

# Pericolo impatto!

di Carlo Rinaldo (2008)

La Terra fa parte del Sistema solare insieme agli altri pianeti con le loro lune, ai pianetini e anche insieme ad un numero enorme ed imprecisato di corpi con dimensioni che vanno dalla montagna al granello di polvere. Tutti questi corpi orbitano intorno al Sole, i maggiori con orbite pressoché circolari e con minima inclinazione rispetto all'Eclittica, i minori con orbite anche molto ellittiche e con varie inclinazioni sull'Eclittica. E' quindi possibile che le orbite si incrocino e che avvengano delle collisioni, oppure che due corpi si avvicinino tanto che quello minore subisca l'attrazione gravitazionale di quello maggiore e cada su di esso. Anche la Terra è esposta a questo rischio e molte sono le cose che ci possono cadere sopra.

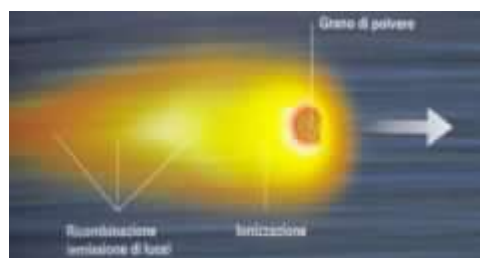
## LA POLVERE COSMICA

Ogni giorno cadono sulla Terra 40 tonnellate di polvere cosmica: si tratta di particelle più piccole di un granello di sabbia derivanti dalla disgregazione delle comete e degli asteroidi o provenienti dal profondo spazio in seguito alla morte delle stelle. Questa pioggia è invisibile e non costituisce un pericolo; la quantità di 40 tonnellate al giorno è un'inezia rispetto alla massa terrestre.

## LE STELLE CADENTI

Le particelle di dimensioni maggiori possono dar luogo al fenomeno delle meteore, ben visibile durante la notte. Ovviamente non si tratta affatto di stelle: le stelle sono corpi enormi, che producono luce e calore mediante reazioni termonucleari, mentre le Stelle cadenti (il nome tecnico, che deriva dal greco, è '**meteore**' perché appaiono nell'atmosfera) le Meteore dunque sono delle particelle minerali piccolissime, da un granello di polvere ad un piccolo sassolino; un millimetro è una grandezza normale. Come certe rocce, sono composte prevalentemente da silicati e anche da ferro. La scia luminosa che vediamo si produce perché le meteore entrano nell'atmosfera terrestre a velocità altissima, e per attrito con l'aria si surriscaldano diventando incandescenti. Le velocità di ingresso nell'atmosfera possono variare tra 40.000 e 200.000 Km l'ora e oltre. Il fenomeno avviene generalmente ad altezze comprese tra i 100 e i 50 km dal suolo, per cui la semplice incandescenza non sarebbe visibile, considerando le piccole dimensioni delle particelle e la grande distanza da noi.

Nell'immagine è schematizzato il processo che produce la scia luminosa: lo strato esterno della meteora fonde e sublima (passa dallo stato solido a quello gassoso) e raggiungendo temperature di migliaia di gradi si produce il fenomeno della ionizzazione, sia nel materiale meteorico che nelle molecole d'aria. Ionizzazione vuol dire che gli elettroni vengono strappati dai nuclei atomici, e qui si produce già una radiazione luminosa. Poco dopo gli elettroni si ricombinano con i nuclei emettendo ancora più luce: è la scia visibile, che può durare uno o due secondi, alle volte anche di più.

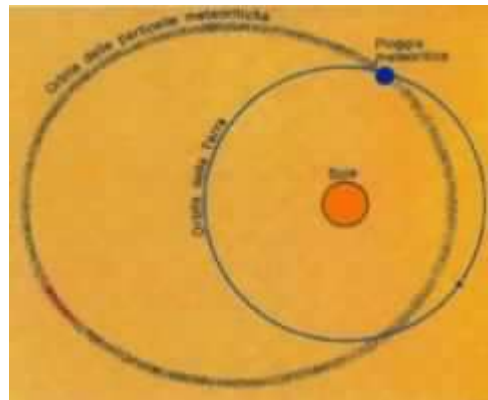
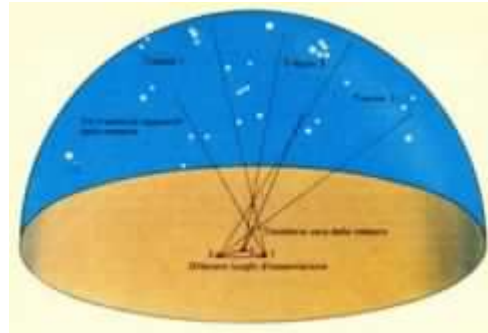


Le particelle più grandi, che non riescono a bruciare completamente nell'atmosfera, cadono sul suolo con l'aspetto di ciottoli bruciacchiati e sono chiamate **meteoriti**. Se il corpo è ancora più grande scendendo a basse quote incontra una maggiore resistenza dell'aria, si forma sulla parte anteriore una zona di compressione che può produrre un boato come quello degli aerei supersonici: in questo caso lo

chiamiamo **bolide**, che può essere rallentato e anche spezzarsi in più parti.

Le velocità e le altezze delle meteore sono state calcolate osservando la stessa traccia da diversi punti della superficie terrestre: tutti gli osservatori segnano su una mappa celeste il punto di inizio e quello di fine della traccia luminosa oltre a cronometrare i relativi tempi. Conoscendo le distanze tra gli osservatori si possono calcolare i dati richiesti. Una precisione ancora maggiore si ottiene registrando gli echi radar delle meteore. Le meteore possono essere fotografate: tenendo l'obiettivo aperto per diversi minuti in un periodo favorevole si può ottenere una foto con una o più strie luminose.

Le meteore possono cadere in tutti i giorni dell'anno e ad ogni ora del giorno e della notte, i bolidi sono molto più rari. Ci sono però dei periodi in cui si verifica un'abbondante pioggia di stelle cadenti, come intorno al 10 agosto, i cosiddetti **sciame**. La ragione di questa abbondanza è che la Terra, nel suo giro annuale intorno al Sole, attraversa periodicamente delle zone in cui il materiale meteorico è più concentrato: si tratta dei detriti lasciati dalle comete periodiche lungo tutta la loro orbita. Questi detriti si disperderanno lentamente e resteranno lungo quel percorso anche quando la cometa si sarà ormai allontanata, venendo poi riforniti nuovamente quando la cometa tornerà col prossimo giro. Se disegniamo o fotografiamo le scie e le prolunghiamo all'indietro vedremo che le linee di prolungamento convergeranno in un unico punto del cielo: è il **radiante**, dal quale vediamo le meteore divergere in tutte le direzioni. In realtà le traiettorie sono parallele: appaiono divergenti per un effetto prospettico, come le rotaie del treno che sembrano restringersi in lontananza ed allargarsi verso di noi. Il più famoso è il radiante dello sciame di agosto, che si trova nella costellazione di Perseo: per questo la pioggia è detta '*delle Perseidi*', nota anche come '*Lacrime di San Lorenzo*'.



## LE COMETE

Le comete sono corpi ghiacciati che appartengono al Sistema Solare. Sono molto piccole, la loro massa può essere stimata intorno al miliardesimo di quella terrestre, ma quando la loro orbita ellittica le avvicina al Sole i gas ghiacciati del nucleo vaporizzano e sviluppano una chioma ed una o più code di polveri e gas. L'astronomo Whipple le definì "palle di ghiaccio sporco", per la presenza di polveri e sassi. La chioma è un globo di vapori che avvolge il nucleo e può arrivare alle dimensioni del Sole. Le code, di polveri e gas, hanno sempre direzione opposta a quella del Sole, pertanto seguono la cometa quando vi si avvicina e la precedono quando se ne allontana.

Si ritiene che tutte le comete provengano da una nube sferica che avvolge il Sistema Solare a distanze tra 40.000 e 150.000 U.A., circa 2,5 anni luce. Da questo guscio, detto "**nube di Oort**", le comete possono essere strappate da collisioni o perturbazione gravitazionali e indirizzate verso il Sole, intorno al quale possono orbitare con periodi diversissimi, da 3 a 200 anni quelle dette a **breve periodo** e fino a migliaia di anni le altre.

### Cometa di Halley

La più famosa, ma non la più spettacolare, è la cometa di Halley, un astronomo inglese che la vide nel 1683 quando ne calcolò l'orbita prevedendone il ritorno dopo 76 anni. Si sa dalle cronache che questa cometa è stata osservata per oltre 2.200 anni ed ogni 76 anni puntualmente si ripresenta in prossimità del Sole, tra le orbite di Venere e di Mercurio. L'ultimo passaggio del 1986 è stato molto sfavorevole per l'osservazione, ma la sonda Giotto ha ripreso immagini e dati passando alla distanza di 605 km dal nucleo. Il nucleo è risultato di circa 16 x 8 km.

### Comete recenti

La cometa **McNaught** del 2006 ha offerto un bellissimo spettacolo specialmente agli osservatori dell'emisfero sud. La cometa **Holmes** nel 2007 ha avuto un comportamento eccezionale: in tre giorni ha aumentato la sua luminosità di un milione di volte, per cause sconosciute. In tre giorni di espansione la cometa ha superato le dimensioni di Giove. La velocità di espansione è apparsa di 2,4 km al secondo: quasi 9.000 km/h.

### La cometa Swift-Tuttle

La cometa che fornisce il materiale per le Perseidi è la Swift-Tuttle, dal nome degli scopritori, gli astronomi Swift e Tuttle, entrambi americani. La cometa fu ufficialmente identificata nel passaggio del 1862; da essa



La sonda Giotto; E. Halley



La cometa 17/P Holmes ripresa dal Conero  
autore: Stefano Stroligo

Data: 29/10/2007 - Luogo: Monte Conero

l'astronomo Schiaparelli, dell'Osservatorio di Brera a Milano, dedusse che gli sciami meteorici erano legati alle orbite cometarie. Quando fu calcolato il periodo di rivoluzione, che è di circa 130 anni, ci si accorse dalle antiche cronache che questa cometa era stata osservata già dagli astronomi cinesi pochi anni dopo la nascita di Cristo. L'ultimo passaggio in vicinanza del Sole, e quindi della Terra, è stato nel 1992; in quel momento la Terra si trovava lontana dall'orbita cometaria e lo spettacolo non è stato eccezionale.

Il prossimo passaggio avverrà nel 2126 e sarà molto più ravvicinato, forse anche troppo. Infatti dai calcoli effettuati finora risulta che il 14 agosto 2126 la Terra e la cometa passeranno nello stesso punto a distanza di 15 minuti, prima la Terra poi la cometa. In 15 minuti la Terra percorre un bel po' di strada (più di 13.000 km), per cui non ci dovrebbe essere alcun pericolo. Però c'è sempre la possibilità di qualche piccola perturbazione dell'orbita cometaria, e 15 minuti su 130 anni è veramente un piccolo intervallo; ovviamente l'eventuale perturbazione potrebbe anche ritardare il passaggio della cometa allontanandola dalla Terra.

### Impatto della cometa Shoemaker-Levy su Giove

La cometa Shoemaker-Levy 9 entrò in collisione con Giove nel luglio 1994; in precedenza si era separata in 21 frammenti. Cadendo l'uno dopo l'altro verso la superficie gioviana, hanno provocato tutti una grande esplosione e l'innalzamento di pennacchi fino a 3.000 chilometri al di sopra della superficie. Nelle foto si osserva il cratere d'impatto (di colore scuro) e il suo alone; questo, osservato circa 10 minuti dopo l'esplosione, è prodotto dalla ricaduta della materia scagliata nell'atmosfera da uno dei frammenti. L'astronomo Cassini avrebbe osservato una collisione analoga nel XVII secolo.

### Evento TUNGUSKA - Siberia - 1908

Un evento del genere può verificarsi anche sulla Terra: il 30 giugno 1908 un'esplosione a 8.000 metri di altezza sopra la zona desertica di Tunguska, in Siberia, distrusse un'intera foresta di conifere di 2150 chilometri quadrati, circa 60 milioni di alberi. Si ritiene che si sia trattato di una cometa di piccole dimensioni, inferiore ai 100 metri; si stima che comunque venne liberata un'energia tra i 10 e i 20 megaton (vedi nota), pari a quella di 700 bombe atomiche di Hiroshima... ma ci sono oggetti più pericolosi.

NOTA: 2,5 Megaton è la potenza della bomba H su BIKINI (1954), pari ad oltre 150 bombe di Hiroshima. Un Megaton corrisponde alla potenza sviluppata dall'esplosione di Un Milione di tonnellate di tritolo (TNT) E' una potenza mostruosa: basti pensare che per la famosa demolizione di Punta Perotti, sul lungomare di Bari, sono bastati 350 kilogrammi di TNT pari a 0,35 tonnellate: 13 piani, per 70 mila metri cubi di cemento, sono crollati per implosione in 5 secondi.



La cometa Shoemaker-Levy su Giove



Effetti dell'evento Tunguska

## GLI ASTEROIDI

Gli asteroidi sono corpi minori del sistema solare che orbitano intorno al Sole generalmente tra le orbite di Marte e Giove. Si tratta probabilmente dei resti dell'antica formazione dei pianeti, i planetesimi, che non riuscirono a condensarsi per formare un vero pianeta a causa del disturbo gravitazionale del vicino Giove.

Ad oggi si conoscono i parametri orbitali di circa 100.000 pianetini e si ritiene che ne esistano almeno un milione. In caso di impatto con la Terra si considerano pericolosi quelli superiori a 50 metri. Ce ne sono 280.000 oltre i 100 metri, dei quali soltanto 2.000 conosciuti. Quelli con dimensioni superiori ai 1.000 metri sono circa 1.100, e per 360 di questi mancano ancora dati orbitali precisi.

### Orbite pericolose

La maggior parte degli asteroidi hanno orbite comprese tra quelle di Marte e di Giove, ma molti di essi, con orbite marcatamente ellittiche, si avvicinano talmente al Sole da incrociare l'orbita terrestre: in questi casi esiste il rischio di collisione, che può verificarsi quando i due corpi, pur avendo periodi di rivoluzione differenti, capitano insieme nel punto di incrocio. Ma può veramente succedere? Sulla Luna è successo migliaia di volte ed i segni sono ben visibili: i crateri lunari. Anche la Terra deve essere stata colpita come la Luna, ma quasi tutti i crateri sono stati cancellati dall'erosione atmosferica. Sono stati individuati 120 crateri e ci sono le prove di altri impatti.

### I dinosauri

65 milioni di anni fa un asteroide di 10 km di diametro cadde nella penisola dello Yucatán e probabilmente provocò l'estinzione dei dinosauri a causa dell'enorme quantità di polveri che ricoprirono il pianeta, causando sconvolgimenti climatici ed estinzione di specie vegetali ed animali. I segni superficiali dell'impatto sono stati cancellati dal tempo, ma i rilievi gravimetrici hanno individuato un cratere sepolto del diametro di 170 km.

### Banninger Crater

In Arizona esiste ancora il famoso Banninger Crater (o Meteor Crater) del diametro di 1265 metri e profondo 174 metri. Si ritiene che si sia formato 22.000 anni fa per l'impatto di un meteorite di 50 metri e che si sia sviluppata un'energia pari ad almeno 2,5 megaton.

### Apothis

E per il futuro? Attualmente l'attenzione degli astronomi è appuntata sull'asteroide 2004MN4 della lunghezza di circa 320 metri, scoperto da Fabrizio Bernardi il 19



giugno del 2004 e classificato come NEO (Near Earth Object). A questo corpo è stato assegnato il nome Apophis, rifacendosi al dio egiziano Apep, il distruttore del Sole durante la notte. Questo asteroide percorre l'orbita in 323 giorni e passa periodicamente vicino alla Terra intersecando la sua orbita due volte ad ogni passaggio. Tenendo conto anche del periodo orbitale terrestre può capitare che Apophis passi ad una distanza dalla Terra inferiore a quella dei satelliti geostazionari, cioè un decimo della distanza della Luna.



Il prossimo passaggio ravvicinato di Apophis avverrà nel 2013 mentre i più pericolosi saranno nel 2029 e, soprattutto quello del 13 aprile 2036. Il passaggio del 2029 è stato abbastanza ben calcolato da non rappresentare una minaccia per la Terra; attualmente neanche il passaggio del 2036 rappresenta un rischio elevato di impatto, ma dopo il passaggio del 2029 l'asteroide potrebbe variare più o meno significativamente la sua traiettoria e quindi la sua orbita nel passaggio del 2036 potrebbe risultare a rischio di impatto.



Se Apophis colpisse la Terra si svilupperebbe una potenza di oltre 500 Megaton pari a 10 'Zar bomb' (la più grande bomba H sperimentata dalla Russia nel 1961) e potrebbe avere effetti distruttivi su un'ampia area locale.

NOTA: Per calcolare l'orbita di un asteroide occorre innanzi tutto stimare la sua velocità e la sua posizione. Entrambe misure che non sono affatto semplici. Occorrono invece una serie di misure nel tempo che, nel loro insieme, ci permettono di stimare i parametri orbitali. Il calcolo dell'orbita deve tener conto in primo luogo delle leggi di Keplero e dell'attrazione gravitazionale esercitata dagli altri corpi del sistema solare. Inoltre l'orbita così calcolata viene modificata in continuazione dall'effetto Yarkovsky. L'effetto Yarkovsky è quel fenomeno per il quale l'energia orbitale di un oggetto cambia a causa della forza non radiale, causata dal fatto che l'assorbimento e la reirradiazione di energia dal Sole hanno diverse direzioni, che dipendono dalla rotazione dell'oggetto. Questo causa un'accelerazione o decelerazione dell'oggetto lungo la sua orbita. Apophis effettuerà passaggi ravvicinati (a circa 0,1 Unità Astronomiche (AU)) nel 2013 e nel 2021, che consentiranno accurate misurazioni della sua orbita. Purtroppo prima del passaggio del 2029 non si potrà sapere con certezza l'orbita dell'asteroide e quindi il futuro del nostro pianeta.

## LA DIFESA

### Sorveglianza

Il gruppo "Spaceguard Survey" della NASA ha lo scopo di individuare i corpi pericolosi per la Terra e si prefigge l'obbiettivo di calcolare le orbite del 90% dei NEO più grandi di un chilometro entro il 2008.

Nel novembre del 2007 c'è stato un falso allarme: il Minor Planet Center, in Massachusetts, aveva segnalato il pericoloso avvicinarsi di un asteroide. Un astronomo da Mosca ha però prontamente comunicato che la traiettoria dell'oggetto coincideva con quella della sonda Rosetta che, come da programma, si sta avvicinando alla Terra per ricevere una spinta gravitazionale. Aver scambiato una sonda per un asteroide è un equivoco imbarazzante; in compenso aver rivelato subito un oggetto in avvicinamento è stata una conferma dell'ottimo funzionamento del sistema di monitoraggio.



### Intervento

Nel film di fantascienza 'Armageddon' si tentava di far esplodere l'asteroide con cariche nucleari; questa non sembra una buona idea, perché è difficile prevederne le conseguenze e le traiettorie dei frammenti prodotti. Molto più controllabile appare invece la **deflessione**, cioè la modifica dell'orbita mediante accelerazione.



### Fondazione B612

Per risolvere il problema della deflessione è stata creata negli Stati Uniti la fondazione B612, della quale fanno parte gli astronauti della NASA Russel Schweickart, che ha partecipato alla missione Apollo 9, e Ed Lou, che ha raggiunto la Stazione spaziale con lo Shuttle Atlantis. **B612** è l'asteroide del "**Piccolo Principe**", famoso racconto di Antoine de Saint Exupery, giornalista, scrittore e aviatore francese, scomparso in guerra nel luglio del 1944 durante un volo di ricognizione sul Mediterraneo. Russel Schweickart ha chiesto immediata attenzione per cominciare al più presto a lavorare ad una missione verso Apophis con lo scopo di porvi un trasponder radio. I dati forniti dal trasponder permetterebbero di calcolare esattamente l'orbita e di poter decidere entro il 2014 se cominciare o meno il lavoro su una missione che defletta l'orbita di Apophis. Ha aggiunto che qualunque data successiva al 2014 per una missione di deflessione potrebbe non concedere tempo sufficiente prima del passaggio ravvicinato del 2029, dopo il quale la deflessione sarebbe molto più difficile, soprattutto per un possibile impatto che avverrebbe appena 7 anni dopo. Schweickart ha considerato che una missione del genere possa richiedere anche 12 anni e che una missione con trasponder necessiti di almeno 7-8 anni.



## Deflessione

Per decidere quanta deflessione sia necessaria occorre considerare anche la larghezza della "cruna dell'ago" (tecnicamente: *keyhole*) attraverso la quale il centro di massa di Apophis dovrebbe passare nel 2029 per colpire la Terra nel 2036. Secondo Schweickart, questa è di appena 641 m. Pertanto, per deviarlo dal *keyhole*, sarebbe sufficiente uno spostamento pari alla metà, cioè 320 m.: questo potrebbe ottenersi aumentando la velocità di Apophis di appena un millimetro al secondo (3,6 metri l'ora, molto meno della velocità di una lumaca) un numero sufficiente di anni prima.

In pratica si potrebbe usare il cosiddetto "**Rimorchiatore di asteroidi**", un motore a razzo da ancorare ad Apophis ed azionandone il getto per il tempo necessario. Le difficoltà derivano dal fatto che l'asteroide potrebbe avere scarsa coesione e quindi sarebbe difficile agganciarlo saldamente; inoltre il suo movimento rotatorio renderebbe problematico l'allineamento della spinta col baricentro.

L'ipotesi preferita è oggi quella del "**Trattore gravitazionale**": in questo caso il motore a razzo verrebbe accelerato dal suo getto vicino ma non a contatto con Apophis trascinando con sé l'asteroide per attrazione gravitazionale. Un trattore di una tonnellata potrebbe provocare l'accelerazione necessaria restando in funzione per un mese.

## Apophis: pericolo ridotto

Nel 2004 i calcoli davano una probabilità su 37 di impatto con la Terra e le misurazioni successive ridussero questa probabilità a una su 5.560. Nel 2006 sono scese a una su 45.000: le probabilità di farla franca sono circa il 99,99%. Ma speriamo di evitare ogni catastrofe e godiamoci ogni anno lo spettacolo dei più begli oggetti che cadono dal cielo: le lacrime di San Lorenzo.

