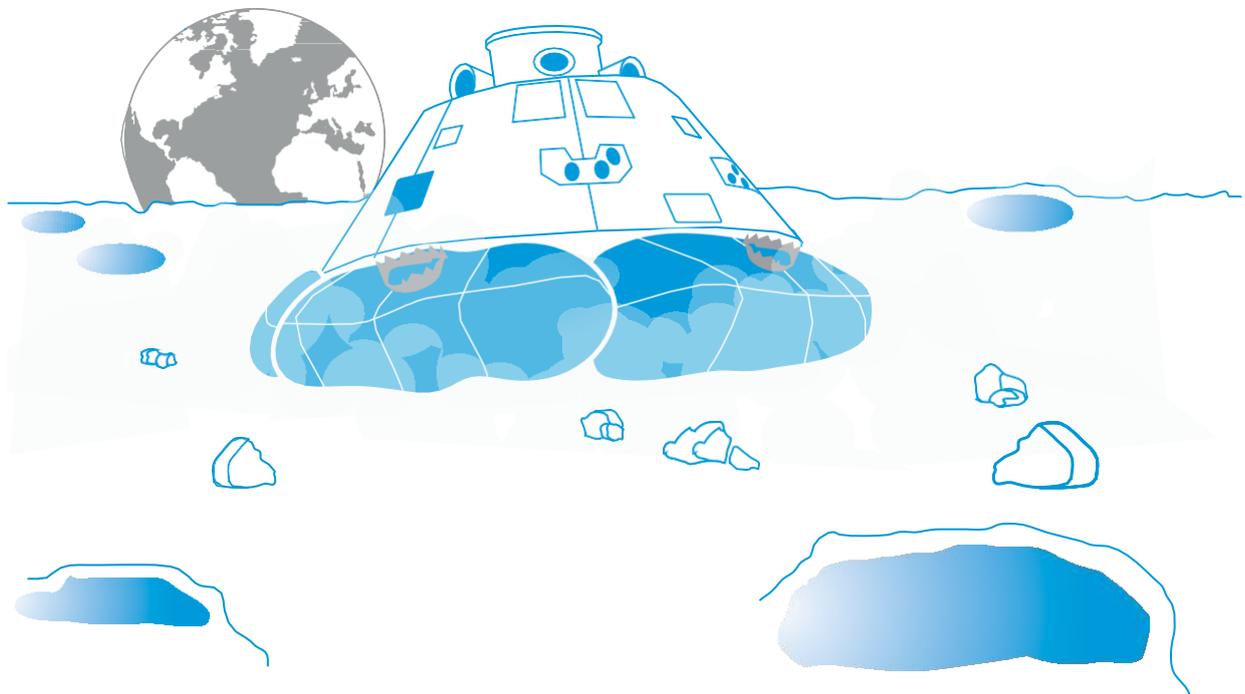


TEACH WITH SPACE

Insegniamo con lo Spazio - scuola secondaria

→ ATTERRARE SULLA LUNA

Progettare e realizzare un modulo di atterraggio lunare



In breve	Pag. 3
Sommario delle attività	Pag. 4
Introduzione	Pag. 5
Attività 1: Progettare e costruire un lander lunare	Pag. 6
Attività 2: Testare il proprio lander lunare	Pag. 9
Attività 3: Atterrare sulla Luna	Pag. 12
Appendici	Pag. 12
Schede per gli studenti	Pag. 12
Per approfondire	Pag. 19
Chi siamo	Pag. 20
Allegato	Pag. 21

Risorsa originale — Landing on the Moon | P37 www.esa.int/education

Risorsa tradotta e adattata da ANISN – Associazione
Nazionale Insegnanti Scienze Naturali



Per maggiori informazioni contattare ESERO Italia: www.esero.it

Copyright © European Space Agency 2021

→ ATERRARE SULLA LUNA

Progettare e realizzare un lander lunare

Informazioni chiave

Discipline: Fisica, Matematica, Economia

Età alunni: 14-16 anni

Tipologia: attività per gli studenti

Complessità: media

Tempi di preparazione: 1 ora

Tempi richiesti: 2 ore e 30 minuti

Costo: basso (0 -10 Euro)

Luogo esperienza: in classe oppure all'aperto

Parole chiave: Fisica, Matematica, Economia, allunaggio, gravità, attrito, forza, accelerazione,, velocità, legge di Newton, previsioni di spesa, analisi del rischio

Breve descrizione

In questa serie di attività gli studenti pianificano, progettano e costruiscono un modulo che atterrando sulla Luna assicuri la sopravvivenza dell'equipaggio (nella forma di un astro-uovo). Indagheranno quali fattori vanno considerati in un atterraggio sulla Luna rispetto a quelli da considerare sulla Terra. Nella progettazione gli studenti dovranno considerare i fattori di rischio e pianificare la gestione delle risorse.

Obiettivi di apprendimento

- Identificare le forze coinvolte in un atterraggio sulla Luna e sulla Terra
- Capire la relazione fra massa e forza di gravità
- Risolvere un problema utilizzando la seconda legge del moto di Newton
- Progettare considerando la gestione del rischio e delle risorse economiche
- Lavorare in gruppo con vincoli di tempo e di risorse economiche

→ Sommario delle attività

	Titolo	Descrizione	Traguardi	Prerequisiti	Durata
1	Progettare e costruire un modulo lunare di atterraggio (lander)	Progettare e costruire un lander lunare. Effettuare uno studio di progetto e la valutazione dei rischi.	Imparare a progettare con un budget fissato e dei prerequisiti. Completare uno studio di progetto e di valutazione dei rischi. Costruire un lander lunare	Nessuno	60 minuti
2	Testare il proprio lander lunare	Test del lander lunare. Analisi dei risultati	Testare il lander e raccogliere dati. Calcolare l'accelerazione e la velocità durante l'atterraggio.	Completare Attività1	60 minuti
3	Atterrare sulla Luna	Confronto fra atterraggio sulla Luna e sulla Terra.	Imparare le differenze fra la Luna e la Terra. Calcolare l'accelerazione di gravità e la forza gravitazionale	Completare Attività 2	30 minuti

→ ATERRARE SULLA LUNA

Progettare e realizzare un lander lunare

→ Introduzione

Nel 1969, Apollo 11 divenne la prima missione ad arrivare sul suolo lunare con a bordo esseri umani. Dopo un viaggio di quattro giorni dalla Terra, il lander lunare, di nome Eagle, si staccò dal modulo di comando che orbitava intorno alla Luna e si posò sul Mare della Tranquillità, un'area relativamente liscia e pianeggiante. Il lander lunare era controllato manualmente per evitare massi e crateri. "Houston, qui Base della Tranquillità. L'Eagle è allunato". Queste parole aprirono una nuova era dell'esplorazione umana.

Apollo 12, la seconda missione umana ad allunare, fu un esercizio di allunaggio di precisione; gran parte della discesa era automatizzata e l'allunaggio di precisione ebbe una grande importanza poiché aumentò la possibilità di compiere allunaggi in sicurezza in precise aree di interesse.

La discesa verso la superficie lunare è una delle fasi più difficili e critiche di un allunaggio. L'astronave deve diminuire la propria velocità dai 6000 km/h dell'orbita lunare a pochi km/h per un allunaggio morbido. I siti di allunaggio candidati per l'esplorazione sono spesso problematici, con crateri, rocce e pendii e quindi di difficile accesso.

Solo 12 persone hanno camminato sulla superficie lunare e l'ultima volta è stato nel 1972. L'Agenzia Spaziale Europea, in collaborazione con vari partners, sta progettando di tornare sulla Luna nei prossimi decenni con missioni robotiche e umane.

In questa serie di attività gli studenti progetteranno un lander lunare e impareranno a conoscere alcune delle sfide che caratterizzano l'esplorazione spaziale.



↑ Rappresentazione artistica di un lander lunare

→ **Attività 1 – Progettare e costruire un lander lunare**

In questa attività, gli studenti progetteranno e costruiranno un modulo lunare di atterraggio (lander) usando materiali poveri. L'obiettivo è che il modulo faccia atterrare in sicurezza un astro-uovo sulla superficie lunare. Gli studenti dovranno considerare i fattori di rischio tipici di una missione di allunaggio con equipaggio umano ed eseguire uno studio di progetto e di valutazione dei rischi.

Materiali

- Carta
- Schede studenti stampate per ciascun gruppo
- Cannucce
- Marshmallows
- Palline di cotone
- Manici di lecca-lecca
- Busta di plastica
- Spago
- Nastro adesivo
- Forbici
- Palloncini
- Uova (1 per ogni gruppo)
- Bilance

Procedimento

Dividete la classe in gruppi da 3 o 4 studenti e distribuite a ciascun gruppo la scheda di lavoro. Spiegate la missione e i suoi prerequisiti agli studenti. Invitate ciascun gruppo a progettare per l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) un lander lunare con a bordo un equipaggio umano. I gruppi possono decidere di tenere segreto il loro progetto o scegliere di formare squadre con cui collaborare. Ciascun gruppo di lavoro dovrà comunque presentare il proprio progetto.

Prima che gli studenti comincino a lavorare, guidateli a considerare alcune delle questioni più importanti. Chiedete loro cosa sia importante considerare quando si atterra su un altro corpo celeste. Per esempio: la distanza dalla destinazione, la composizione o l'assenza di atmosfera, l'importanza di atterrare nel punto giusto, l'angolo di avvicinamento etc.

Fornite agli alunni la lista dei materiali e dei loro costi (Allegato 1). Per rendere la fase di pianificazione più efficiente, i materiali che saranno inseriti dopo la fase di progettazione iniziale dovranno costare il 10% in più. Ciascun gruppo ha un budget di 1 miliardo di euro. Questo budget dovrebbe coprire i costi di addestramento dell'astro-uovo (300 milioni di euro), del lancio (1 milione di euro al grammo) e dei materiali. L'elenco dei materiali e delle risorse finanziarie disponibili (budget) può essere ridefinito per aumentare o diminuire la complessità dell'attività. Anche tagli o aumenti di budget possono essere introdotti in qualsiasi momento.

Fase di progettazione

Prima di iniziare la costruzione, gli studenti dovrebbero effettuare uno studio di valutazione dei rischi, con il quale si stabiliscono sia la probabilità che un fattore di rischio si verifichi sia il suo impatto. I rischi possono presentarsi in qualunque fase, dalla pianificazione del progetto alla costruzione, al trasporto o all'addestramento dell'equipaggio. Gli studenti utilizzeranno il modello della scheda di lavoro in cui è proposta una matrice di valutazione del rischio e una lista di possibili rischi per la missione. L'uso di una tale matrice è una tipica modalità con cui viene affrontato lo studio di valutazione in molti campi professionali. Gli studenti dovrebbero compilare la matrice e ragionare insieme su eventuali rischi non presi in considerazione. Dovrebbero poi scegliere tre fra i rischi più critici e pensare a possibili strategie per attenuarli.

Gli studenti dovranno ragionare in gruppo per trovare soluzioni e cercare di progettare un lander il più sicuro possibile compatibilmente con le risorse economiche a disposizione. Dovranno disegnare un accurato bozzetto della loro idea e redigere un budget per il lander proposto, utilizzando il modello della scheda di lavoro. Spiegate che questo processo è simile alla progettazione di una vera missione spaziale; tutti i materiali e i sistemi devono essere pianificati, giustificati e rendicontati con estrema attenzione

Fase di costruzione

Ora fate costruire agli alunni il lander. Probabilmente si accorgeranno che alcune scelte che ritenevano attuabili non portano al risultato sperato. Per aumentare la difficoltà, aggiungete un sovrapprezzo del 10% sui materiali nel caso gli studenti vogliano apportare dei cambiamenti al progetto.

Gli studenti sceglieranno un nome per il loro modulo (e per l'astro-uovo). Alla fine, i gruppi dovranno pesare il proprio lander e il proprio astro-uovo per stimare il costo del lancio. Il costo totale deve essere inferiore a 1 miliardo di euro e dovrà comprendere l'addestramento dell'astro-uovo, il lancio e i materiali per costruire il lander.

Risultati

Riportiamo qui sotto un esempio di come compilare lo studio di valutazione del rischio. Il modo in cui gli studenti valutano ciascun fattore può variare e dipende da come percepiscono i vari aspetti della missione.

		Conseguenze				
		Non significative	Piccole	Moderate	Importanti	Catastrofiche
probabilità	Quasi certo		Il lander viene danneggiato durante il test	Non atterriamo nel punto previsto		
	probabile		Un'altra compagnia (gruppo) ha un progetto più efficiente e/o economico	Subiamo ritardi	Ci sono cambiamenti imprevisti nei requisiti	L'astro-uovo non sopravvive
	Possibile		Il lander viene danneggiato durante il trasporto	Il lander diventa molto pesante	Ci sono cambiamenti imprevisti nel budget	Il lander si danneggia durante l'atterraggio
	Improbabile				Alcuni materiali sono diventati troppo costosi	Cambiare continuamente il progetto rende il lander troppo costoso da costruire
	Raro				Alcuni materiali sono irrimediabili	

Rischio 1: L'astro-uovo non sopravvive.

Piano di attenuazione: Costruire il lander con piani di emergenza: non affidarsi a un unico meccanismo per rendere sicuro l'allunaggio. Testare la caduta da altezze via via crescenti prima del test di caduta finale. Testare inizialmente il lander senza l'astro-uovo.

Rischio 2: Cambiare continuamente il progetto rende il lander troppo costoso da costruire.

Piano di attenuazione: Progettare il lander senza esaurire il budget prima di procedere alla costruzione. Chiedere finanziamenti addizionali a enti diversi.

Rischio 3: Ci sono cambiamenti imprevisti nei requisiti.

Piano di attenuazione: Progetto adattabile e ridondanza. Non affidarsi a una singola tecnologia o meccanismo. Progettare il lander senza esaurire il budget prima di procedere alla costruzione.

Discussione

Questa attività dovrebbe creare consapevolezza riguardo l'importanza di individuare e comprendere i rischi, la probabilità del loro verificarsi e, soprattutto, le loro conseguenze. Gli studenti dovrebbero comprendere che è di fondamentale importanza che la progettazione ed il piano finanziario vadano di pari passo nella realizzazione di un progetto, e non solo in ambito spaziale.

Potete utilizzare questa attività per discutere in classe alcuni dei pericoli che si incontrano nell'esplorazione spaziale. Discutete su come valutare il rischio che un astronauta perda la vita confrontato con il costo del lander. In futuro, l'esplorazione spaziale dovrebbe essere portata avanti solo con robot?

Prima di iniziare l'Attività 2 (testare il lander), assicuratevi di avere una chiara definizione di cosa si intenda per "un astro-uovo sopravvissuto". Potete permettere all'uovo di riportare crepe? Cosa stabilisce che la missione è riuscita?

→ Attività 2 – Testare il proprio lander lunare

In questa attività, gli studenti verificheranno se il loro lander possa sopravvivere a una caduta verticale mantenendo in sicurezza l'astro-uovo. Descriveranno le condizioni di atterraggio e terranno traccia di altri fattori che possano influenzare il risultato. Come attività facoltativa, gli studenti potranno filmare la caduta e utilizzare uno strumento di analisi video per esaminarne l'accelerazione.

Materiali

- Scheda di lavoro stampata per ciascun gruppo
- Moduli di allunaggio costruiti in proprio comprendenti l'astro-uovo (da Attività 1)
- (facoltativo) Macchina fotografica/videocamera/telefono e cavalletto (vedere Appendice 3)
- (facoltativo) Software di video-analisi (vedere Appendice 3)
- (facoltativo) Computer o smartphone

Procedimento 1

Prima di iniziare il test, gli studenti dovrebbero riportare le condizioni di atterraggio (suolo impervio, condizioni atmosferiche etc) che è importante siano simili per ciascun lancio. Discutete con gli studenti la necessità di non cambiare più variabili contemporaneamente.

Costruite un sito di atterraggio sul terreno: potete segnare una croce con del nastro adesivo o disegnare un bersaglio a cerchi concentrici che indichino la distanza dal centro. Registrate i risultati di ciascun lancio (v. Tabella in Appendice 2). Facoltativamente, per i lanci riusciti, potete fare test da diverse altezze. I lander che sopravviveranno dovrebbero avere una struttura che attutisca l'impatto iniziale (come un cuscino) o meccanismi che dissipino l'energia dell'impatto.

Potete scegliere il lander lunare vincitore in base ai seguenti criteri:

- Altezza a cui il lander può resistere
- Distanza dall'obbiettivo di atterraggio
- Costo del lander
- Quanto il lander effettivamente costruito abbia rispettato il progetto e il budget iniziali
- Qualità generale del lavoro di squadra, progettazione e comunicazione nel gruppo.

Chiedete agli studenti di presentare il proprio progetto alla classe. Dovrebbero analizzare quanto il loro progetto abbia funzionato e cosa farebbero diversamente ora che ne conoscono la riuscita finale. Gli studenti dovrebbero discutere anche quali fattori esterni abbiano eventualmente influenzato il lancio, ad esempio condizioni meteo (forte vento, pioggia etc) o l'atterraggio su materiali diversi (asfalto, sabbia, erba etc).

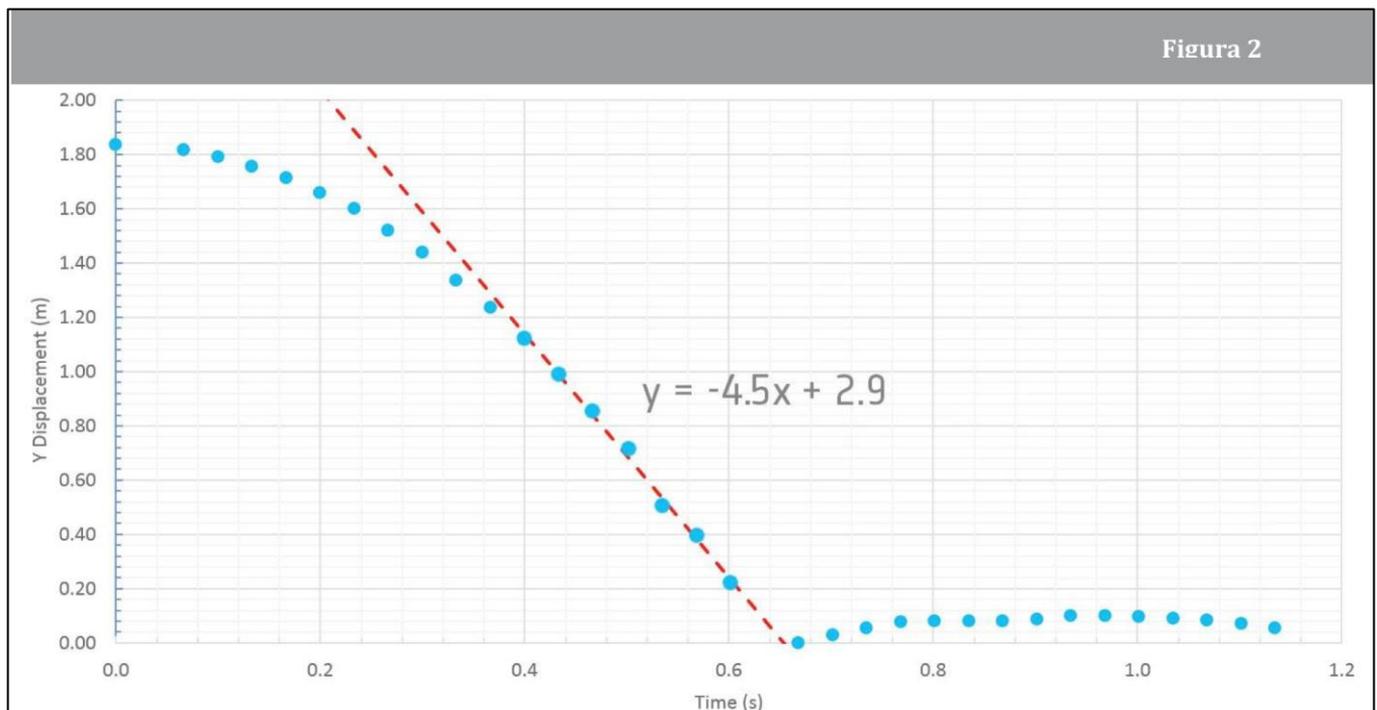
Procedimento 2

Per questa parte, avrete bisogno della posizione e della velocità in funzione del tempo. Per istruzioni dettagliate su come misurare queste variabili, vedere Appendice 3. In alternativa, potete utilizzare i dati forniti come esempio nella Tabella 1 dell'Appendice 3.

Gli studenti analizzeranno la velocità e l'accelerazione durante i lanci. Ogni studente avrà bisogno di una calcolatrice grafica o di un computer o smartphone con un programma tipo Excel.

1) Calcolare la velocità di impatto riportando su un grafico lo spostamento lungo la verticale (y) in funzione del tempo: per calcolare la velocità di impatto approssimata del lander, gli studenti possono iniziare riportando in un grafico la posizione del lander nella direzione y come funzione del tempo e poi effettuare una regressione lineare dei dati prima che il lander tocchi il terreno ossia considerando solo gli ultimi 5 o 10 punti prima dell'impatto. La pendenza di questa regressione lineare corrisponderà ad una stima della velocità di impatto. Se il lander non avrà raggiunto la velocità limite, al momento dell'impatto starà ancora accelerando e questo metodo sarà solo una approssimazione.

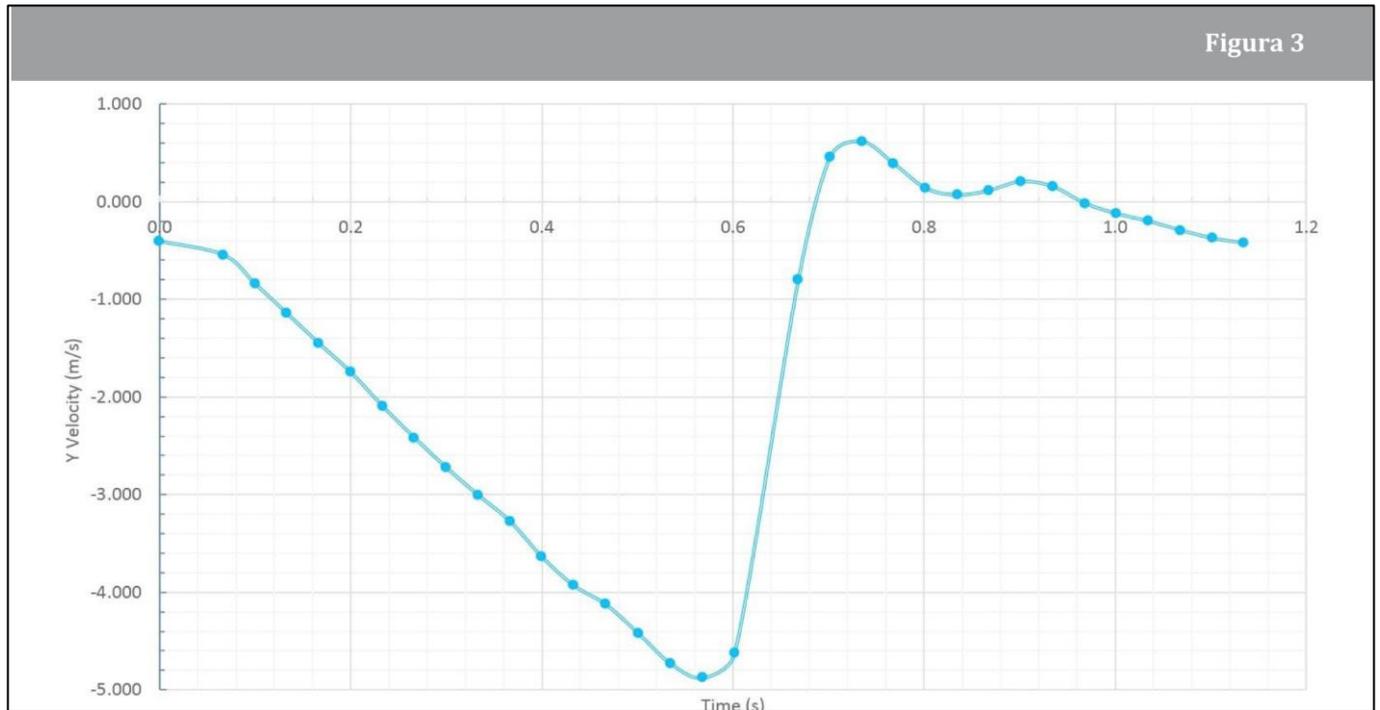
Nel grafico d'esempio (Figura 2) la velocità di impatto è circa 4.5 m/s.



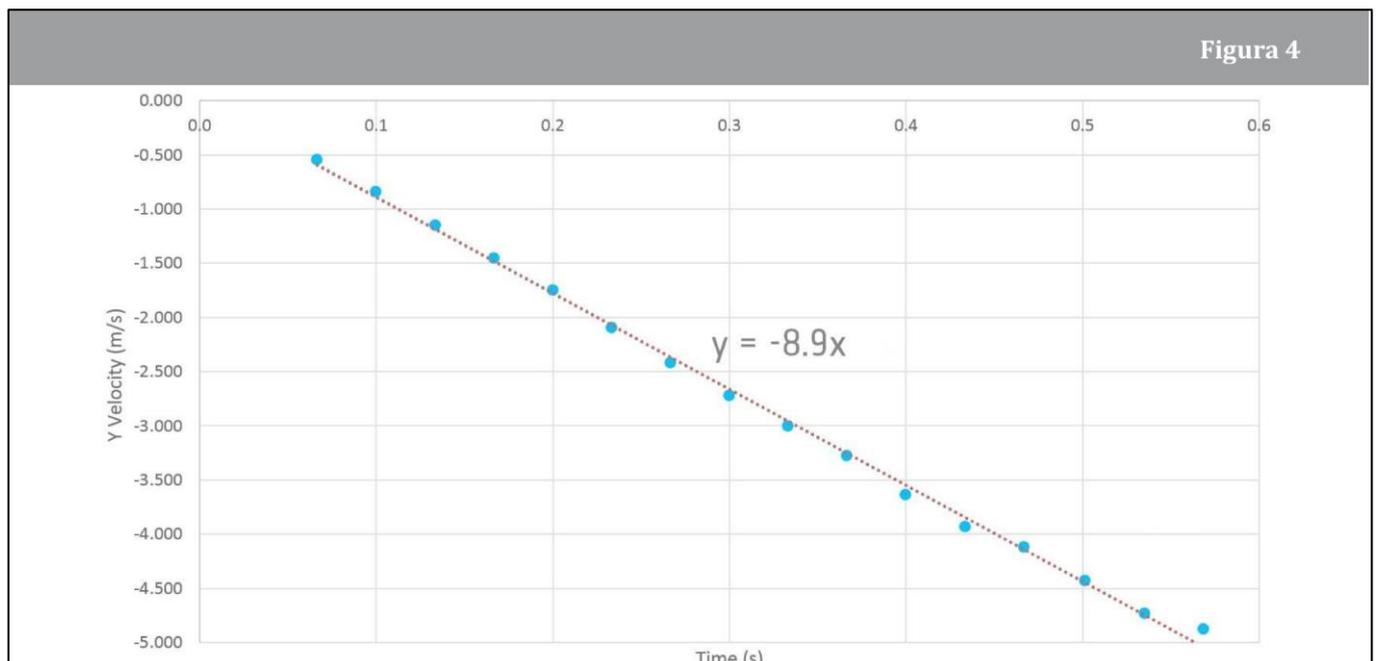
2) Ottenere la velocità di impatto riportando su un grafico la velocità lungo la verticale (y) in funzione del tempo:

un altro metodo per calcolare la velocità di impatto consiste nel riportare in un grafico la velocità lungo la direzione y in funzione del tempo. Il valore approssimato della velocità di impatto può essere facilmente individuato su questo grafico come il punto in cui la componente y della velocità cambia direzione. In Figura 3 possiamo osservare come il lander impatta al suolo con una velocità compresa fra 4.8 e 4.9 m/s, che è all'incirca la stessa velocità calcolata nel procedimento 1. La velocità del lander non dovrebbe diminuire finché esso non raggiunge il suolo (a meno che non si sia usato un qualche sistema come un paracadute, ma non è il caso di questo set di dati campione).

Le variazioni di velocità osservate nei punti vicini al punto d'impatto potrebbero essere dovute a incertezze nelle misure



3) Calcolare l'accelerazione riportando su un grafico la velocità lungo la verticale (y) in funzione del tempo:
 per calcolare l'accelerazione del lander, gli studenti possono effettuare con il grafico una regressione lineare della velocità (y) in funzione del tempo prima del punto di impatto. La pendenza della retta così ottenuta corrisponderà all'accelerazione del lander. Usando i dati dell'esempio di Figura 4, la componente y dell'accelerazione risulta pari a 8,9 m/s².



4) L'effetto dell'attrito sull'accelerazione:

A causa della presenza dell'atmosfera, la forza di attrito dell'aria provocherà una decelerazione del lander. La forza di attrito dipende dal quadrato della velocità. Se il lander viene rilasciato da una quota elevata, gli studenti dovrebbero essere in grado di osservare il raggiungimento della velocità limite (velocità costante) quando la forza d'attrito eguaglia la forza peso.

→ Attività 3 – Atterrare sulla Luna

In questa attività, gli studenti confronteranno l'atterraggio sulla Terra con quello sulla Luna, studieranno i diversi fattori che influenzano l'atterraggio nei due casi e i diagrammi delle forze. Inoltre gli studenti potranno fare una revisione del loro progetto di lander in base a ciò che hanno imparato durante il test.

Procedimento

Come introduzione all'Attività 3, discutete le differenze fra la Luna e la Terra. Quali fattori influenzeranno la riuscita dell'atterraggio nel caso della Terra e nel caso della Luna? Guidate gli studenti a discutere su fattori come la posizione, il tipo di sito di atterraggio e l'angolo di discesa.

- 1) Chiedete agli studenti di elencare tre fattori che possono influenzare l'atterraggio nei due casi. Ad esempio:

Atterrare sulla Terra	Atterare sulla Luna
1. Atmosfera	1. Sito di atterraggio
2. Sito di atterraggio	2. Posizione sulla superficie lunare
3. Velocità di rientro	3. Velocità di atterraggio
4. Angolo di rientro	4. Angolo di avvicinamento
5. Condizioni meteo	5. Variazioni di temperatura

Discutete alcune delle implicazioni che le differenze indicate portano, ad esempio la presenza dell'atmosfera. Come viene influenzato l'atterraggio sulla Luna dall'assenza di atmosfera? Un paracadute non funzionerebbe sulla Luna – forse sarà necessario un motore al suo posto o forse un airbag. Scudi termici sono necessari quando si rientra sulla Terra a causa dell'attrito con l'atmosfera, ma non sarebbero necessari sulla Luna. Tuttavia, le variazioni di temperatura sulla Luna sono molto più accentuate che sulla Terra, quindi il lander dovrebbe subire un acclimatemento.

- 2) Per rispondere alla seconda domanda, gli studenti dovrebbero utilizzare l'equazione dell'accelerazione di gravità:

$$g = G \frac{m}{r^2}$$

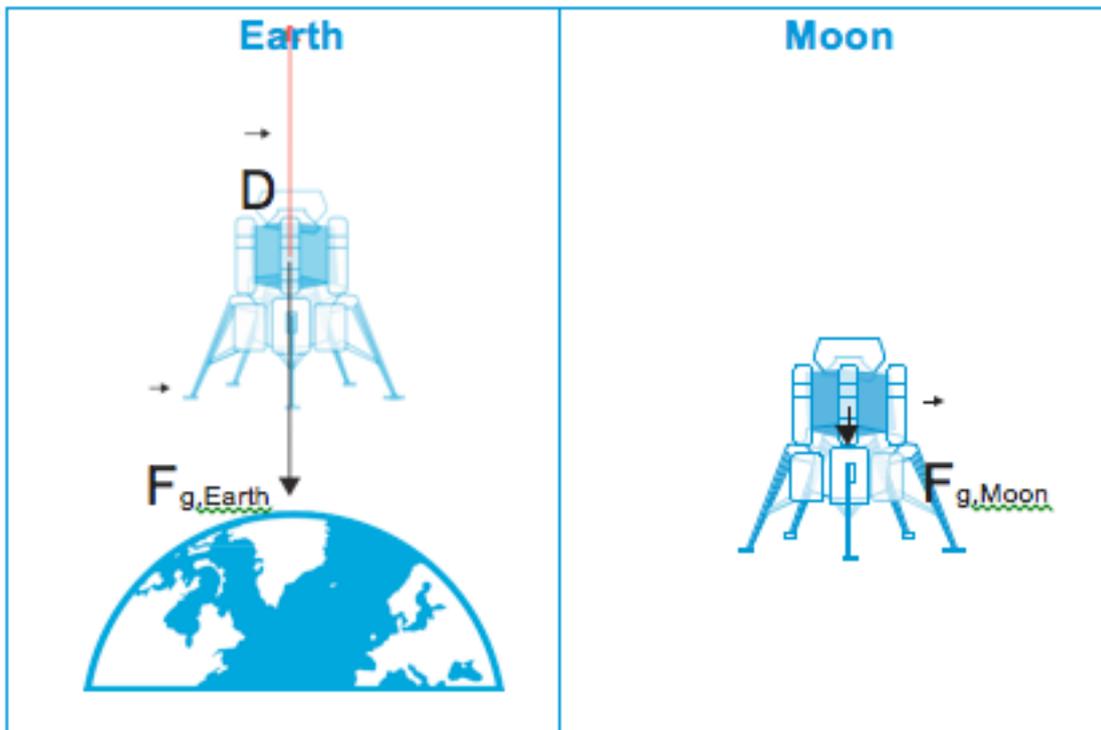
dove G è la costante di gravitazione universale, m è la massa del pianeta (o della luna) e r è il raggio del pianeta (o della luna), e la seconda legge del moto di Newton:

$$F = m \cdot a$$

dove F è la risultante delle forze agenti su un corpo, m è la massa del corpo e a è l'accelerazione.

TERRA	LUNA
$g_{Terra} = \frac{5.97 * 10^{24} \text{ kg} * 6.67408 * 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(6\,371\,000 \text{ m})^2}$ $g_{Terra} = 9.81 \text{ ms}^{-2}$	$g_{Luna} = \frac{7.35 * 10^{22} \text{ kg} * 6.67408 * 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(1\,737\,000 \text{ m})^2}$ $g_{Luna} = 1.62 \text{ ms}^{-2}$
<p>Assumendo che la massa del lander sia 250 g:</p> $F_{g,Terra} = 9.81 \text{ ms}^{-2} * 0.25 \text{ kg}$ $F_{g,Terra} = 2.45 \text{ N}$	$F_{g,Luna} = 1.62 \text{ ms}^{-2} * 0.25 \text{ kg}$ $F_{g,Luna} = 0.41 \text{ N}$

Chiedete agli studenti di disegnare il diagramma delle forze agenti sul lander, nel caso sia sulla Terra o che sia sulla Luna. Potreste cominciare facendo notare che l'accelerazione gravitazionale sulla Luna è 6 volte minore che sulla Terra o potete lasciare che gli studenti riflettano sul risultato dei loro calcoli



La Luna è circondata dal vuoto, quindi l'unica forza agente sul lander è la forza gravitazionale ($F_{g,Luna}$) o forza peso. Il vettore forza peso del lander sarà 6 volte più piccolo sulla Luna che sulla Terra, come calcolato in precedenza.

La Terra è circondata da un'atmosfera, quindi dobbiamo considerare l'attrito aerodinamico. La forza di attrito (D) dipende dal quadrato della velocità del lander. Man mano che la velocità aumenta, anche la forza di attrito aumenta finché non bilancia la forza peso. Quando questo avviene, la risultante delle forze agenti sul lander è nulla ed esso continuerà a cadere con velocità costante (velocità limite).

- 3) Con le analisi effettuate, ora gli studenti dovrebbero essere consapevoli delle differenze principali fra un lander terrestre e uno lunare. Discutete con i gruppi se sia opportuno utilizzare un paracadute. Discutete anche i vantaggi e gli svantaggi nell'utilizzare un motore per atterrare o un airbag per ammorbidire l'impatto.

Chiedete agli studenti se progetterebbero diversamente il loro lander se non dovessero preoccuparsi della sopravvivenza dell'astro-uovo. Mettete tutto ciò in relazione alla reale esplorazione spaziale e alle differenze fra una missione con o senza esseri umani a bordo

→ Conclusioni

Gli studenti dovrebbero comprendere che far allunare un lander è un risultato complesso, che coinvolge molte considerazioni e test prima della missione vera e propria.

Dovrebbero comprendere che capacità come quelle di saper sviluppare un progetto a budget fissato, valutare i rischi, progettare, testare e lavorare in gruppo, sono cruciali per qualunque missione spaziale. Le considerazioni che devono essere fatte e i rischi insiti in missioni con esseri umani sono molto più alti che per le missioni robotiche.

Gli studenti dovrebbero anche comprendere che i test svolti sulla Terra non possono replicare completamente l'ambiente e le condizioni di atterraggio sulla Luna, quindi i test sperimentali devono essere supportati dalla teoria per comprendere a pieno le differenze fra la Terra e la Luna.

→ ATERRARE SULLA LUNA

Progettare e realizzare un lander lunare

→ Attività 1 – Progettare e costruire un lander lunare

L'Agenzia Spaziale Europea (ESA) vi ha chiesto di disegnare un modulo di atterraggio lunare (lander) che possa portare senza rischi un astro-uovo sulla Luna.

Procedimento

Come nel mondo reale, siete in competizione con le altre organizzazioni (gli altri gruppi della classe) per aggiudicarvi un contratto con l'ESA.

La vostra missione è:

- costruire un lander che porti sano e salvo un astro-uovo sulla luna!

I requisiti sono :

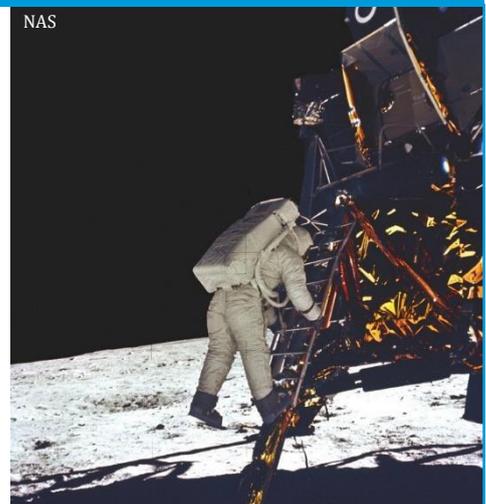
- Il lander deve superare un test di caduta sulla Terra e l'astro-uovo deve sopravvivere all'atterraggio.
- Potete utilizzare solo i materiali a disposizione.
- Il lander deve rispettare un budget massimo (1 miliardo di euro).
- Il lander deve atterrare con precisione su un sito di atterraggio.
- Dovete presentare un'analisi del rischio e uno studio di progetto.
- Dovete completare la progettazione e costruire il lander nel tempo assegnato: 1 ora.

Costi obbligatori: addestramento astro-uovo 300 milioni, costo del lancio milione per grammo. Un astro-uovo pesa circa 50 grammi!

Lo sapevate?

Il costo totale della missione Apollo che ha portato l'uomo sulla Luna è stato di 24,5 miliardi di dollari, che equivale a più di 200 miliardi attuali considerata l'inflazione. Nel 2018, il budget totale dell'ESA era di 5,6 miliardi di euro. Oggi, le agenzie spaziali e le industrie lavorano insieme per sviluppare un programma di esplorazione lunare più sostenibile. Ancora oggi vengono utilizzate parte delle infrastrutture create negli anni 60: camere di test, pedane di lancio, centri di controllo, stazioni di terra, conoscenza ingegneristica, tecnologia, materiali. Per questo motivo, oggi, il programma di esplorazione spaziale è più sostenibile.

Buzz Aldrin al lavoro presso il modulo di atterraggio Eagle sulla superficie lunare.



Piano di valutazione del rischio

Quando si progetta una missione ci sono due fattori principali da tenere in considerazione: rischio e costi. Nella vostra missione volete essere sicuri che il vostro astro-uovo atterri senza rischi, ma al contempo volete che il progetto abbia prezzi accessibili per aggiudicarvi il contratto con l'ESA.

Inserite i rischi, che vedete elencati a destra della matrice di valutazione del rischio, in base alla probabilità che si verifichino e alle conseguenze se dovessero verificarsi:

Atterraggio in un punto diverso da quello prestabilito

		Conseguenze					1) Cambiamenti inaspettati ai requisiti 2) L'astro-uovo non sopravvive 3) Cambiamenti inaspettati al budget 4) Alcuni materiali non sono più disponibili 5) Alcuni materiali diventano troppo costosi 6) Il lander ha una massa troppo elevata 7) Un'altra compagnia (gruppo nella classe) ha un progetto più efficiente ed economico 8) Cambiare il progetto più volte implica che il lander diventa troppo costoso da costruire 9) Ritardi nel progetto 10) Il lander si danneggia nella fase di test 11) Il lander si danneggia durante il trasporto 12) Il lander si danneggia nell'atterraggio
		Insignifican te	Minore	Moderato	Maggiori	Catastrofici	
Likelihood	Quasi certe						
	Probabili						
	Possibili						
	Improbabili						
	Rare						

Selezionare tre fra i rischi maggiori e scrivere come limitarli:

1) Rischio #: _____ Piano alternativo: _____

2) Rischio #: _____ Piano alternativo: _____

3) Rischio #: _____ Piano alternativo: _____

Studio di progetto

Nome del modulo lunare _____

Nome dell'astro-uovo _____

Controllate la lista dei materiali disponibili e il loro costo. Fate un disegno accurato di come deve essere il vostro lander. Discutete di come le differenti parti e i differenti materiali agiscono per proteggere l'astro-uovo. Fate un piano finanziario per il vostro lander, basato sul costo dei materiali e non dimenticate di includere il costo del lancio e l'addestramento dell'astro-uovo.

Materiale	Prezzo Unitario	Quantità	Prezzo

Costo del lander	
Massa totale (astro-uovo + lander)	
Prezzo del lancio	
Prezzo dell'addestramento dell' astro-uovo	
Prezzo totale (lander + lancio + addestramento)	

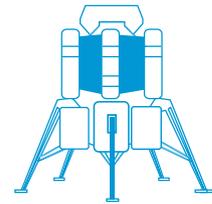
→ Attività 2 – Testare il proprio lander luanre.

Procedimento 1

1. Prima del lancio, prendete nota delle condizioni di volo (vento, pioggia, tipologia del sito di atterraggio, etc.).

Assicurati che il tuo astro-uovo stia comodo. Prepararsi al test.

Pronti! Ai posti! Lanciare!!



2. L'astro-uovo è sopravvissuto alla caduta? **Si** _____ **No** _____
3. A che distanza dal bersaglio si è fermato il tuo lander ? _____ **cm**
4. Il tuo progetto ha funzionato? C'è qualcosa che faresti in modo differente ora?

5. Dopo aver assistito al lancio di ogni gruppo, avete notato caratteristiche ricorrenti nei progetti in quei lander in cui l'astro-uovo è sopravvissuto?

Procedimento 2

Per questo esercizio dovrete registrare lo spostamento del lander in funzione del tempo.

1. Calcolate la velocità di impatto del lander usando il grafico dello spostamento lungo la verticale (y) in funzione del tempo

2. Mettete in grafico la velocità lungo la direzione y in funzione del tempo. Dal grafico stimate la velocità di impatto. Corrisponde a quella calcolata sopra? Spiegate le differenze, se ce ne sono.

3. Usate il grafico della velocità lungo la direzione y in funzione del tempo per calcolare l'accelerazione del lander lungo la verticale.

4. L'accelerazione di gravità è di 9.8 m/s^2 . Spiegate perché non ritrovate questo valore.

→ Attività 3 – Atterrare sulla Luna

E' ora di prepararsi ad allunare. Avete testato il vostro lander sulla Terra, ma cosa succederà quando dovrà atterrare sulla Luna?

1. Ci sono molte differenze fra atterrare sulla Terra e sulla Luna, elenca almeno tre fattori che influenzano l'atterraggio in questi due differenti corpi celesti:

Atterrare sulla Terra	Atterrare sulla Luna
1. _____	1. _____
2. _____	2. _____
3. _____	3. _____

2. L'accelerazione gravitazionale (g) di un pianeta è data dalla formula:

$$g = G \frac{m}{r^2}$$

dove G è la costante di gravitazione universale, m è la massa del pianeta (o della luna) e r è il raggio del pianeta (o della luna). Usa i valori qui di seguito per rispondere alle domande

G	:	6.6740 × 10 ⁻¹¹ m ³ kg ⁻¹
		8
rLuna	=	1737 km
mLuna	=	7.35 × 10 ²² kg
rTerra	=	6371 km
mTerra	=	5.97 × 10 ²⁴ kg

a) Calcolate l'accelerazione gravitazionale della Terra e della Luna.

$$g_{Terra} =$$

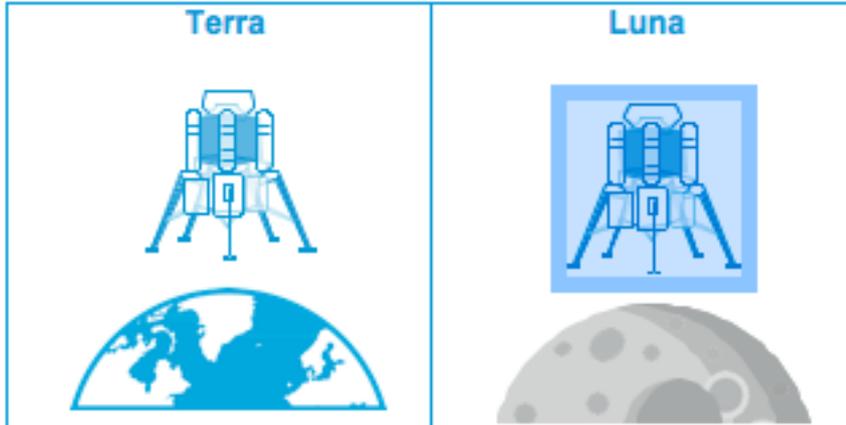
$$g_{Luna} =$$

b) usando la seconda legge del moto di Newton $F = m \times a$, calcolate la forza gravitazionale che agisce sul lander nel caso della Terra e della Luna.

$$F_{g, Terra} =$$

$$F_{g, Luna} =$$

2. a) Disegnate le forze agenti sul lander, sulla Terra e sulla Luna.



b) Spiegate il vostro diagramma di forze

3. Cosa potresti cambiare per rendere il tuo lander più adatto ad un atterraggio sulla Luna? Spiega.

→ SCHEDA STUDENTE

Per approfondire

Risorse ESA

Moon Camp Challenge
esa.int/Education/Moon_Camp

Animazione su come raggiungere la Luna.
esa.int/Education/Moon_Camp/Travelling_to_the_Moon

Risorse educative ESA:
esa.int/Education/Classroom_resources

Progetti Spaziali ESA

SMART – 1
<http://sci.esa.int/smart-1>

HERACLES
esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Exploration/Landing_on_the_Moon_and_returning_home_Heracles

Ulteriori Informazioni

ESA's Moon interactive guide <http://lunarexploration.esa.int/#/intro>

Come usare il programma Tracker (in inglese)

Tutorial 1 [youtube.com/watch?v=Jhl-_glsE6o](https://www.youtube.com/watch?v=Jhl-_glsE6o)

Tutorial 2 [youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y](https://www.youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y)

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 capacità 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

→ Allegato

→ Appendice 1

Attività 1 – Progettare e costruire un modulo di atterraggio lunare

Costi obbligatori:

Addestramento dell'astro-uovo	300 milioni €
Costo del lancio	1 milione € per grammo

Materiali:

1 foglio di carta A4	50 milioni €
1 cannuccia	100 milioni €
1 marshmallow	150 milioni €
1 lecca	100 milioni €
1 bastoncino di lecca	200 milioni €
1 busta di plastica	200 milioni €
1 m di spago	100 milioni €
1 m of nastro adesivo	200 milioni €
1 palloncino	200 milioni €

→ APPENDICE 3

Attività 2 – Testare il proprio modulo lunare

Questa parte dell'Esercizio 2 può essere fatta come dimostrazione o come continuazione delle attività di gruppo a seconda della disponibilità o meno di computer o smartphone nella classe.

Saranno usati programmi di analisi video del movimento per studiare la discesa e l'atterraggio. Ci sono diversi strumenti di questo tipo disponibili in rete – alcuni gratuiti, altri che richiedono una licenza. Sugeriamo i seguenti:

- “Tracker program”, scaricabile gratuitamente dall'indirizzo <http://physlets.org/tracker/> e particolarmente adatto se usato con un computer

- L'app “Video Physics” combinato con “Graphical” (entrambi disponibili sia per iOS che per Android) ideali per tablet o smartphone.

Potete eseguire l'esperimento e dare un singolo set di dati agli studenti, oppure loro stessi possono condurre individualmente le misure per I loro lander.

Preparazione

1. Fissate un'asta graduata come riferimento vicino al sito di atterraggio.
2. Posizionate la videocamera in modo che il sito di atterraggio e l'asta siano nella stessa inquadratura.
3. Mantenete la videocamera stabile durante la ripresa. Possibilmente usate un treppiede.
4. Quando fate cadere il lander, assicuratevi che sia alla stessa distanza dell'asta dalla videocamera
5. Tracciate il lander nel vostro programma marcando i punti manualmente.
6. Salvate i dati.

Figura A5

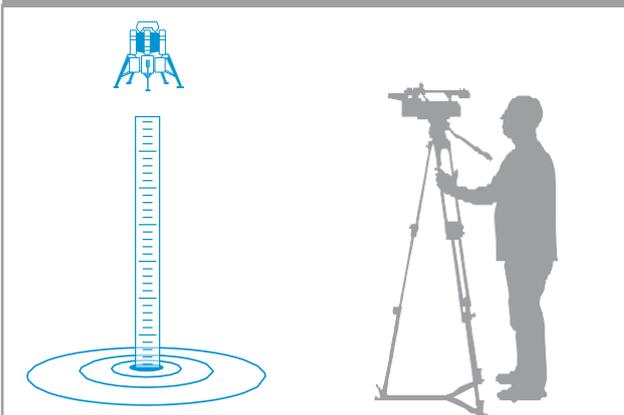


Figura A6



z Rappresentazione della preparazione.

Esempio di set di dati per il lancio.

Tempo (s)	Spostamento y (m)	Velocità y (m/s)
0.000	1.84	-0.406
0.067	1.82	-0.547
0.100	1.79	-0.843
0.133	1.76	-1.148
0.167	1.71	-1.453
0.200	1.66	-1.748
0.233	1.60	-2.096
0.267	1.52	-2.420
0.300	1.44	-2.725
0.333	1.34	-3.006
0.367	1.24	-3.274
0.400	1.12	-3.638
0.433	0.99	-3.931
0.467	0.86	-4.123
0.502	0.71	-4.428
0.535	0.51	-4.734
0.568	0.40	-4.877
0.602	0.22	-4.623
0.668	0.00	-0.798
0.702	0.03	0.457
0.735	0.06	0.614
0.768	0.08	0.386
0.802	0.08	0.135
0.835	0.08	0.066
0.868	0.08	0.115
0.902	0.09	0.207
0.935	0.10	0.151
0.968	0.10	-0.019
1.002	0.10	-0.125
1.035	0.09	-0.201
1.068	0.08	-0.294
1.102	0.07	-0.375
1.135	0.06	-0.426