

CAPITOLO 10

- Importanza delle collisioni nel Sistema Solare
- Craterizzazione
- Frammentazione

Fenomeni fisici coinvolti nella formazione ed evoluzione di un sistema planetario.

1) Processi dinamici

- Risonanze in moto medio, secolari, caos
- Incontri gravitazionali ravvicinati

2) Forze non-gravitazionali

- P-R drag (polvere)
- Yarkowsky (piccoli asteroidi)
- Gas drag (planetesimi)

3) Vento solare

- ✚ Pulizia del gas nebulare
- ✚ Contribuisce a P-R drag
- ✚ Interazione con campi magnetici planetari

4) Collisioni

- Accrescimento e formazione dei pianeti
- Cratering (formazione dei satelliti, datazione delle superfici, estinzioni di massa sulla Terra..)
- Frammentazione: erosione di popolazioni di corpi minori, famiglie asteroidali.

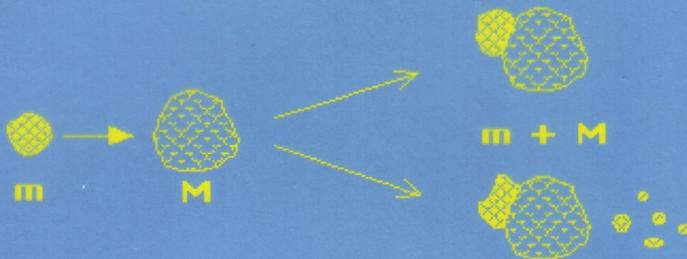
Possibili risultati di una collisione

WHEN BODIES COLLIDE

TYPES OF COLLISIONAL OUTCOMES

• *Low Velocity :*

• ACCRETION



or

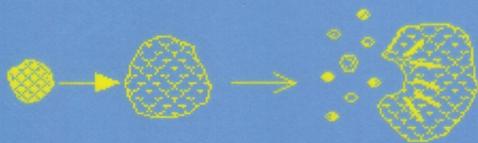
• INELASTIC REBOUND



• *High Velocity :*

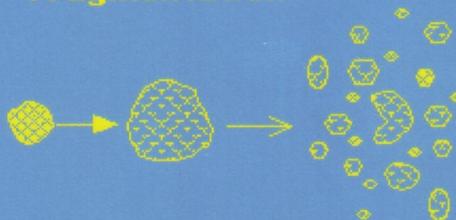
• Small Mass Ratio

Cratering

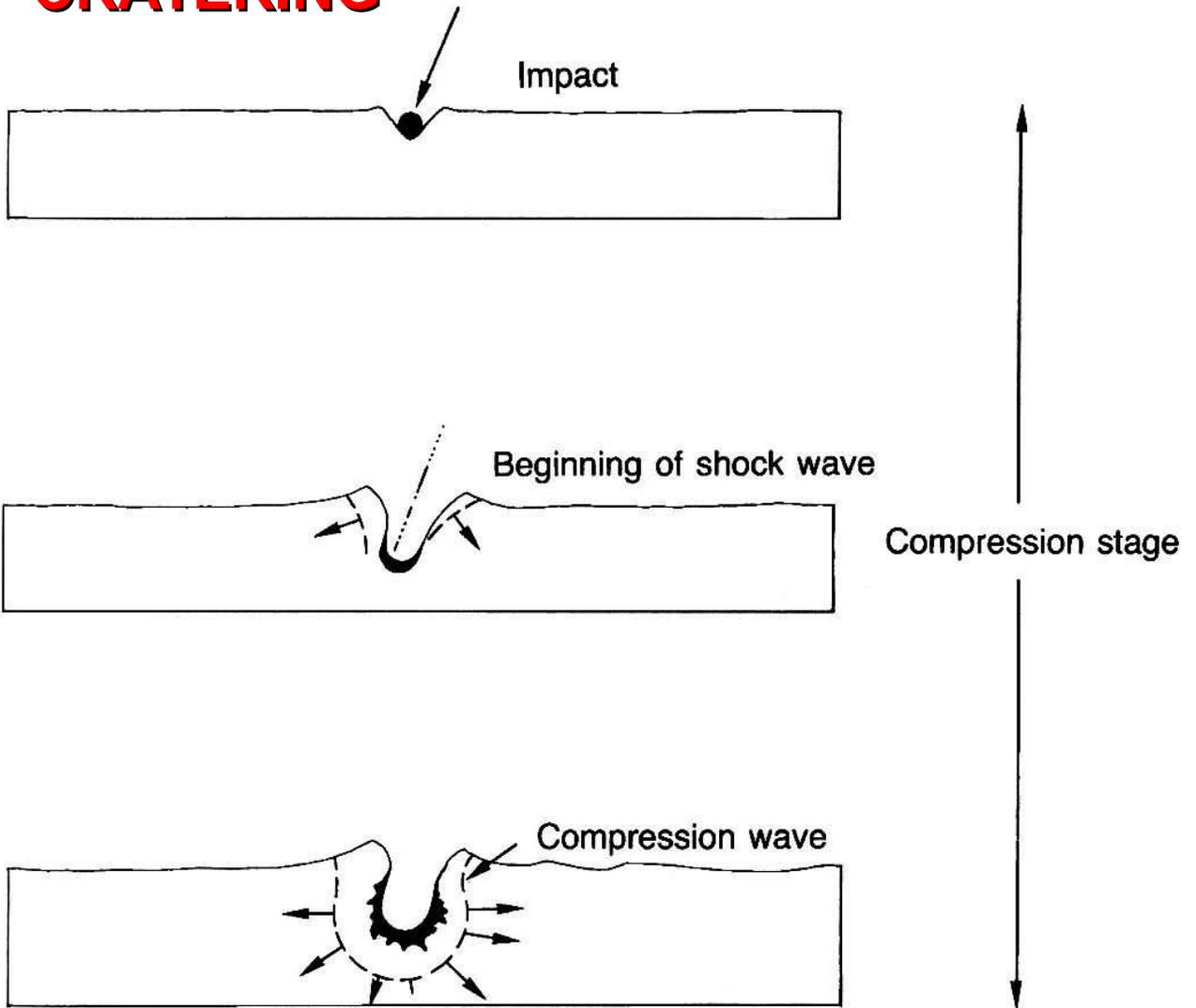


• High Mass Ratio

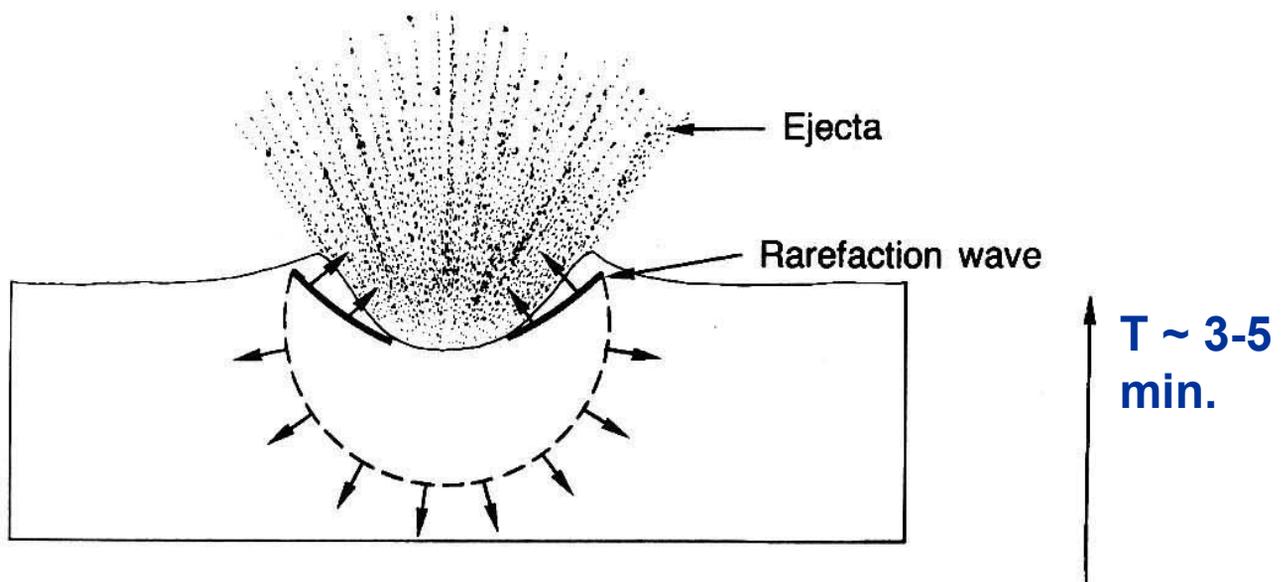
Fragmentation

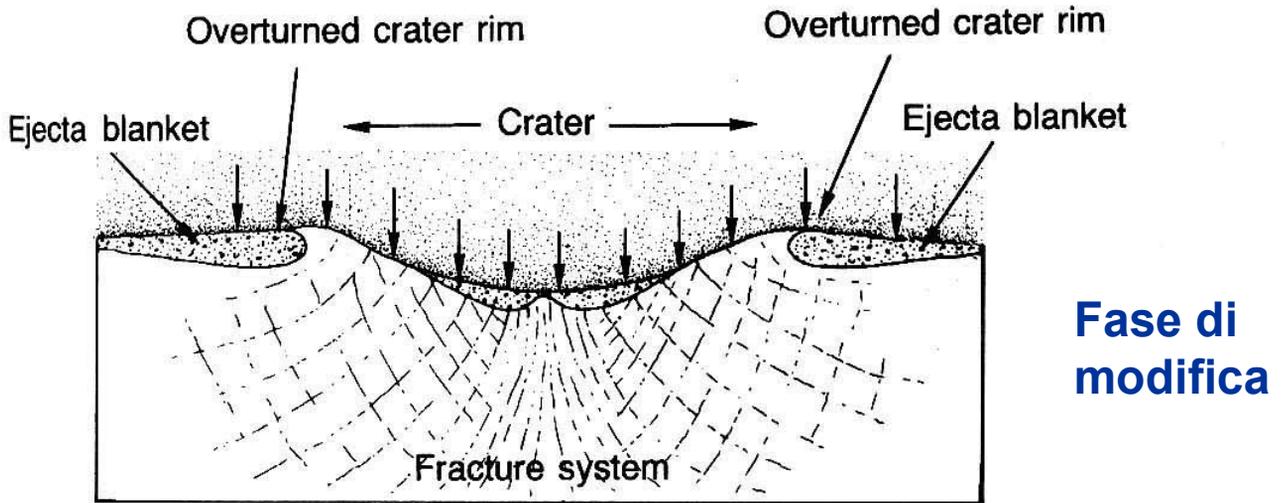
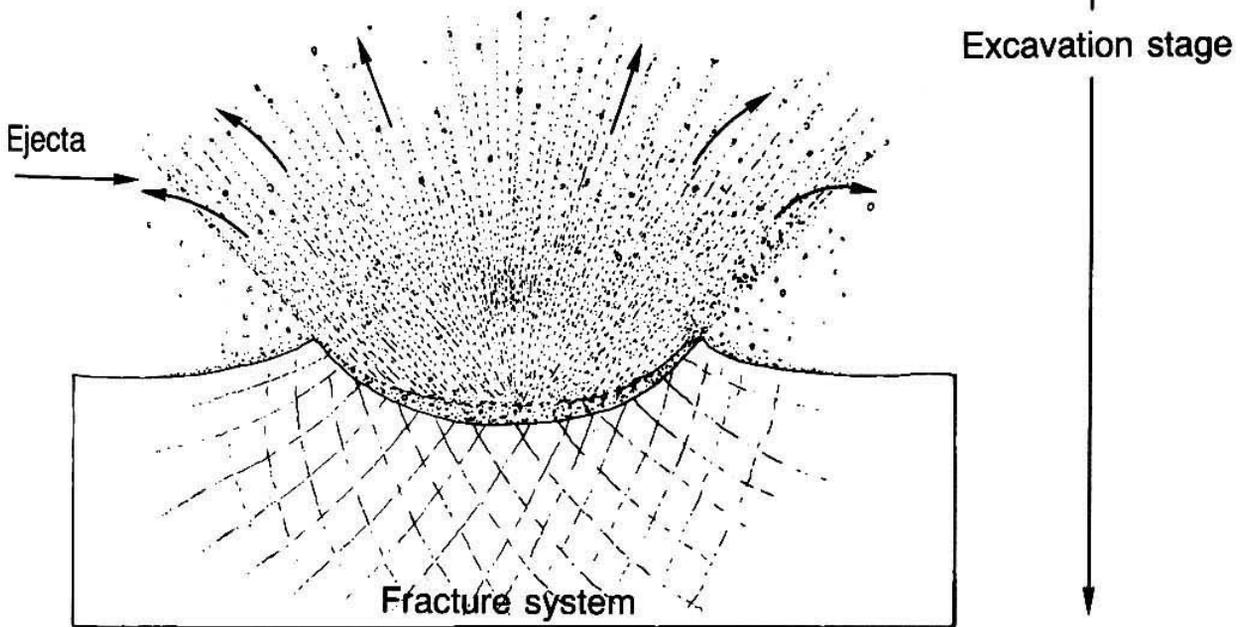


CRATERING



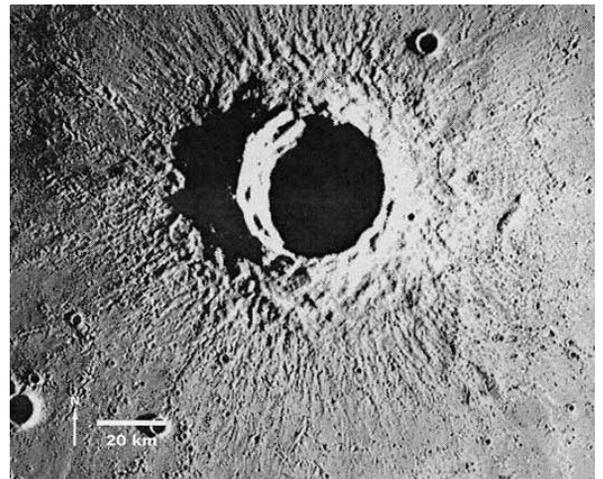
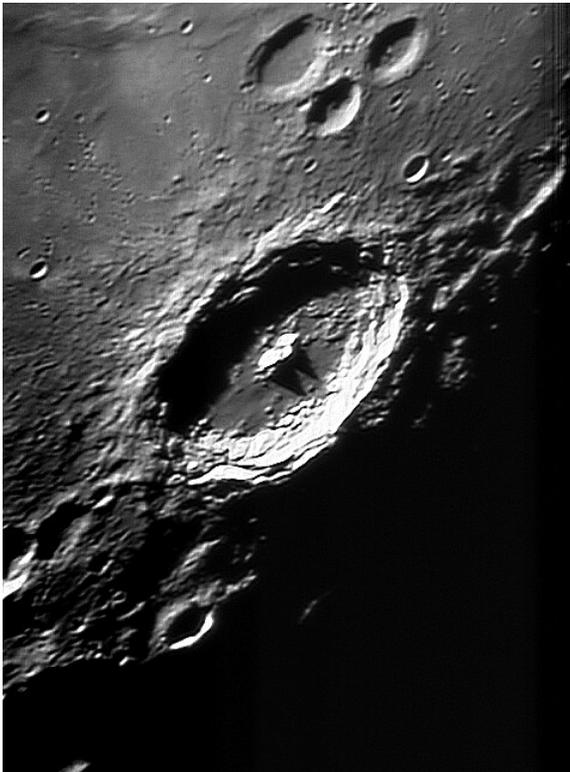
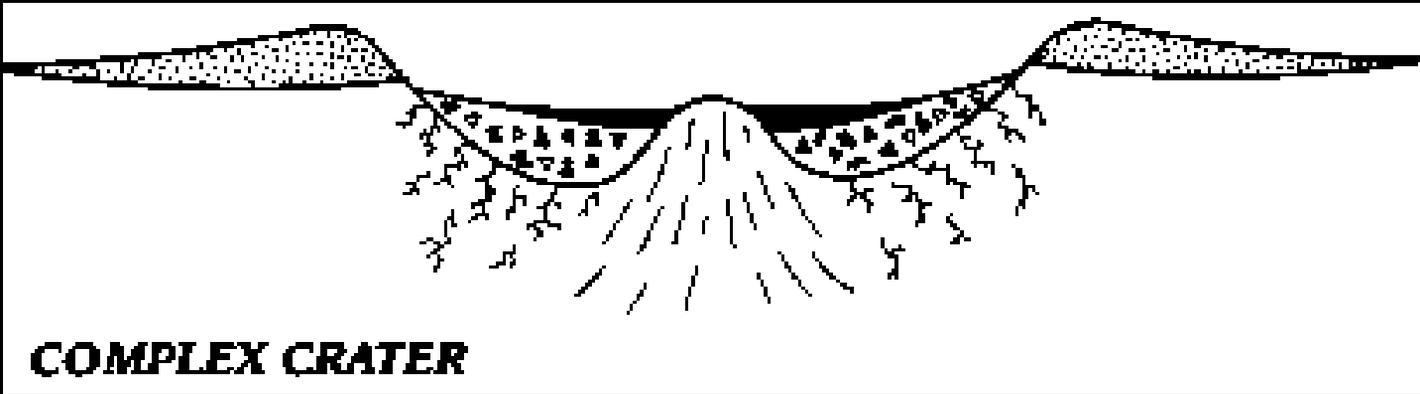
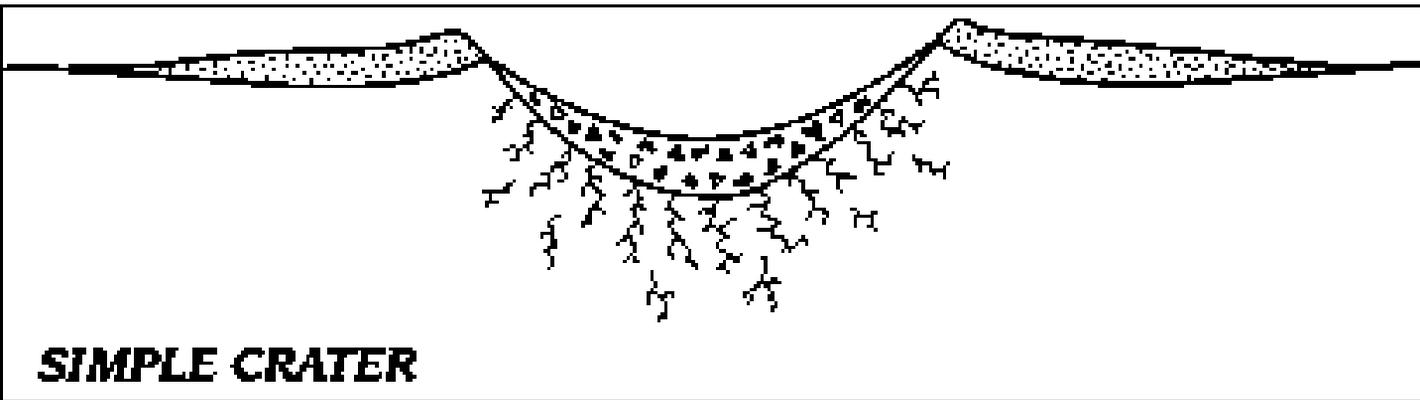
Profondità circa $2 D$ con D diametro del proiettile. $T \sim D/V$ $P \sim 10^2$ GPa





Christiansen, E.H., EXPLORING THE PLANETS, 2/E, ©1995.
 Electronically reproduced by permission of Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

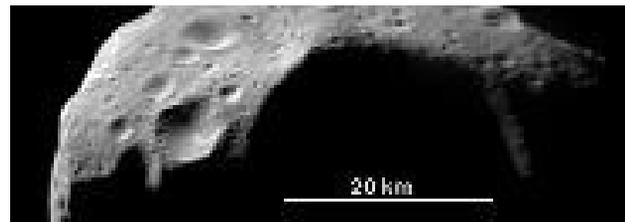
Differenti morfologie dei crateri.



Meteor crater (Arizona)

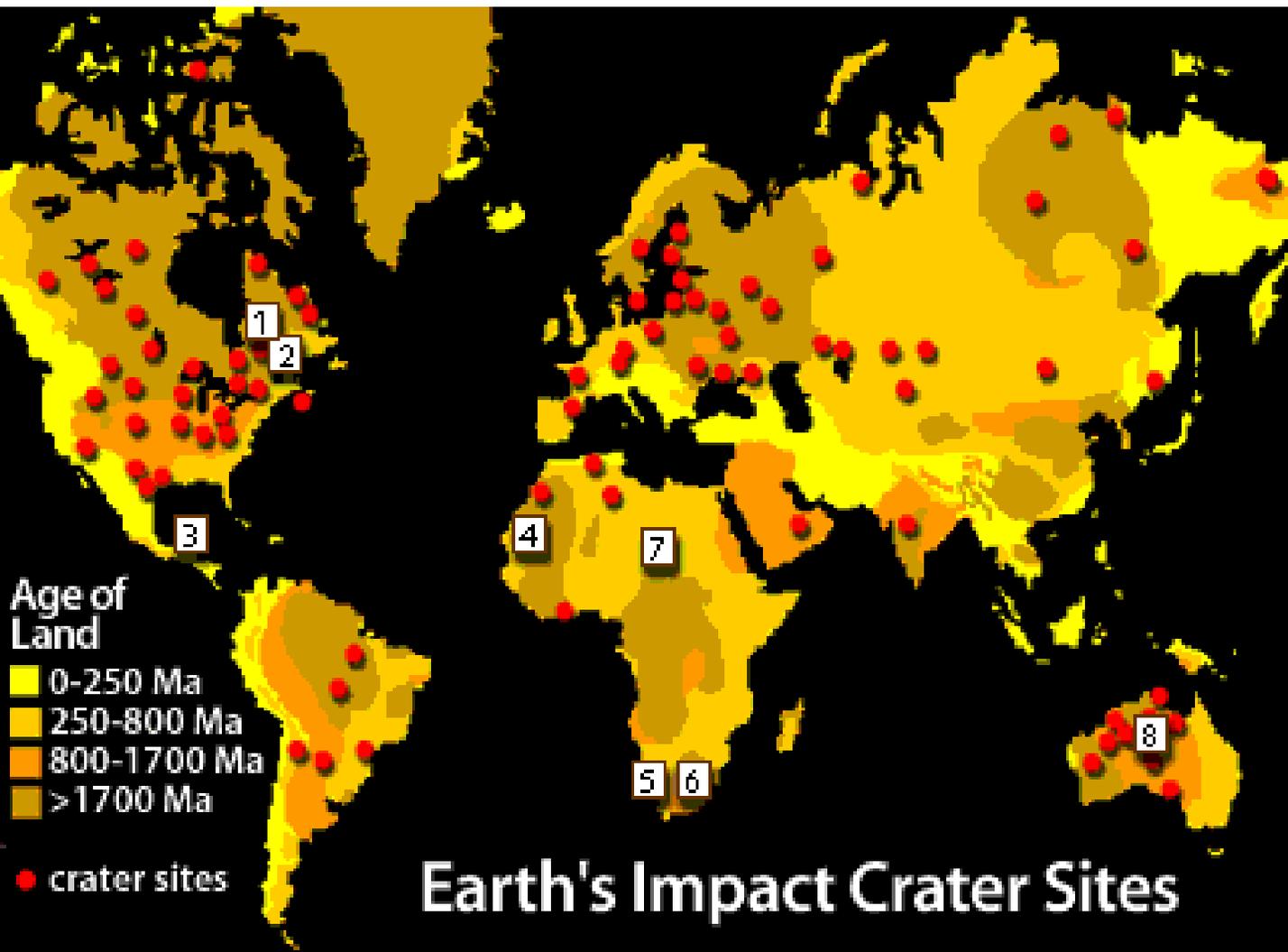


Superficie craterizzata di Mercurio



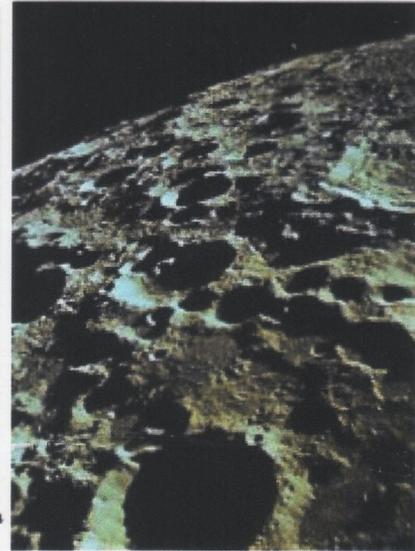
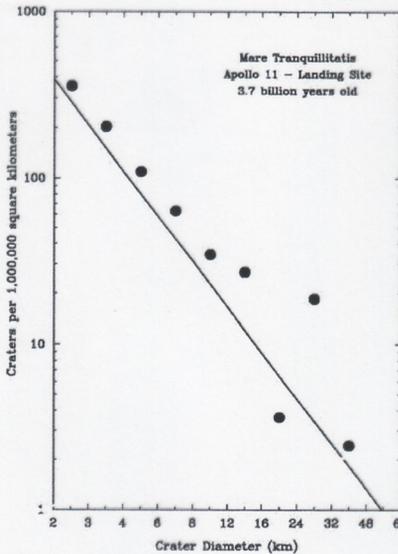
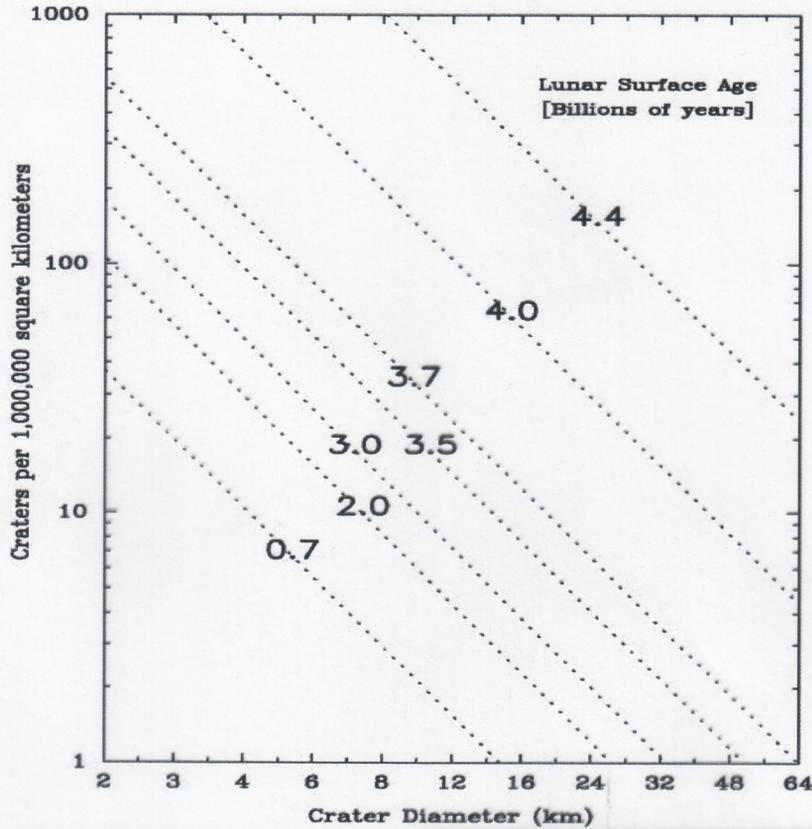
Superficie dell'asteroide Mathilda

Mappa dei crateri sulla Terra



Datazione della superficie lunare

Il numero di crateri in funzione del loro raggio segue una legge di potenza del tipo $N \sim N_0 r^{-\alpha}$ dove r = raggio del cratere, N_0 una costante e α è il coefficiente della legge di potenza



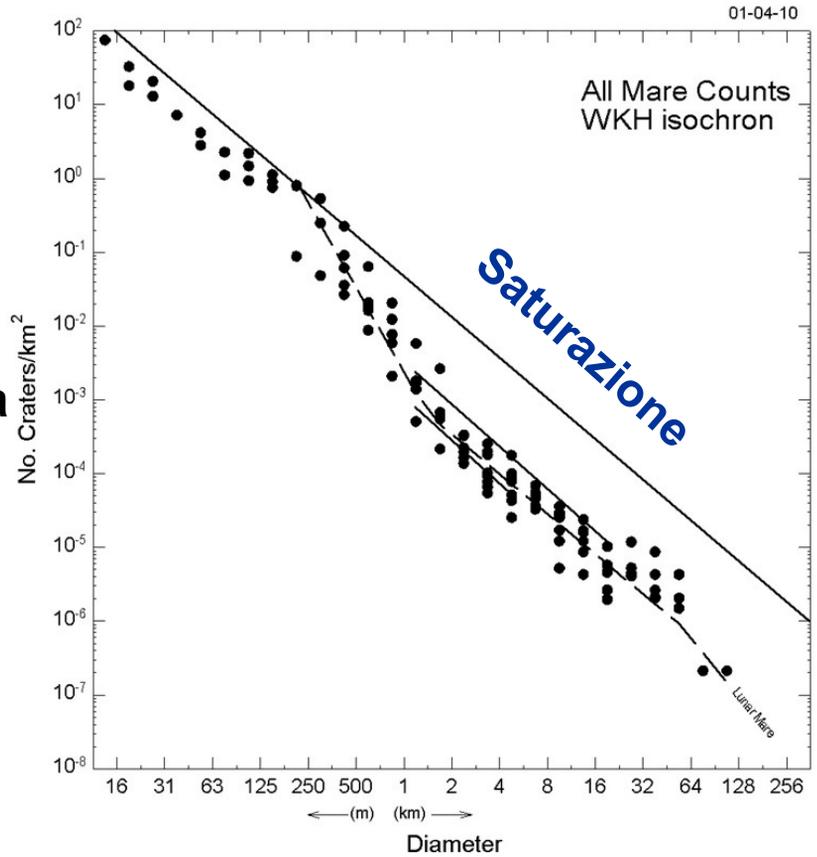
Sapendo il flusso di proiettili, sulla base del numero di crateri si può calcolare l'età della superficie. Il problema è sapere il flusso (numero di proiettili o un dato raggio per tempo)

Figure 1: DATAZIONE DELLA SUPERFICIE LUNARE

Nel caso della Luna si può effettuare datazione assoluta della superficie dalle rocce Lunari (missioni Apollo). Quindi si può tarare la datazione effettuata sulla base del conteggio dei crateri (e stimare il flusso di proiettili).

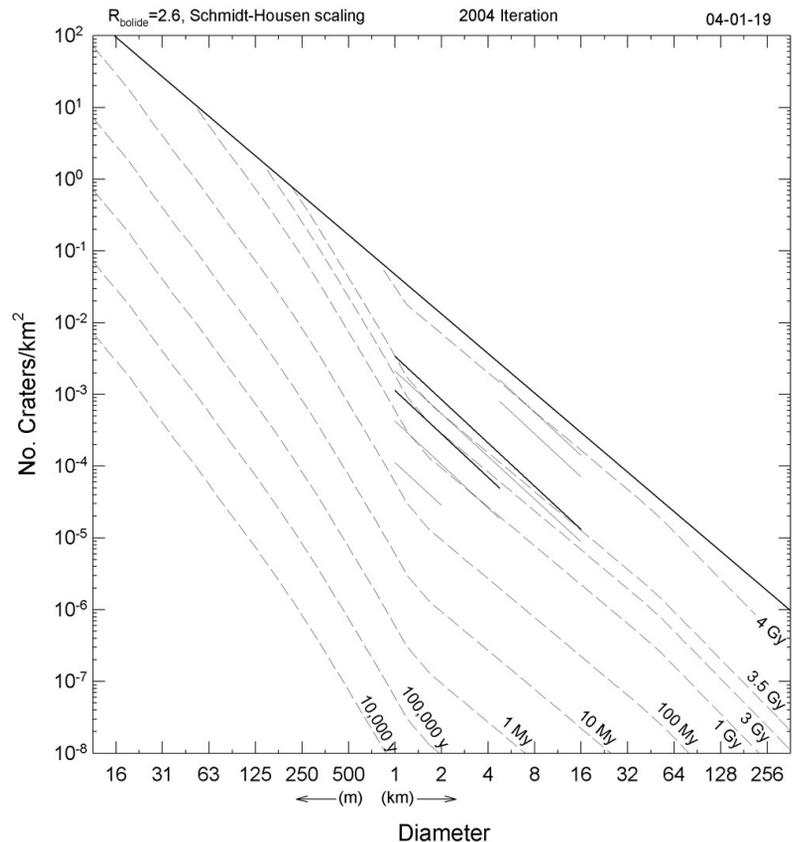
Conteggio dei crateri sulla Luna

Saturazione: la superficie è coperta dal massimo numero possibile di crateri. In Figura, la saturazione a piccoli diametri è dovuta alla cascata di crateri secondari. La datazione viene fatta a partire dai crateri con diametro maggiore di 1 km

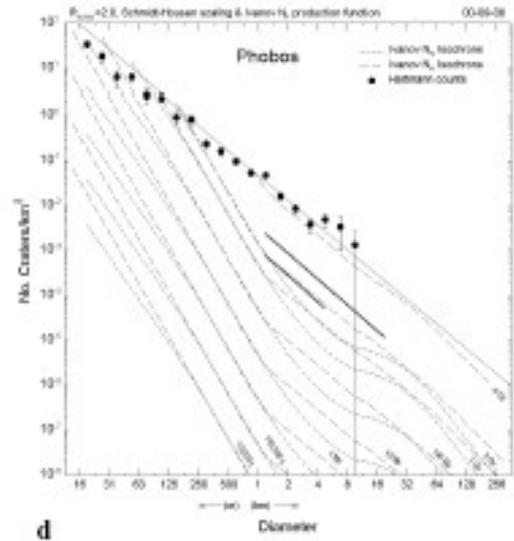


Isocrone Marziane

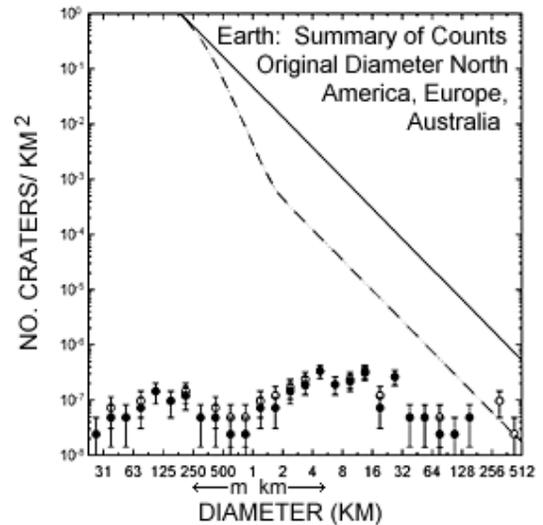
Assumendo lo stesso flusso di proiettili sulla Luna e Marte, si costruiscono delle isocrone (linee ad età fissata) per stimare le età delle varie zone su Marte a partire dal conteggio dei crateri.



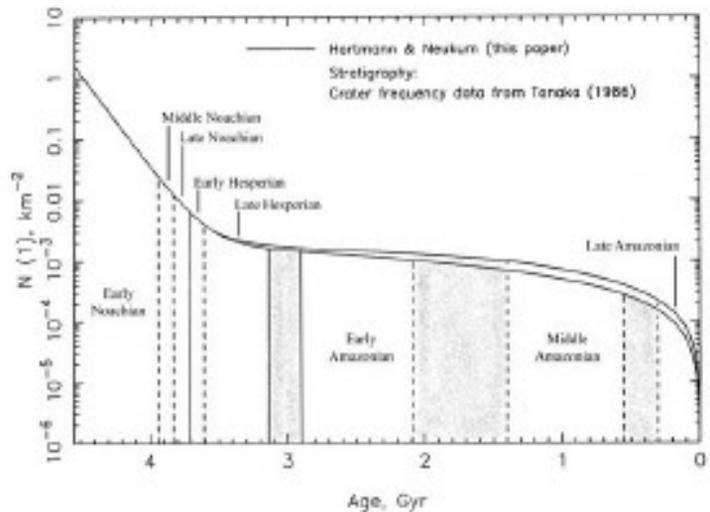
Su Phobos c'è saturazione perché non c'è stata attività geologica che abbia ringiovanito la superficie.



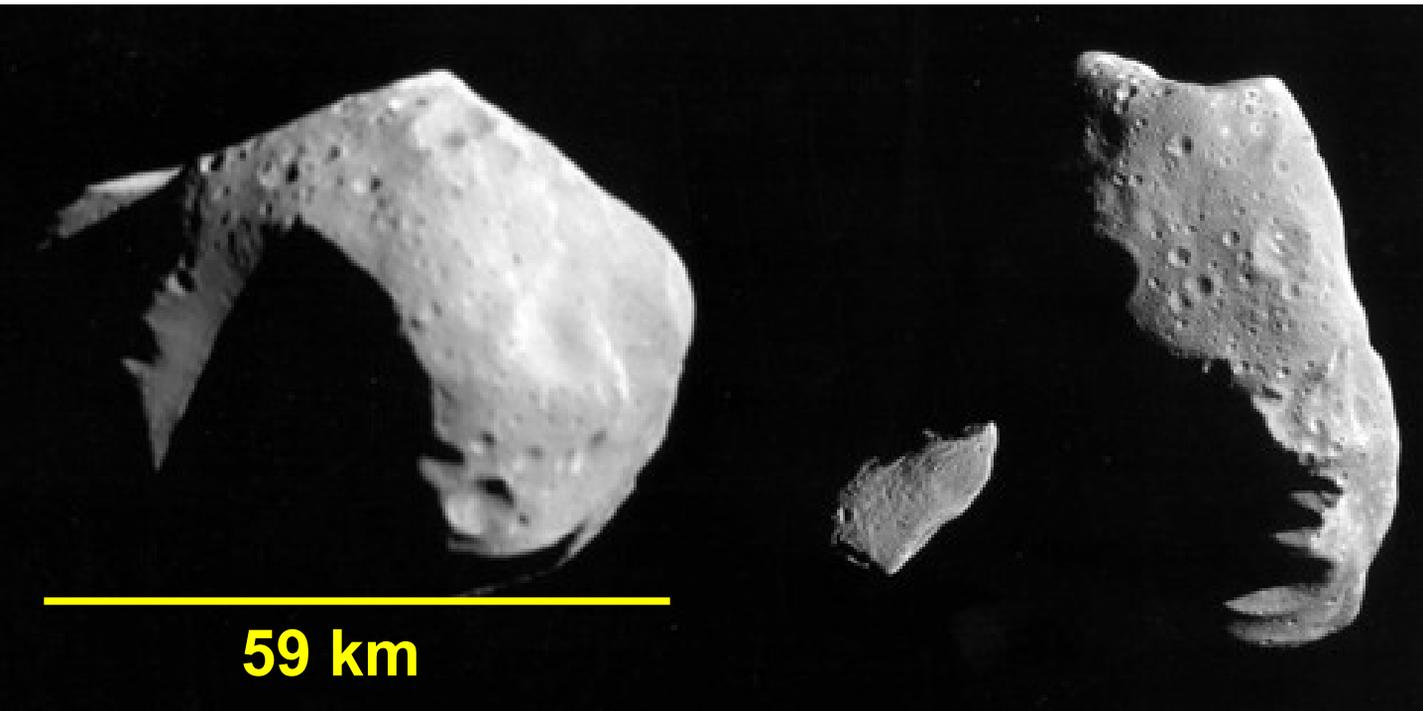
Al contrario sulla Terra troppa attività geologica e la superficie appare giovane.



Densità di crateri con $D > 1$ km per km². Datazione delle diverse superfici di Marte

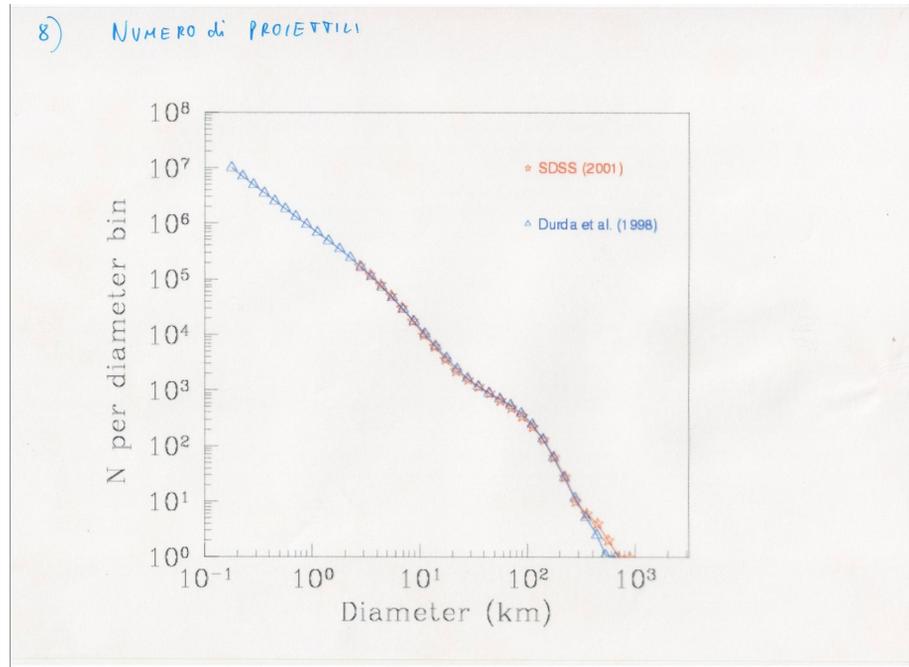
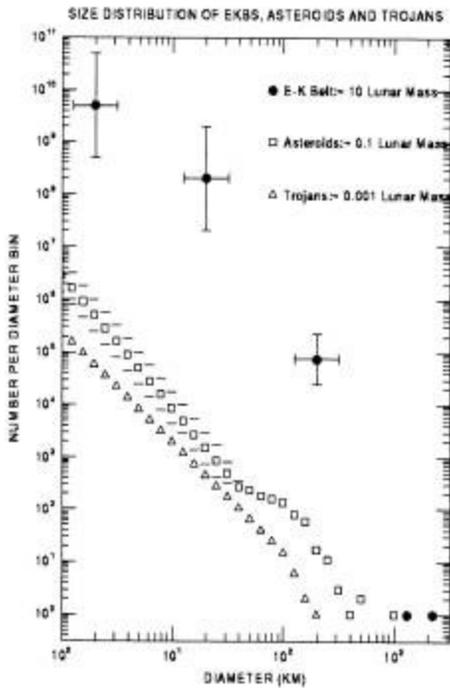


Stima dell'età degli asteroidi dal conteggio dei crateri della superficie.



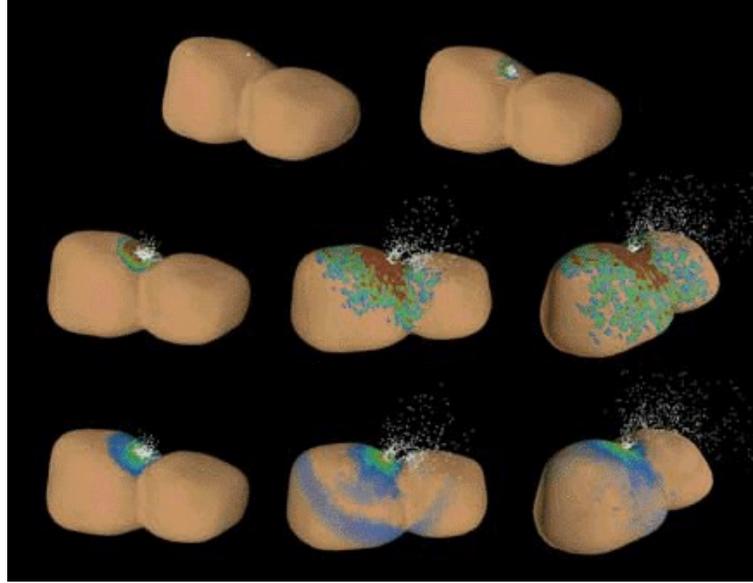
- Il numero di proiettili in funzione del tempo non è ben conosciuto
- Manca una stima della velocità di impatto per trasformare da diametro del proiettile al diametro del cratere.
- Non si conosce in dettaglio la fisica della craterizzazione, cioè come la superficie reagisce all'impatto. Ulteriore incertezza su come trasformare da diametro del proiettile a diametro del cratere.

Modelli numerici per studiare l'evoluzione collisionale degli asteroidi (e Troiani e KBOs).



Da questi modelli si può stimare il flusso di proiettili sulla superficie degli asteroidi a diverse epoche durante l'evoluzione del sistema solare. Problema: nel modello ci sono molti parametri non ben determinati quali la densità dei corpi, la resistenza all'impatto, la distribuzione in velocità e dimensione dei frammenti di un impatto etc... che possono cambiare sostanzialmente i risultati.

Modelli numerici
idrodinamici per
modellare il risultato di
un impatto su un
asteroide. Si cerca di
calcolare:



- Size distribution dei frammenti
- Diametro del cratere
- Velocità di fuga dei frammenti
- Dimensioni del corpo che rimane

Esperimenti di laboratorio
con cannoni (NASA, JPL)

Leggi di scaling: Esempio da Jeffers
& Asher

$$\text{Log } D = 0.066 + 0.440 \log v_i + 0.780 \log D_p + 0.333 \log \rho_p - 0.333 \log \rho_t - 0.220 \log g_t + 0.440 \log(\cos \theta_p)$$

Con D_p = diametro proiettile, D = diametro cratere, v_i = velocità di impatto, ρ_p, ρ_t = densità, g_t = gravità superficiale, θ_i = angolo di impatto



Esperimenti 'in situ' con target VERI. La missione Deep Impact. Proiettile sparato su Tempel 1



Altri fenomeni legati alle collisioni: formazione della Luna



Disegni di W.K. Hartmann



Asteroidi binari

