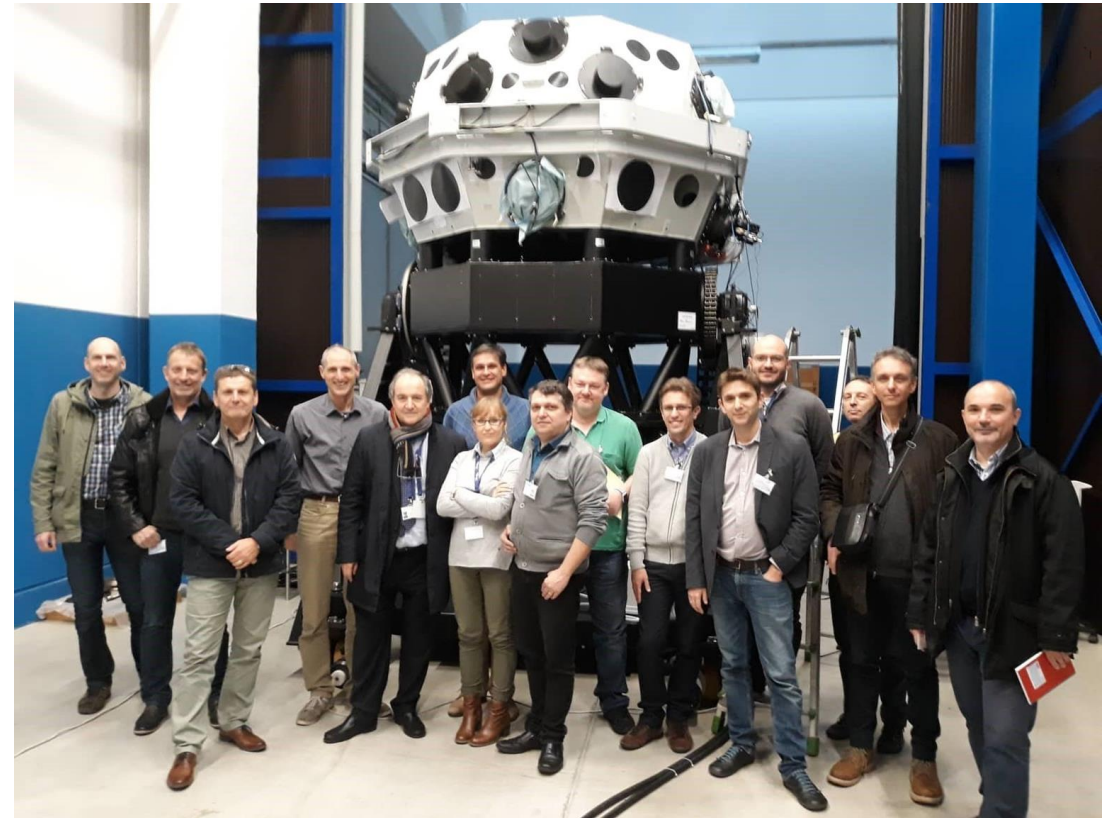
- Il pericolo di impatto di asteroidi sulla Terra è un pericolo reale
- Fortunatamente gli eventi catastrofici a livello globale (asteroidi > 1km) sono molto rari, dell'ordine di ogni 100 milioni di anni almeno
- Tuttavia gli impatti di oggetti più piccoli di 100-200 metri sono molto più frequenti e imprevedibili
- Gli effetti di un impatto di un asteroide di tali dimensioni possono essere importanti e causare vittime e danni ingenti alle infrastrutture





# Prossimo futuro per la ricerca di asteroidi

- FlyEye Telescope, costruito da OHB-IT
- 1° F-E sul Monte Mufara, Sicilia
- 44 gradi quadrati, 16 camere in sincrono
- 1 m di diametro, 21.5 in 50 s di esposizione
- Dedicato in particolare alla ricerca di impattori imminenti



# Rubin Observatory Legacy Survey of Space and Time

The largest optical sky survey ever undertaken

Photometry: 0.5-1% (systematic)

Astrometry:

10mas (rel), 50mas (abs)

~140mas at SNR=5,  $r \sim 24$   
(calibrated to Gaia)

Timekeeping:

1ms (rel), 10ms (abs)



First Light: 2024.

Operations: early 2025.

**Rubin Observatory** in the Chilean Andes, housing the 8.4-meter Simonyi Survey Telescope.

Repeated imaging of the visible sky to ~24th mag.  
10 years of operation.

60 PB of raw data.

40 billion stars, galaxies, asteroids.

30 trillion observations.

*Rubin Observatory, July 15th 2021.*

# Perché è importante lo studio delle meteoriti

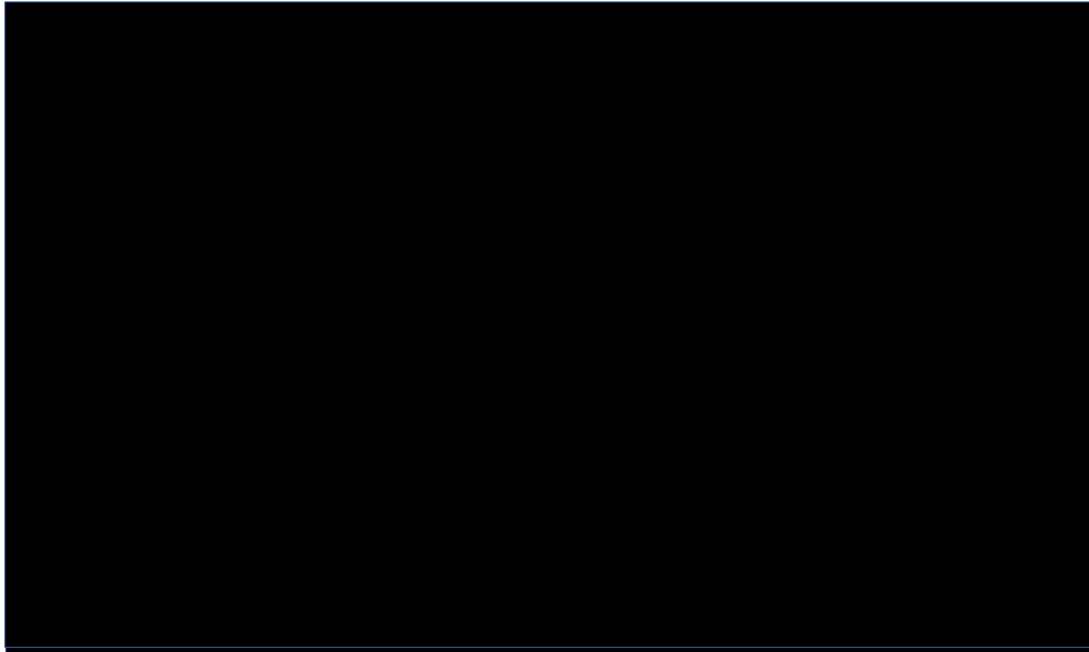
- Le meteoriti sono la prova tangibile di corpi celesti che orbitano attorno alla terra che possono cadere su di essa
- Lo studio della loro composizione mineralogica è importantissimo per diversi motivi:
- Ci permette di conoscere la composizione del materiale originario del Sistema Solare: fisica, chimica e dinamica del sistema solare, ....ma anche biologia, per conoscere meglio l'origine della vita sul nostro pianeta
- Ci permette di conoscere meglio la struttura interna tipica del corpo progenitore per poter essere preparati nel caso di necessità della deflessione di un corpo in rotta di collisione
- L'efficacia della deflessione dipende fortemente da «come è fatto» un asteroide



# Esperimento di deflessione: DART, NASA

- Il 22/09/2022, la NASA ha effettuato un esperimento di deflessione su Dimorphos, che è un satellite dell'asteroide (65803) Didymos
- Diametro Dimorphos  $\sim 170$  m
- Diametro Didymos  $\sim 850$  m





- L'esperimento di deflessione ha prodotto una variazione dell'orbita del satellite attorno a Didymos
- Da 11h55m a 11h23m
- 32 minuti di differenza
- Soglia minima per decretare la missione di successo era 73 secondi!

# Prospettive...

- Un po' di Italia: Immagine presa la LICIAcube, cubesat **italiano**, lanciato insieme a DART, ma staccatosi poco prima dell'impatto per poter fotografare da vicino l'impatto
- Video di una sequenza di immagini ottenuto dal telescopio di ATLAS, Univ. delle Hawai'i

