ESERO Italia: insegna, impara, vola in alto con lo spazio

scuola secondaria

→ Difesa planetaria



http://www.esa.int/Safety_Security/Risky_asteroids

Presentazione pag. 3
Sommario pag. 4
Introduzione pag. 5
Approfondimento 1: Near Earth Objects (NEO) pag. 7
Approfondimento 2: Crateri da impatto pag. 8
Attività 1: Introduzione agli impatti pag. 19
Attività 2: Quali parametri possiamo utilizzare pag. 11
Attività 3: Quali figure professionali possiamo introdurre pag. 13
Attività 4: Giochiamo con le carte pag. 16
Attività 5: Discussione finale pag. 21
Chi Siamo pag. 18
Appendice 1: carte da gioco pag. 23
Appendice 2: Scheda di approfondimento su scenario di simulazione della conferenza bi-annuale Planetary Defense Conference
pag. 28
Appendice 3: Scede di approfondimento pag. 30

Risorsa originale create da ANISN - Associazione Nazionale Insegnanti Scienze Naturali

Per maggiori informazioni scrivere a info@esero.it

Scheda sintetica

Materia: Matematica, fisica, chimica

Età: 14-18 anni

Tipologia: Attività per studenti

Complessità: facile

Costo: Basso

Tempo richiesto: 3 ore

Luogo: aula

Include l'uso di: carte da gioco

Parole chiave: Matematica, Fisica, Scienze della Terra, Sistema Solare, NEO, Problem Solving

Breve descrizione

In questa attività gli studenti conosceranno le attività della *Conferenza di Difesa Planetaria* che si tiene ogni 2 anni. Gli studenti, divisi in gruppi, si caleranno nella parte degli scienziati e dovranno risolvere problemi legati alla matematica, alla fisica e alla geologia relativi a un corpo celeste che potrebbe impattare la Terra.

Gli studenti useranno pseudo carte da gioco predisposte per ricoprire i ruoli assegnati e risolvere i problemi relativi alla problematica di studio.

Obiettivi di apprendimento

- Risolvere problemi di fisica, matematica e scienze della Terra applicati allo spazio
- Calcolare grandezze fisiche, utilizzare formule di matematica applicata alla fisica e alle scienze della Terra
- Apprendere come lavorare in gruppo per risolvere un problema complesso
- Acquisire conoscenze su una reale minaccia per la Terra e su come lavorano gli scienziati

→ Sommario delle attività

	Titolo	Descrizione	Traguardi	Requisiti	Durata
1	Introduzione agli impatti	In questa attività si guiderà la discussione circa la dinamica di un impatto di un oggetto celeste sulla Terra	Prendere confidenza con il concetto di NEO e di impatto	Nessuno	30 minuti
2	Quali parametri possiamo utilizzare	In questa attività si passerà da una discussione qualitativa (attività 1) alla introduzione di parametri quantitativi	Introdurre parametri quantitativi per descrivere un impatto	Attività 1	30 minuti
3	Quali ruoli professionali	Quali ruoli si possonocoinvolgere in questo scenario?	Riflettere sul ruolo degli scienziati e della collaborazione	Attività 2.	15 minuti
4	Giochiamo con le carte	Risolvere vari problemi legati alla dinamica di un impatto	Risolvere problemi simulando l'impatto di un corpo celeste	Attività precedenti. Avere confidenza con i concetti di densità, energia cinetica, trigonometria.	60 minuti
5	Discussione finale	Capire come tutti i parametri calcolati descrivano le conseguenze dell'impatto	Far prendere coscienza agli studenti sull'importanza dei risultati trovati attivando il *problem solving* e il lavoro di gruppo	Attività precedenti	60 minuti

→ Introduzione

Gli impatti di asteroidi e comete hanno avuto un ruolo importante nella storia geologica e biologica della Terra. È ampiamente riconosciuto che uno di questi eventi, 65 milioni di anni fa, ha perturbato l'ambiente in modo così catastrofico che ne conseguì una grave estinzione di circa il 75% delle specie viventi. Oggi, sia la comunità scientifica che in generale la popolazione, sono sempre più interessate allo studio di asteroidi come possibili minacce alla nostra civiltà e per le potenziali conseguenze ambientali.

Ogni due anni, gli esperti di asteroidi di tutto il mondo si riuniscono per **simulare** cosa succederebbe nel caso di un imminente impatto asteroidale sulla Terra, **fittizio ma plausibile**. Nell'appendice 1 viene introdotto lo scenario proposto nel 2019 come possibile innesco dell'attività didattica. Questo aiuterà gli studenti a comprendere cosa vuol dire considerare una possibile minaccia e li aiuterà a calarsi nel ruolo di scienziato con un determinato compito da risolvere.

È ampiamente riconosciuto che la scienza legata ai corpi celesti in avvicinamento, ***Near Earth Object*** **(NEO)**, è un argomento avvincente che spesso però si presta a speculazioni giornalistiche. Infatti, per evitare allarmi ingiustificati. è essenziale una chiara comprensione del significato e dell'importanza degli annunci riguardanti gli oggetti che si avvicinano alla Terra, la loro interazione con il nostro pianeta e il livello di rischio che possono rappresentare per l'umanità.

La principale preoccupazione riguardante i NEO è la **potenziale minaccia che rappresentano per la vita sul nostro pianeta**. Va fatto notare che fortunatamente la cronologia degli eventi più pericolosi, supera ampiamente non solo una vita umana ma l'ascesa e la caduta di intere civiltà. Tuttavia, anche la caduta molto più frequente di un piccolo asteroide in grado di produrre meteoriti sul terreno è un evento potenzialmente pericoloso e deve essere adeguatamente monitorato. Nella tabella seguente (presa da http://neo.ssa.esa.int/public-outreach) vengono sintetizzate le attuali conoscenze del pericolo di impatto, inclusa la frequenza di eventi selezionati e le loro conseguenze.

Anche la tabella (tab. 1 in inglese) può essere usata come innesco dell'attività con gli studenti, per introdurre l'argomento e cominciare a ragionare in termini di eventi e rischi.

Tabella 1

Diameter of impactor	Event Type	Effect	Energy (Megatons TNT)	Timescale (years)	Examples	Notes	Credits ESA/NEOCC
> 1 km	**Impact**	Global (climat change)	> 100000 MT	> 1.000.000	**Chicxulub**	Chicxulub is a 170km crater whose formation is thought to be responsible of the Cretaceous / Tertiary mass extinction (K/T boundary).	
150 m	**Impact**	Local (earthquakes, tsunamis)	100 MT	~10.000	**Iso Naakkima Zhamanshin**	Craters of the order of 10 km can be considered as limiting cases between local and global consequences .	
50 m	**Impact**	Local (earthquakes, storms)	1 MT	~1.000	**Tunguska Meteor Crater**	Outcome depends on the impactor composition and dynamics. Tunguska was a large airburst producing no crater, the Meteor Crater was formed by a metallic impactor.	
10 m	**Impact / Superbolide**	Local (craters, blast waves)	> 1 MT	~10	**Kamil Carancas Chelyabinsk**	Carancas was a slow high altitude event producing a 12 m crater; Kamil crater (40 m) was originated by a 1 m iron impactor. In the Chelyabinsk event, the meteoroid exploded before reaching the ground.	
1 m	**Bolide**	Local (local flash, meteorites)	10 kT	~1	**Revelstoke 2008 TC3**	The Revelstoke fireball led to the recovery of meteorite grains; 2008 TC3 was the first meteorite fall observed prior to atmospheric entry.	
1 cm <	**Meteor**	upper atmosphere / near-Earth environment (shooting stars, spacecraft damages)	negligible	hourly rates	**Perseids, Leonids, Geminids etc.**	Sporadic meteors and meteor showers (shooting stars) can be of cometary or asteroid origin. Since these bodies completely burn in the upper atmosphere, dameges are limited to orbiting infrastructures.	

Nell' attività didattica che segue, agli studenti verrà chiesto di risolvere dei problemi alla loro portata, legati al possibile impatto di un corpo celeste. Nella nostra schematizzazione, l'impatto di un oggetto extraterrestre viene considerato a partire da quando l'oggetto entra negli strati più alti dell'atmosfera terrestre, solitamente ad una velocità compresa tra 11 e 72 Km/s seguendo una traiettoria che può avere un angolo di incidenza tra perpendicolare e parallelo alla superficie terrestre. Al variare dell'angolo e delle velocità varieranno gli effetti dell'impatto dell'asteroide sulla Terra.

Nelle prime tre attività gli studenti familiarizzeranno con il concetto di NEO, cominceranno a ragionare in termini di parametri che caratterizzano l'impatto distinguendo il **proiettile** (il NEO in avvicinamento) dal **bersaglio** (il luogo dell'impatto). Le attività coinvolgeranno tutta la classe in un brainstorming attivo e guidato. Nella quarta attività gli studenti inizieranno il gioco di ruolo, la classe verrà divisa a gruppi e ogni coppia di studenti avrà da risolvere un compito specifico. La quarta attività è stata ispirata dall'articolo *Earth Impact Effects*

Program: A Web-based computer program for calculating the regional environmental consequences of a meteoroid impact on Earth.

Nella quinta attività gli studenti potranno nuovamente confrontarsi collettivamente per trarre le conclusioni riguardo l'attività proposta.

→ Approfondimento 1: *Near Earth Objects* (NEO)

Con il termine *Near Earth Objects* (letteralmente: oggetti vicini alla Terra), abbreviato in NEO, viene indicata quella popolazione di corpi minori che orbitano intorno al Sole su traiettorie tali da poter incrociare l'orbita terrestre e, quindi, rappresentare un concreto rischio di collisione con il nostro pianeta. Tale popolazione è composta principalmente da asteroidi (nel qual caso ci riferiremo ai NEA – *Near Earth Asteroid*) e, in misura minore, da comete (denominati NEC – *Near Earth Comet*). Gli asteroidi e le comete hanno origini molto diverse, a causa delle diverse regioni del Sistema Solare nelle quali si sono formati e le loro caratteristiche fisiche e dinamiche conservano ancora la memoria di questa differenza. Lo studio di tali oggetti riveste una duplice importanza, tale da giustificare gli sforzi scientifici ed economici che hanno caratterizzato l'aumento di investimenti nel campo della ricerca e dell'osservazione di questi corpi minori negli ultimi anni. Si tratta di oggetti particolarmente interessanti fondamentalmente per due motivi:

- lo studio dei corpi minori, in generale, ci permette di risalire all'origine del Sistema Solare e ci permette anche di valutare la composizione originaria della nebula pre- solare dalla quale ha avuto origine;
- ad oggi, una parte della popolazione dei NEO può considerarsi potenzialmente pericolosa per la Terra dal punto di vista di eventuali impatti; vogliamo, quindi, studiare le possibili future interazioni con il nostro pianeta.

La scoperta e lo studio degli asteroidi sono iniziati, di fatto, il 1° gennaio del 1801, quando Padre Giuseppe Piazzi, dall'osservatorio di Palermo, osservò per la prima volta Cerere convinto di aver trovato il famoso "pianeta mancante". Inizialmente le osservazioni sembravano confermare che si trattava effettivamente di un pianeta ma alcune sue caratteristiche non convincevano del tutto gli astronomi (a partire dalle dimensioni troppo ridotte). Come se non bastasse, negli anni successivi furono individuati altri corpi con caratteristiche simili: orbite molto vicine a Cerere, dimensioni ridotte e scarsa luminosità. Con l'affinarsi delle tecniche di osservazione le scoperte di questi corpi si moltiplicarono (aggiungendo anche il problema di come assegnare loro dei nomi univoci) fino a raggiungere, dopo circa due secoli di osservazione, un numero superiore a 350.000 oggetti. I corpi con diametro maggiore di 200 km sono solo poche decine; gli altri hanno dimensioni inferiori.

→ Approfondimento 2: Crateri da impatto

L'evidenza del più antico impatto di un meteorite sulla Terra, risalente a 1.2 miliardi di anni fa, fu scoperta per la prima volta nel 2008 vicino a Ullapool, in Scozia, da scienziati delle Università di Oxford e Aberdeen che trovarono un deposito di detriti il cui spessore ed estensione indicava un cratere da impatto – prodotto da un meteorite di larghezza stimata pari a circa 1 km – presumibilmente vicino alla costa scozzese. Tuttavia, la posizione precisa del cratere rimase un mistero. Sulla superficie terrestre antichi crateri possono scomparire lasciando solo tracce della loro esistenza. Anche se si potrebbe pensare che un grosso impatto debba lasciare evidenze assolutamente imponenti, i processi graduali che hanno luogo sulla Terra tendono a nasconderne gli effetti:

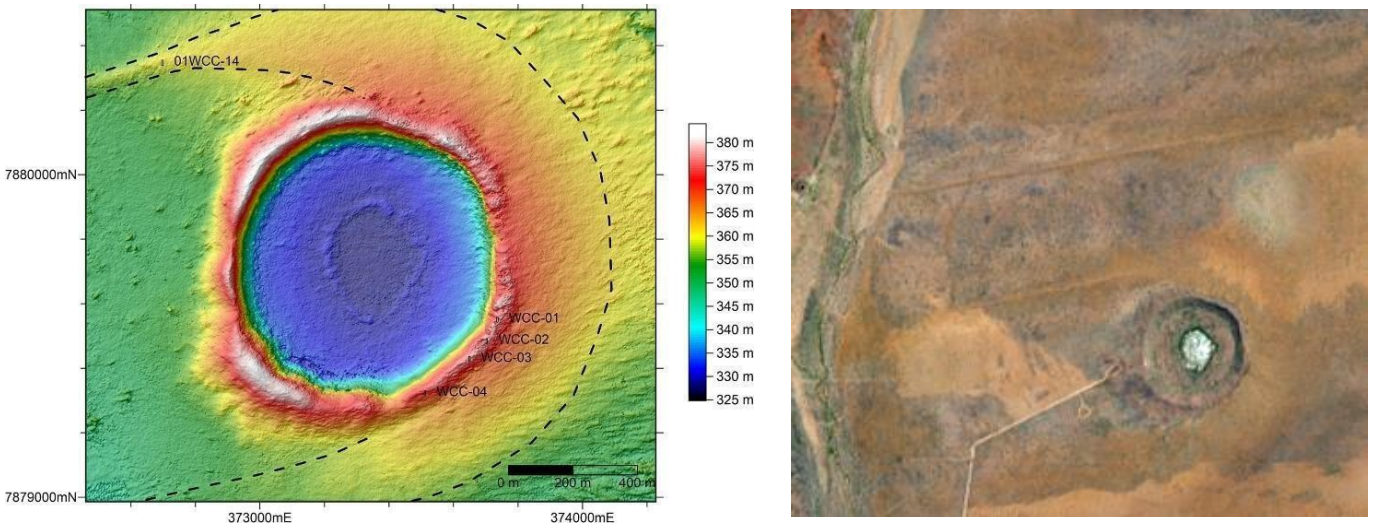


Figura 1 Mappa altimetrica e vista dall'alto del cratere Wolfe Creek in Australia

l'erosione del vento e dell'acqua, il deposito di sabbia portata dal vento e dall'acqua, e in alcuni casi i flussi di lava tendono a nascondere o seppellire i crateri da impatto. Nonostante l'erosione, alcune tracce rimangono, e più di 170 grandi crateri sono stati identificati sulla Terra (Fig. 1) . Lo studio di questi ha consentito ai geologi di trovare le tracce di altri crateri che sono quasi scomparsi.

Il processo di formazione può essere suddiviso in 3 fasi:

- la fase di contatto e compressione
- la fase di "scavo" del cratere
- la fase di modificazione del cratere

La prima fase è pressoché istantanea e consiste nella propagazione delle onde attraverso le rocce. La seconda fase, della durata di alcuni minuti, è caratterizzata dall'interazione più complessa tra le *shock waves* e la superficie che causa un *excavation flow* (flusso di scavo) simmetrico attorno al punto di contatto. Questo crea una depressione a forma di scodella che prende il nome di cratere di transizione. La fase finale comincia quando il cratere di transizione raggiunge la sua massima



estensione. L'effetto dell'impatto vero e proprio è svanito ed entrano in gioco altri fattori quali la gravità. Questa fase non ha un evento che ne decreta la fine, infatti i processi di modificazione del cratere continuano gradualmente come tutti i processi geologici. Quanto un cratere transitorio venga modificato dai processi di trasformazione dipende dalle dimensioni che raggiunge e dalle rocce che lo compongono.

→ Attività 1: Introduzione agli impatti

Chiediamo agli studenti, di ragionare tutti insieme su quali sono i fattori da considerare per valutare il danno provocato dall'impatto di un asteroide.

Per introdurre

l'argomento possiamo

proporre la visione di

un filmato:

https://www.esa.int/Saf

ety_Security/Near-

Earth_Objects_-

_NEO_Segment

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2017/04/Visualisation_of_asteroid_Itokawa#. Xp8E-YhDLkc.link

o anche proporre la visione di alcune immagini (Fig. 2):

Figura 2

Una volta annotate tutte le risposte degli alunni, ragionate con loro su quali fenomeni/variabili possono essere presi in considerazione e quali no. Per questa attività portiamo gli studenti a considerare:

1. L'energia dell'impatto
2. Le conseguenze dell'ingresso nell'atmosfera
3. Le dimensioni e il volume del cratere risultanti
4. Le onde sismiche generate dall'impatto
5. L'estensione e la natura del deposito dei resti
6. Il danno causato dall'onda d'urto

Ora si può passare da una valutazione qualitativa ad una valutazione che tenga in considerazione la fisica, la geologia e la matematica che i nostri studenti conoscono. Quali sono i parametri che possiamo considerare e con i quali i nostri studenti sono familiari?

→ Attività 2: Quali parametri possiamo utilizzare

In questa attività partiamo dall'osservazione della seguente figura (fig. 3).

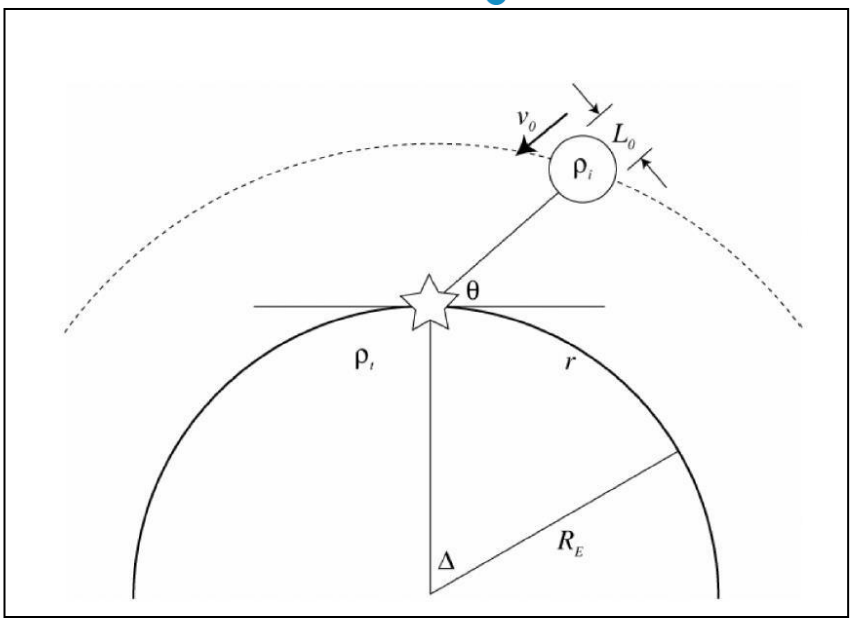


Figura 3Immagine tratta da "Earth Impact Effects Program: A Web-based computer program for calculating the regional environmental consequences of a meteoroid impact on Earth"

Di nuovo, invitiamo gli studenti a proporre dei parametri, delle variabili e tutto ciò che viene loro in mente osservando il disegno. Cerchiamo di portare la discussione da un ambito qualitativo ad un ambito quantitativo. Cosa possiamo effettivamente misurare?

Distinguiamo tre tipologie di parametri: i parametri del ***proiettile***, i parametri di ***impatto***, i parametri del ***bersaglio***. Possiamo identificare queste tre parole come parole chiave e cominciare a chiedere agli studenti di ragionare in questi termini.

Riprendiamo ciò che è uscito dal brainstorming in cui tutta la classe ha elencato una serie di parametri e leghiamoli alle tre parole chiave.

Come nell'attività 1 è importante guidare l'attività e portare gli studenti ad elencare una serie finita di parametri/variabili.

Di seguito i parametri utilizzati in questa attività.

Parametri del proiettile

- Diametro dell'oggetto (D_p)
- Densità dell'oggetto (ρ_p)

Parametri di impatto

- Angolo di impatto (θ)
- Velocità (V_0)

Parametri del bersaglio

- Magnitudo del terremoto prodotto nell'impatto (M)
- Densità del terreno (ρ_T)

Per calcolare gli effetti dell'impatto si potrà poi scegliere una distanza di riferimento denominata Xp.

Parametri del proiettile	Parametri d impatto
Diametro D_p	Angolo θ
Densità ρ_p	Velocità V_0
Distanza dal punto di	

Al termine di questa attività gli studenti dovranno avere ben chiari i parametri scelti e le variabili a loro associate.

→ Attività 3: Quali figure professionali possiamo introdurre

Chiediamo ora agli studenti di pensare a tre figure professionali che possano

‘lavorare’ sui parametri individuati nell’attività 2.

Nella nostra attività abbiamo scelto:

- Il fisico
- Il matematico
- Il geologo

Le tre figure professionali che abbiamo scelto sono legate alle materie STEM che studiamo a scuola: ci sono ruoli distinti che devono cooperare. La cooperazione tra ruoli insegnerà agli studenti l’importanza del lavoro di gruppo.

Nella seguente tabella (Tab. 2) proponiamo una associazione tra il ruolo e i parametri individuati nell’attività 2. Associamo a ciascun ruolo un colore:

- Fisico – arancione
- Matematico – giallo
- Geologo – verde

Questi colori ci guideranno anche nell’utilizzo delle carte da gioco.

Tabella 2

Parametri del proiettile	Parametri di impatto	Parametri del bersaglio
Diametro D_p	Angolo θ	Magnitudo (M)
Densità ρ_p	Velocità V_0	Densità ρ_T
Diametro D_p		

Notiamo che alla distanza dal punto di impatto nonè stato associato nessun colore appositamente. Questo parametro sarà utile a tutte le figure professionali che dovranno utilizzarlo insieme per discutere gli effetti dell’impatto.

Fate notare agli studenti come l’associazione proposta nonsia univoca, avremmo infatti potuto proporre altre associazioni. La densità, inoltre, è un parametro utile a più ruoli. Anche in questo caso può essere interessante stimolare una discussione guidata tra gli studenti con l’obiettivo di associare la figura dello scienziato/specialista alle materie che si studiano a scuola.

→ Attività 4: Giochiamo con le carte

Giunti a questo punto, gli studenti sono in confidenza con:

- Cosa è un NEO
- Quali parametri possiamo considerare nell’impatto di un asteroide
- Quali ruoli operativi possiamo identificare

In questa attività gli studenti risolveranno i problemi giocando! Per far questo utilizzeremo le carte in appendice e divideremo la classe in gruppi. Suggeriamo di avere una coppia per ciascun ruolo e di conseguenza ciascun gruppo sarà formato da 6 studenti. Questo è solo un suggerimento, ciascun insegnante potrà scegliere come dividere la propria classe.

Problemi da proporre agli studenti, utilizzando le carte da gioco in appendice.

Lo sapevi? Oggetti da impatto: densità e velocità

Fisica: - *Calcoliamo la massa del meteorite*

I corpi celesti che possono impattare la Terra sono asteroidi o comete. Gli asteroidi sono fatti di roccia con una densità che varia tra i 2000 - 3000 Kg/m^3, o di ferro con una densità tra di circa 8000 Kg/m^3. La densità delle comete, seppure la loro composizione non è ancora certa, è molto minore e varia tra i 500 - 1500 Kg/m^3. La velocità con cui un asteroide può impattare la Terra varia solitamente tra 12 – 20 Km/s mentre la velocità con cui una cometa può impattare la Terra varia solitamente tra 30 – 70 Km/s. Possiamo dedurre che gli asteroidi sono oggetti più densi e lenti mentre le comete sono meno dense e più veloci.	

Gli studenti devono avere familiarità con il concetto di densità di un corpo: dalla densità e dal diametro, possono ricavare la massa dell'oggetto che servirà per l'esercizio successivo.

$$\rho_p = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho_p V = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_p$$

$$R = \frac{D_p}{2}$$

Nell'esercizio usiamo l'approssimazione che il nostro ***proiettile*** ha una forma sferica. La densità del corpo sarà fornita dai geologi.

- *Calcoliamo l'energia dell'impatto*

Gli studenti devono avere familiarità con il concetto di energia cinetica. Infatti, è fondamentale calcolare l'energia dell'impatto che possiamo far coincidere con l'energia cinetica, prima che il corpo entri in atmosfera.

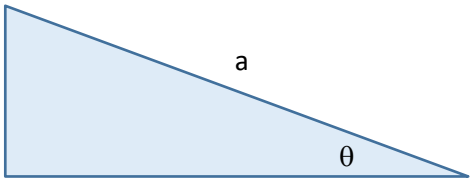
$$E = \frac{1}{2} m\, {v_p}^2$$

Gli studenti dovranno aver risolto l'esercizio precedente e chiedere aiuto al gruppo dei matematici per conoscere la velocità a terra del proiettile.

Matematica:

- *Valutazione dell'angolo di impatto*

Conoscendo l'altezza z alla quale l'asteroide impatta l'atmosfera e conoscendo la traiettoria, approssimata come una linea retta dall'ingresso in atmosfera al punto di impatto, gli studenti dovranno ricavare l'angolo di impatto θ.



Gli studenti dovranno avere familiarità con le formule trigonometriche e ricordare che:

In un triangolo rettangolo, la misura di un cateto è uguale al prodotto della misura dell'ipotenusa per il seno dell'angolo opposto oppure per il coseno dell'angolo adiacente.

- *Velocità del proiettile all'ingresso in atmosfera*

Gli studenti devono avere familiarità con il concetto di esponenziale e con le funzioni trigonometriche seno e coseno. Agli studenti verrà spiegata la seguente formula che approssima il variare della velocità del proiettile in funzione di due parametri fondamentali: l'angolo di impatto θ e la velocità iniziale v_0.

$$v(z) = v_0 e^{\left\{\frac{-3\,\rho(z) C_D}{4\,\rho_p D_p \sin\theta}\right\}}$$

L'equazione esprime il variare della velocità del proiettile nell'ingresso in atmosfera, al variare di z che indica la distanza dal suolo. Il parametro C_D indica il coefficiente di resistenza dell'aria che possiamo porre pari a 2. Come si può notare nella formula, la densità dell'aria ρ varia al variare dell'altezza dal suolo. ***Se gli studenti non hanno ancora affrontato questo grado di complessità possiamo chiedere loro di assumere che la densità dell'aria sia costante*** (vedi riquadro sottostante)***.*** In tal caso la formula da utilizzare sarà:

$$v(z) = v_0 e^{\left\{\frac{-3\,\rho\, C_D}{4\,\rho_P D_p \sin\theta}\right\}}$$

Per trovare il valore di v al suolo, gli studenti dovranno conoscere la densità, il raggio e la velocità iniziale dell'oggetto; dovranno chiedere questi parametri ai colleghi fisici.

Per la densità dell'aria, gli studenti potranno utilizzare il valore 1,225 kg/m³. Per l'angolo θ potranno utilizzare il valore trovato nell'esercizio precedente.

Lo sapevi? Oggetti da impatto: oggetto intero o frammenti?	
Quando il proiettile entra nell'atmosfera incontra una densità che aumenta man mano che si va verso il suolo. L'aumento della densità dell'atmosfera è correlato ad un aumento della pressione che potrebbe provocare la rottura del proiettile in più frammenti! In questa esercitazione facciamo l'assunzione che il proiettile sia sufficientemente grande, che non si frammenti in più parti e che il suo diametro al suolo sia uguale al suo diametro all'ingresso in atmosfera. E' importante condividere queste informazioni con gli studenti che potranno capire la complessità del fenomeno e cosa vuol dire fare delle approssimazioni.	

Geologia:

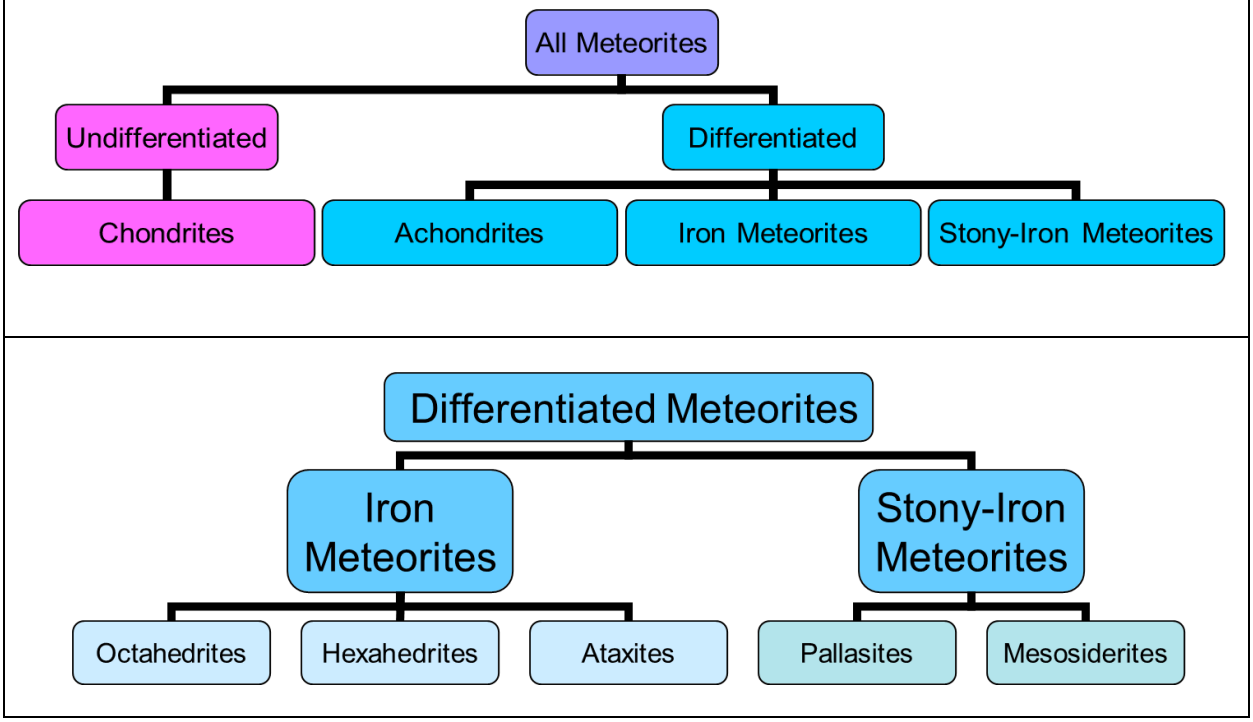
- Identificazione della composizione dell'asteroide

In questo problema gli studenti dovranno identificare la composizione dell'oggetto celeste, identificando se è:

1. Un asteroide roccioso
2. Un asteroide ferroso
3. Un' acondrite

L'identificazione avverrà tramite la densità dell'oggetto. Inoltre data la lista degli elementi gli studenti dovranno capire il tipo di meteorite.

Oggetti da impatto: classificazione delle meteoriti



- *Valutazione del terreno e effetti sismici*

  Determinare le dimensioni del cratere generato dall'impatto di un oggetto celeste sulla Terra è un'impresa molto complessa. Infatti, sono molti i parametri da tenere in considerazione:

  1. Le densità del proiettile e del bersaglio
  2. La velocità all'impatto
  3. L'angolo di impatto

Leggermente meno complicato è calcolare l'onda sismica associata all'evento. In particolare, dalla letteratura scientifica possiamo assumere la seguente equazione, che lega la magnitudine del terremoto all'energia cinetica dell'impatto:

$$= 0{,}67\ log_{10}E - 5{,}87$$

Dove E è l'energia cinetica espressa in Joule. Per calcolare la magnitudo M gli studenti dovranno chiedere aiuto ai fisici e farsi dire il valore dell'energia cinetica E.

→ Attività 5: Discussione finale

In questa attività gli studenti dovranno lavorare tutti insieme, mettere a fattor comune tutti i dati ricavati e prendere in considerazione il dato Xp, la distanza dal punto di impatto per capire le conseguenze dell'impatto del meteorite. Dovranno quindi considerare:

- L'energia rilasciata nell'impatto

- L’eventuale sisma associato all’evento
- I danni nella zona dell’impatto

Potranno a questo punto utilizzare il programma https://www.purdue.edu/impactearth, per confrontare i dati ottenuti con quelli forniti da un simulatore e discutere le conseguenze dell’impatto a seconda del luogo dove cadrà il NEO.

Per concludere l’intera attività gli studenti potranno, nei gruppi di lavoro, organizzare una conferenza stampa, invitando studenti e insegnanti di altri classi dove espongono il pericolo, gli effetti e la soluzione proposta.

È importante far notare agli studenti la concatenazione dei risultati, l’errore di un gruppo potrebbe propagarsi generando errori anche negli altri gruppi. Ricontrollare i risultati e confrontarsi continuamente è una delle chiavi di successo. A tal proposito può essere d’aiuto far conoscere agli studenti l’esistenza della *Concurrent Design Facility* di ESA, dove diverse figure professionali collaborano nello stesso momento per il disegno e lo sviluppo di missioni spaziali.

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2012/07/The_Concurrent_Design_Facility_CDF_-_An_Innovative_Teamworking_Method

Chi siamo

Lo **Spazio** rappresenta un contesto straordinario per le attività di **educazione scientifica e tecnologica** grazie al grande potere evocativo che esercita sull'immaginario collettivo, dei giovani in particolare. Il potenziale di ispirazione dello Spazio fornisce una chiave di lettura distintiva del progetto **ESERO**, nato per sostenere innovazione nell'insegnamento, stimolare nei giovani un interesse genuino per la scienza e la tecnologia, coinvolgerli in un processo di apprendimento attivo e ispirato, e accompagnarli nello sviluppo del pensiero critico ed autonomo come valore sociale.

ESERO Italia è un programma congiunto dell'**Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e** dell'**Agenzia Spaziale Europea (ESA)**, con il sostegno di un'ampia gamma di organizzazioni nazionali attive nel campo dell'educazione e del settore spaziale.

L'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) promuove l'**educazione, l'alta formazione** e la **diffusione della cultura** spaziale dedicate alle nuove generazioni, che saranno gli attori dello Spazio del futuro. L'ASI realizza progetti educativi legati alle attività istituzionali dell'Agenzia per attrarre verso le discipline scientifiche, ingegneristiche e tecnologiche i talenti e le risorse di capitale umano qualificato da cui primariamente dipende, nell'economia della conoscenza globale, la capacita competitiva di un Paese avanzato. www.asi.it

L'Agenzia spaziale Europea (ESA) annovera tra i suoi obiettivi il supporto all'**educazione tecnico-scientifica** delle nuove generazioni. Le attività educative dell'ESA sono mirate allo sviluppo di conoscenze, competenze e attitudini nel campo STEM. Il fine è attirare i giovani alle carriere tecnico-scientifiche sostenendoli nel percorso, ma anche contribuire allo sviluppo di una cittadinanza informata e responsabile, e a promuovere la rilevanza dello Spazio, e dei servizi che ne derivano, per la società e cultura contemporanee. www.esa.int

L 'ANISN – Associazione Nazionale Insegnanti Scienze Naturali, articolata al suo interno in **26 sezioni** e **14 Centri IBSE**, è un'associazione non profit con personalità giuridica, che, come **ente qualificato per la formazione dal Ministero dell'Istruzione,** opera per migliorare la professionalità docente, la qualità dell'educazione e la cultura scientifica, elementi indispensabili per la cittadinanza attiva e il rinnovamento del mondo contemporaneo. www.anisn.it

→ Appendice 1: Carte gioco

PLANETARY DEFENSE TASK FORCE



FISICO

FASE 1

La tua missione: devi calcolare la massa dell'asteroide.

I dati a tua disposizione sono:

DIAMETRO = 100 m

Devi chiedere aiuto per conoscere la densità dell'asteroide.

Ricorda come sono legate massa, densità e volume. Assumi che il corpo celeste sia sferico.

PLANETARY DEFENSE TASK FORCE



FISICO

FASE 2

La tua missione: devi calcolare la potenza dell'impatto che puoi assimilare all'energia cinetica.

Usa i dati ottenuti nella fase precedente.

Ti manca ancora un dato. Conosci la velocità iniziale ma non quella finale. Chiedi aiuto.

VELOCITA' INIZIALE = 10 km/s

PLANETARY DEFENSE TASK FORCE



MATEMATICO

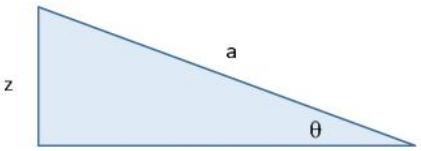
FASE 1

La tua missione: devi calcolare l'angolo di impatto.

I dati a tua disposizione sono:

Altezza al suolo z = 10 km

Lunghezza della traiettoria in atmosfera a = 35 km



PLANETARY DEFENSE TASK FORCE



MATEMATICO

FASE 2

La tua missione: devi calcolare la velocità al suolo dell'oggetto.

Usa i dati ottenuti nella fase precedente e chiedi aiuto per i dati mancanti.

DENSITA' DELL'ARIA

$\rho = 1{,}225\ kg/m^3$

COEFFICIENTE DI RESISTENZA DELL'ARIA $C_d = 2$

FASE 1

La tua missione: devi capire la tipologia dell'oggetto.

I dati a tua disposizione sono:

DENSITA' MEDIA= 3000 Kg/m^3

Consulta la tabella a tua disposizione e l'approfondimento sulla classificazione dei meteoriti.

PLANETARY DEFENSE TASK FORCE



GEOLOGO

PLANETARY DEFENSE TASK FORCE



GEOLOGO

FASE 2

La tua missione: devi calcolare la magnitudine del terremoto generato dall'impatto.

Ti manca un dato. Devi capire quanto vale l'energia cinetica. Chiedi aiuto.

→ Appendice 2: Scheda di approfondimento su scenario di simulazione della conferenza bi-annuale *Planetary Defense Conference*

Scenario 2019

Un asteroide è stato scoperto il 26 marzo 2019 alla magnitudine 21.1 e confermato il giorno seguente. Gli viene assegnata la designazione "*2019PDC*" dal *Minor Planet Center*.

I calcoli iniziali indicano che l'orbita del *2019PDC* si avvicina a quella terrestre, entro una distanza di 0,05 au. L'unità "au" sta per "unità astronomica", che è la distanza media della Terra dal Sole, 149.597.870.7 km. Questo lo qualifica come un asteroide potenzialmente pericoloso (PHA).

L'orbita dell'asteroide è eccentrica, si estende da una distanza di 0.89 au dal Sole nel punto più vicino a 2.94 au nel punto più lontano, nel mezzo della fascia principale degli asteroidi. Il suo periodo orbitale è di 971 giorni (2,66 anni), e il suo piano orbitale è inclinato di 18 gradi rispetto al piano orbitale della Terra.

Il giorno successivo alla scoperta di *2019PDC*, il sistema di monitoraggio dell'impatto *Sentry* di JPL, così come il sistema CLOMON dell'ESA, identificano diverse date future in cui questo asteroide potrebbe potenzialmente avere un impatto sulla Terra. Entrambi i sistemi concordano sul fatto che l'impatto potenziale più probabile si verifichi il 29 aprile 2027 - oltre otto anni di distanza - ma la probabilità di tale impatto è molto bassa, circa 1 possibilità su 50.000. Con solo due giorni di tracciamento di questo oggetto, non è possibile effettuare alcuna dichiarazione definitiva.

Quando viene rilevato per la prima volta, l'asteroide si trova a circa 0,38 au (57 milioni di) dalla Terra, avvicinandosi al nostro pianeta a circa 14 km / s (8,5 miglia / 31.000 mph), e lentamente diventa più luminoso. Il 2019PDC viene osservato estensivamente per alcune settimane dopo la scoperta e, man mano che il set di dati osservativo cresce, aumenta la probabilità di impatto prevista per il 2027.

Tre settimane dopo la scoperta, quando le osservazioni si fermano durante la luna piena, la probabilità di impatto è salita a circa lo 0,4%, o circa 1 possibilità su 250. L'asteroide continua a schiarirsi mentre si avvicina, ma raggiunge un picco di luminosità di soli 20.3 a fine aprile.

Si sa molto poco sulle proprietà fisiche dell'asteroide. Sulla base della magnitudine visiva apparente, la sua magnitudine assoluta (intrinseca) è stimata intorno a H = 21,7 +/- 0,4. Dal momento che la sua albedo (riflettività) è sconosciuta, tuttavia, la dimensione media dell'asteroide potrebbe variare da circa 100 metri a oltre 300 metri di diametro.

2019PDC si avvicina alla Terra per oltre un mese dopo la scoperta e raggiunge il punto più vicino di circa 0,13 au il 13 maggio. Sfortunatamente, l'asteroide è troppo lontano per essere rilevato dal radar e non è previsto che passi vicino alla Terra, fino al 2027.

Gli astronomi continuano a seguire l'asteroide quasi ogni notte e la probabilità di impatto per

il 2027 continua a salire. A partire dal 29 aprile 2019, il primo giorno della Conferenza sulla Difesa Planetaria 2019, la probabilità di impatto è salita a circa l'1%.

Per approfondire: http://pdc.iaaweb.org/

→ Appendice 2: Schede approfondimento

I meteoriti sono corpi solidi di materiale extraterrestre che penetrano l'atmosfera e raggiungono la superficie terrestre.

- La maggior parte dei meteoriti sono frammenti di asteroidi, alcuni sono frammenti della superficie di Marte e della Luna.
- Vengono principalmente trovati in zone poco popolate come Antartide e deserti dell'Australia e del Nord Africa
- Attualmente se ne conoscono ~ 1.7×10^4
- Ci permettono di tracciare le prime fasi di formazione del Sistema Solare, la datazione, composizione chimica originale, materiale da cui si sono formati i pianeti, processi di formazione, processi di differenziazione chimica

Classificazione dei meteoriti
Vengono classificati sulla base della loro composizione chimica e struttura. La classificazione, complessa, comprende due categorie a loro volta suddivise in classi, gruppi, tipi petrologici, sotto-gruppi.
La principale suddivisione è tra condriti e non-condriti. Talvolta il principale tipo di suddivisione è tra petrosi ("stony") e ferrosi ("irons").

Condriti
Rappresentano il materiale più primitivo tra i meteoriti, sono composti da una matrice che contiene varie inclusioni, la matrice ha una grana molto fine, rappresenta il materiale meno processato. Le inclusioni sono di vario tipo: condrule, metallo FeNi, CAIs, aggregati di olivine

Strutture a forma di grano composte principalmente di silicati, prodotte da episodi brevi ma intensi di riscaldamento.

Condrite ordinaria	
Condrite carbonacea con inclusione CAI	

Figura 4

Non condriti

Rappresentano materiale già abbastanza processato, nonpresentano inclusioni. Le inclusioni probabilmente si sono metamorfosate, mostrano evidenze di fusione e/o differenziazione di materiale primitivo. Provengono da corpi già differenziati, frammenti di asteroidi in stadi avanzati, o finali, della loro formazione. Raramente, frammenti di Marte, di Luna

→ Appendice 3: Schede approfondimento

Diameter of impactor	Event Type	Effect	Energy (Megatons TNT)	Timescale (years)	Examples	Notes	Credits ESA/NEOCC
> 1 km	**Impact**	Global (climat change)	> 100000 MT	> 1.000.000	**Chicxulub**	Chicxulub is a 170km crater whose formation is thought to be responsible of the Cretaceous / Tertiary mass extinction (K/T boundary).	
150 m	**Impact**	Local (earthquakes, tsunamis)	100 MT	~10.000	**Iso Naakkima Zhamanshin**	Craters of the order of 10 km can be considered as limiting cases between local and global consequences .	
50 m	**Impact**	Local (earthquakes, storms)	1 MT	~1.000	**Tunguska Meteor Crater**	Outcome depends on the impactor composition and dynamics. Tunguska was a large airburst producing no crater, the Meteor Crater was formed by a metallic impactor.	
10 m	**Impact / Superbolide**	Local (craters, blast waves)	> 1 MT	~10	**Kamil Carancas Chelyabinsk**	Carancas was a slow high altitude event producing a 12 m crater; Kamil crater (40 m) was originated by a 1 m iron impactor. In the Chelyabinsk event, the meteoroid exploded before reaching the ground.	
1 m	**Bolide**	Local (local flash, meteorites)	10 kT	~1	**Revelstoke 2008 TC3**	The Revelstoke fireball led to the recovery of meteorite grains; 2008 TC3 was the first meteorite fall observed prior to atmospheric entry.	
1 cm <	**Meteor**	upper atmosphere / near-Earth environment (shooting stars, spacecraft damages)	negligible	hourly rates	**Perseids, Leonids, Geminids etc.**	Sporadic meteors and meteor showers (shooting stars) can be of cometary or asteroid origin. Since these bodies completely burn in the upper atmosphere, dameges are limited to orbiting infrastructures.	