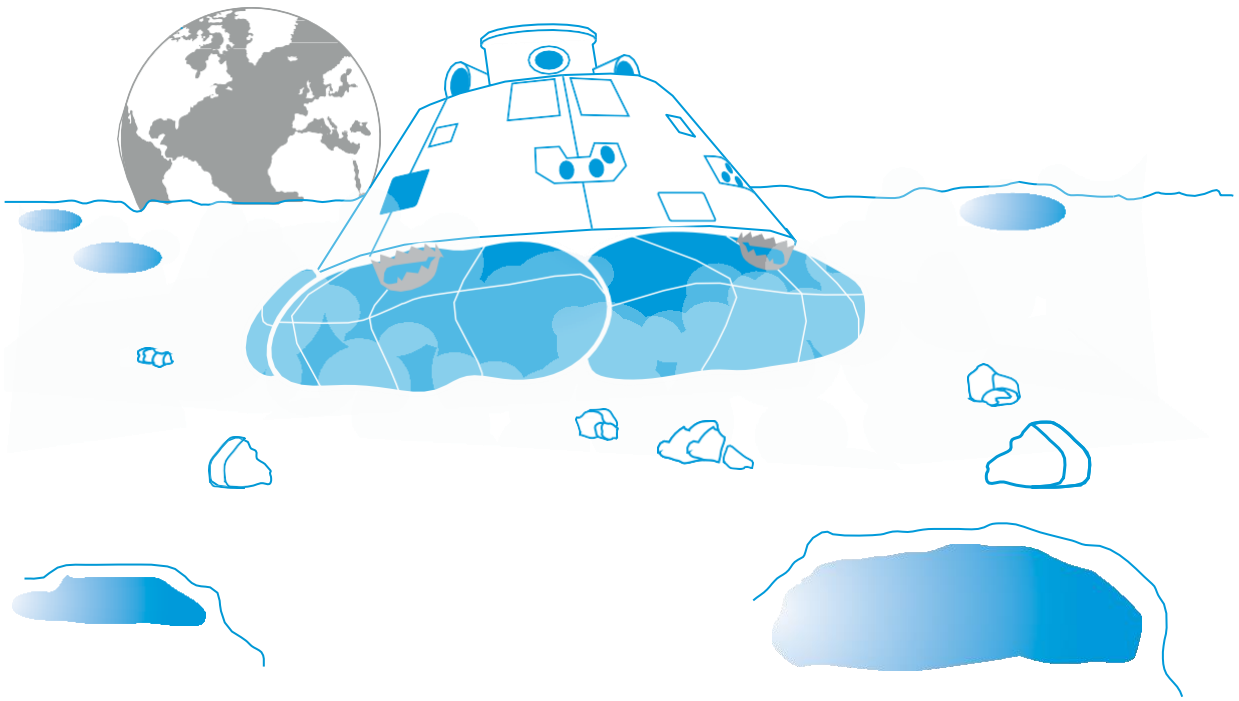
Fisica

# Insegnare con lo spazio

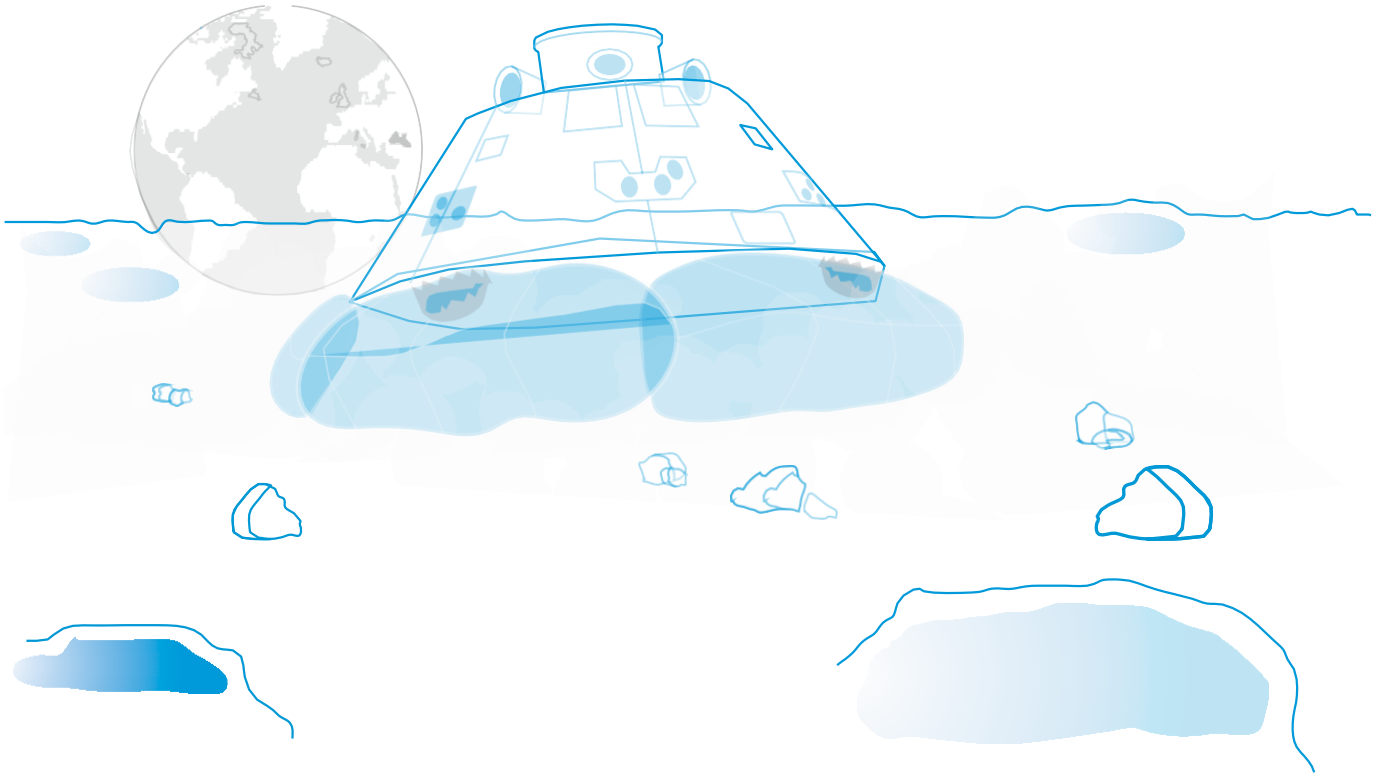
## → Atterrare sulla Luna

### Pianificare e realizzare un lander lunare



Guida per l’insegnante e lo studente

European Space Agency



Guida per l'insegnante


| | |
|---|---|
| Fast facts | Pag. 3 |
| Sommario | Pag. 4 |
| Introduzione | Pag. 5 |
| Attività 1: Disegnare il lander lunare | Pag. 6 |
| Attività 2: Testa il tuo modulo | Pag. 9 |
| Attività 3: Atterrare sulla Luna | Pag. 12 |
| Appendici | Pag. 15 |
| Worksheet per gli studenti | Pag. 19 |
| Link | Pag. 26 |



**Insegnare con lo spazio – atterrare sulla Luna**
www.esa.int/education

**The ESA Education Office welcomes feedback and comments**
teachers@esa.int

**An ESA Education production collaboration with ESERO Nordic**


Copyright 2018 © European Space Agency

# → Atterrare sulla Luna

## Progettare e costruire un lander Lunare

### In breve

**Materie:** Fisica, Matematica, Economia

**Età:** 14-16 anni

**Tipo:** attività per gli studenti

**Complessità:** media

**Tempo di preparazione per l'insegnante:** 1 ora

**Durata della lezione:** 2 ore e 30 minuti in totale

**Costo:** basso (0-10 euro)

**Luogo:** in classe e all'aperto

**Keywords:** Fisica, Matematica, Economia, Allunaggio, Gravità, attrito, Forza, Accelerazione, Velocità, Legge di Newton, Budgeting, Analisi del rischio

### Breve descrizione

In questa serie di attività gli studenti progetteranno, disegneranno e costruiranno un modulo di atterraggio che assicuri la sopravvivenza dell'equipaggio (nella forma di un astro-uovo) atterrando sulla Luna. Studieranno quali fattori vadano considerati atterrando sulla Luna invece che sulla Terra. Gli studenti dovranno considerare i fattori di rischio e la gestione di un budget nel loro progetto

### Obiettivi di apprendimento

- Identificare le forze coinvolte nell'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
- Disegnare un progetto considerando gestione del rischio e budget
- Lavorare in gruppo in condizioni di tempo e budget limitati

## → Sommario delle attività

| Sommario delle attività | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Titolo** | **Descrizione** | **Risultato** | **Requisiti** | **Tempo** |
| 1 | Disegnare e costruire un lander lunare | Disegnare e costruire un lander lunare. Effettuare uno studio di valutazione del rischio e del progetto | Imparare a disegnare un progetto con un budget limitato e prerequisiti. Completare uno studio di progetto e di valutazione del rischio. 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. | Completamento dell'attività 1 | 60 minuti |
| 3 | Atterrare sulla Luna | Confronto fra atterraggio e allunaggio | Imparare le differenze fra la Luna e la Terra. Calcolare l'accelerazione di gravità e la forza gravitazionale | Completamento dell'attività 2 | 30 minuti |

## → Introduzione

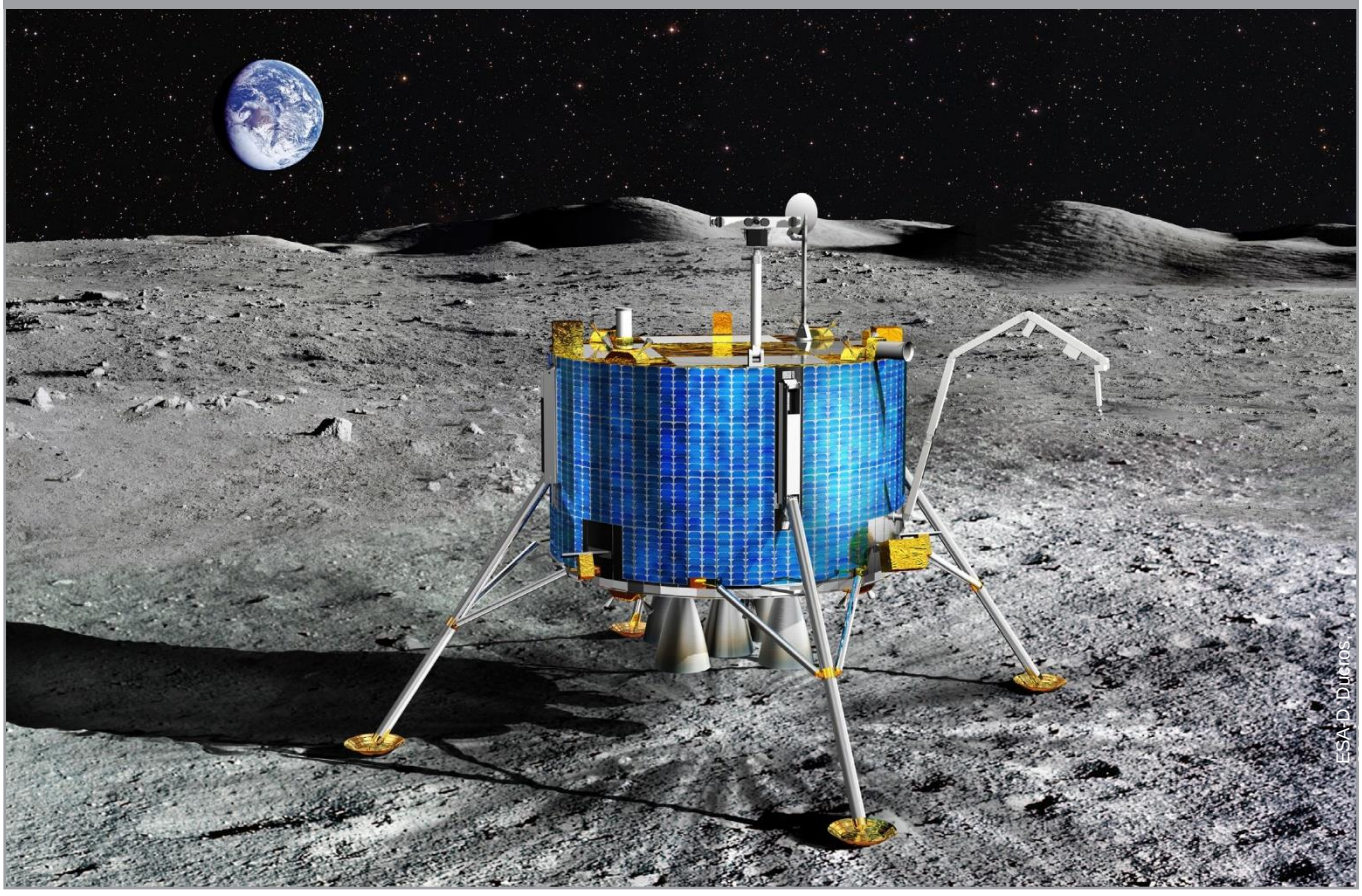
Nel 1969, Apollo 11 divenne la prima missione con a bordo esseri umani ad atterrare sulla Luna. Dopo un viaggio di quattro giorni dalla Terra, il lander lunare, di nome Eagle, si staccò dal modulo di comando che orbitava intorno alla Luna e si posò nel Mare della Tranquillità, un'area relativamente liscia e pianeggiante. Il lander lunare era controllato manualmente per evitare grossi 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, era un esercizio di allunaggio diprecisione; la maggior parte della discesa era automatizzata e l'allunaggio di precisione aveva una grande importanza poiché aumentava la sicurezza di allunare in precise aree di particolare 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 interessanti 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 con missioni robotiche e umane nei prossimi decenni.

In questa serie di attività gli studenti disegneranno un lander lunare e impareranno a conoscere alcune delle sfide dell'esplorazione spaziale.

**Figura 1: Impressione di artista di un alnder lunare**



## → Attività 1: disegnare e costruire un modulo lunare

**In questa attività, gli studenti disegneranno e costruiranno un lander lunare usando materiali poveri. L'obiettivo è di disegnare un lander che possa fare atterrare in sicurezza un astro-uovo sulla superficie lunare. Nella loro progettazione, gli studenti dovranno considerare i fattori di rischio tipici di una missione di allunaggio umano e sviluppare uno studio di valutazione del rischio e un progetto.**

## Materiali

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

## Esercizio

Dividete la classe in gruppi da 3 o 4 studenti. Distribuite a ciascun gruppo il foglio di lavoro. Spiegate la missione e i suoi prerequisiti agli studenti. Indirizzate ciascun gruppo a progettare un lander lunare con equipaggio umano per l'Agenzia Spaziale Europea (ESA). Possono tenere segreto il loro progetto agli altri gruppi o possono scegliere di formare squadre di collaborazione e aiutarsi a vicenda. Ciascun gruppo di lavoro dovrà comunque presentare il proprio progetto.

Prima che gli studenti comincino a lavorare, guidateli verso alcune delle questioni più importanti che dovranno considerare. Chiedete agli studenti cosa sia importante tenere in considerazione 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. Per promuovere una pianificazione efficace, i materiali acquistati dopo la fase di progettazione iniziale dovrebbero 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 del budget a disposizione può essere risistemata per rendere l'attività più o meno complessa. 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 del rischio, utilizzando il modello del foglio di lavoro. In gestione del rischio, si stabiliscono sia la probabilità che l'impatto di ciascun fattore di rischio. I rischi possono presentarsi in qualunque fase del progetto, dalla pianificazione del disegno fino alla costruzione, al trasporto o all'addestramento dell'equipaggio. Nel foglio di lavoro, gli studenti troveranno una matrice di valutazione dei rischi e una lista di possibili rischi per la missione. L'uso di una matrice di questo tipo è un modo tipico di analizzare e organizzare i vari tipi di rischi in molti campi professionali. Gli studenti dovrebbero elencare i rischi proposti nella matrice e ragionare insieme su eventuali rischi non considerati. Dovrebbero poi scegliere tre rischi fra i più critici e organizzare strategie per attenuarli.

Gli studenti dovrebbero ragionare in gruppo per trovare soluzioni e cercare di progettare il lander più sicuro compatibilmente con il budget. Dovrebbero disegnare un accurato schizzodella loro idea e preparare un budget per il modulo che propongono, utilizzando il modello di foglio 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 inseriti nel budget 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 dovrebbe 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 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Insignificante | Minore | Moderato | Importante | catastrofico |
| probabilità | Quasi certo | | Il lander viene danneggiato durante i 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 viene danneggiato 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 irreperibili | |

**Rischio 1:** L'astro-uovo non sopravvive

**Piano di attenuazione:** Costruire il lander con piani di emergenza: non affidarsi a un unico meccanismo per assicurare l'allunaggio. Testare la caduta da altezze 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 identificare e comprendere i rischi, la probabilità che si presentino e, in modo importante, le loro conseguenze. Gli studenti dovrebbero comprendere la fondamentale importanza della pianificazione e dell'aderenza a un dato budget nella realizzazione di un progetto, non solo spaziale.

Potete utilizzare questa attività per discutere alcuni dei pericoli che si incontrano nelle attività di esplorazione spaziale. In classe, discutete su come valutare il rischio di perdere la vita di un astronauta rispetto al costo del lander. In futuro, l'esplorazione spaziale dovrebbe essere portata avanti solo da robot?

Prima di iniziare l’attività 2 (testare il lander), assicuratevi di avere una chiara definizione di cosa si possa considerare “un astro-uovo sopravvissuto”. Potete permettere all’uovo di riportare crepe? Cosa definisce una missione riuscita?

# → Attività 2: Test del tuo modulo lunare

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

## Materiale

- Foglio di lavoro per ciascun gruppo
- Moduli di allunaggio costruiti in proprio comprendenti l'astro-uovo (da attività 1)
- (opzionale) Macchina fotografica/videocamera/telefono e treppiede (vedere appendice 3)
- (opzionale) Programma di analisi video (vedere appendice 3)
- (opzionale) Computer o smartphone

## Esercizio 1

Prima di iniziare il test, gli studenti dovrebbero scrivere le condizioni di atterraggio (durezza del suolo, condizioni atmosferiche etc). E' importante che ci siano condizioni simili per ciascun lancio. Discutete con gli studenti l'importanza di non cambiare più variabili contemporaneamente.

Costruite un sito di atterraggio al suolo. Potete segnare una croce con del nastro adesivo o disegnare un bersaglio a cerchi concentrici che indichino la distanza dal cntro. Registrate i risultati di ciascun lancio (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 per dissipare l'energia dell'impatto.

Potete scegliere il lander lunare vincitore in base ai seguenti criteri:
- Altezza che il lander può soportare
- Distanza dal sito 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).

## Esercizio 2

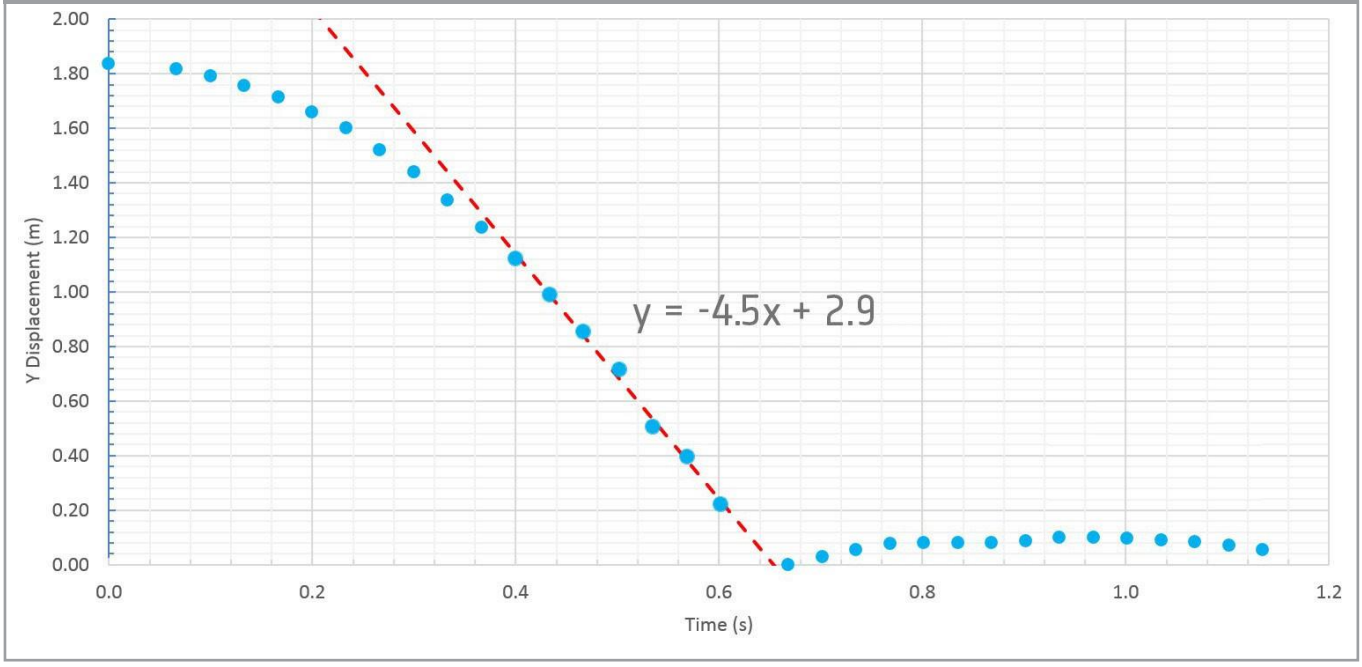
Per il secondo esercizio, avrete bisogno della posizione e della velocità in funzione del tempo. Per istruzioni dettagliate su come misurare queste variabili, vedere Appendice 3. In alternativa, potete utilizzare i dati forniti nella Tabella 1 dell'Appendice 3.

In questo esercizio, gli studenti analizzeranno la velocità e l'accelerazione durante i lanci. Come esempio, utilizzeremo i dati riportati nella Tabella 1 dell'Appendice 3. Ciascuno studente avrà bisogno di una calcolatrice grafica o di un computer o smartphone con un programma tipo Excel.

1) Calcolare la velocità di impatto su un grafico della posizione nella direzione y in funzione del tempo:
   Per calcolare la velocità di impatto approssimata del lander, gli studenti possono iniziare graficando la posizione del lander nella direzione y come funzione del tempo. Effettuare poi una regressione lineare dei dati prima che il lander tocchi il terreno (considerando solo gli ultimi 5 o 10 punti prima dell'impatto). La pendenza di questa regressione lineare corisponderà alla velocità di impatto stimata. 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.

Figure

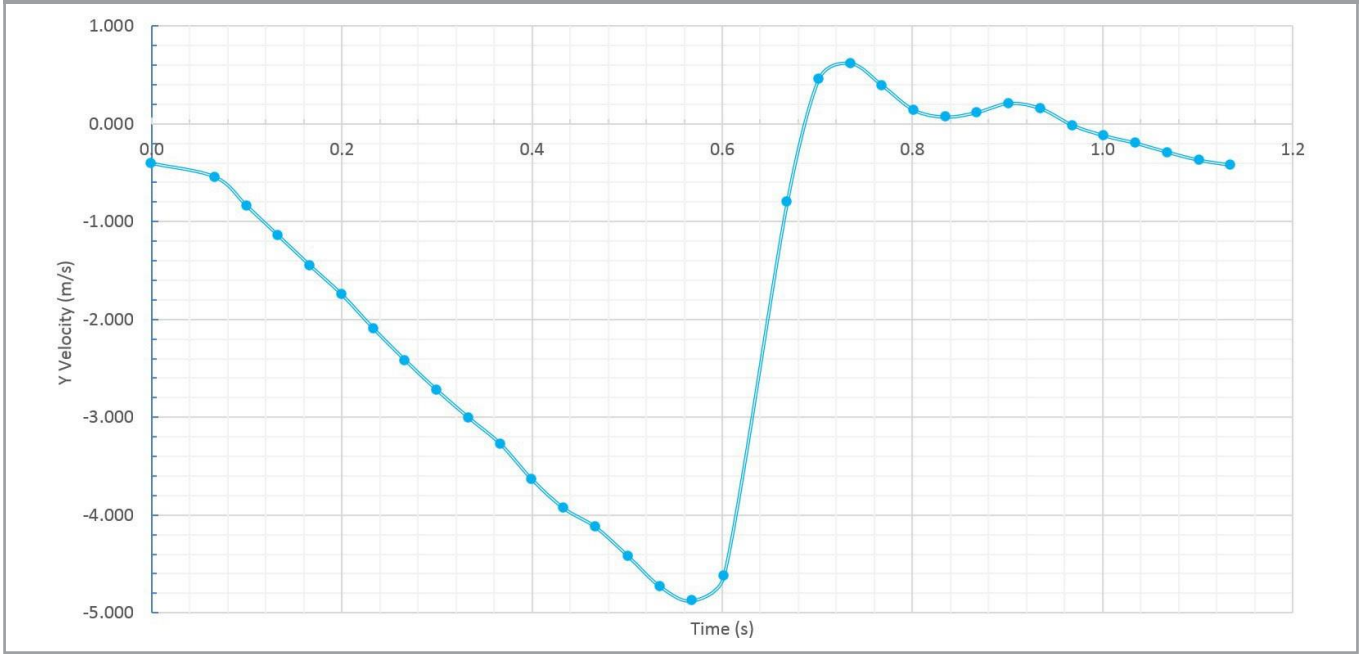



2) Ottenere la velocità di impatto dal grafico della velocità lungo la direzione y in funzione del tempo:

Un altro metodo per calcolare la velocità di impatto consiste nel graficare la velocità lungo la direzione y in funzione del tempo. Il valore approssimato della velocità di impatto può essere facilmente ricostruito 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 nell'esercizio 1. La velocità del lander non dovrebbe diminuire finché Esso non raggiunge il suolo (a meno che non si sia usato un sistema come un paracadute, ma non è il caso di questo set di dati presi come esempio).

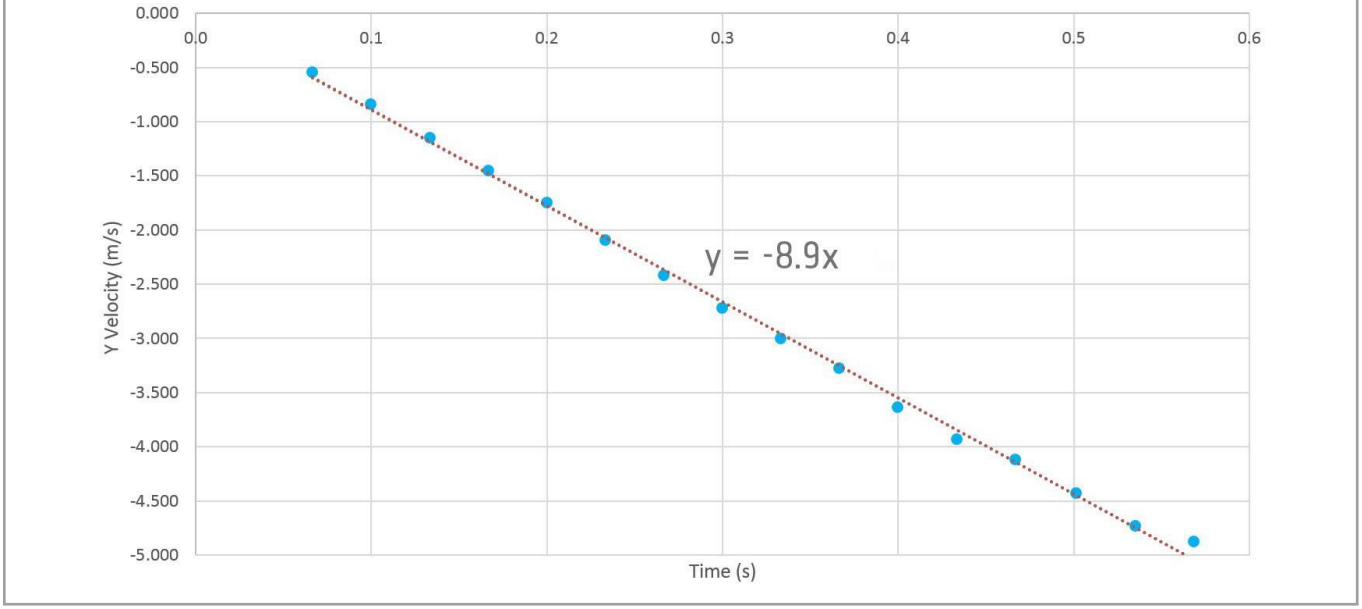
Le variazioni di velocità osservate nei punti sperimentali nei pressi dell'impatto potrebbero essere dovute a incertezze di misura.

**Figure**




3) Calcolare l'accelerazione da un grafico della componente y della velocità in funzione del tempo: Per calcolare l'accelerazione del lander, gli studenti possono effettuare una regressione lineare dal grafico della velocità (y) in funzione del tempo prima dell'impatto. La pendenza della retta così ottenuta corrisponderà all'accelerazione del lander. Usando i dati in esempio per la Figura 4, la componente y dell'accelerazione risulta pari a 8,9 m/s$^2$.

**Figure**




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

A causa della presenza dell'atmosfera, l'attrito dell'aria agente sul lander provocherà una decelerazione. La forza di attrito dipende dal quadrato della velocità. Se il lander è stato rilasciato da una quota elevata, gli studenti potrebbero 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'atterrare sulla Terra con l'atterrare sulla Luna. Studieranno i diversi fattori che influenzano l'atterraggio nei due casi e i diagrammi delle forze. Inoltre gli studenti faranno una revisione del progetto del loro lander basata su ciò che hanno imparato durante il test.**

## Esercizio

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

1) Chiedete agli studenti di elencare 3 fattori che possono influenzare l'atterraggio nei due casi. Ad esempio:

| Atterrare sulla Terra | Atterare sulla Luna |
|---|---|
| 1. Atmosfera<br>2. Sito di atterraggio<br>3. Velocità di rientro<br>4. Angolo di rientro<br>5. Condizioni meteo | 1. Sito di atterraggio<br>2. La località sulla superficie lunare<br>3. La velocità di atterraggio<br>4. L'angolo di approccio<br>5. Le variazioni di temperatura |

Discutete alcune delle implicazioni delle differenze che gli studenti hanno indicato, ad esempio la presenza dell'atmosfera. Come viene influenzato l'atterraggio sulla Luna dal fatto che non ci sia un'atmosfera? Un paracadute non funzionerebbe sulla Luna – forse sarà necessario un motore al suo posto o magari 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 estreme che sulla Terra, quindi il lander dovrebbe subire un acclimatamento.

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

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

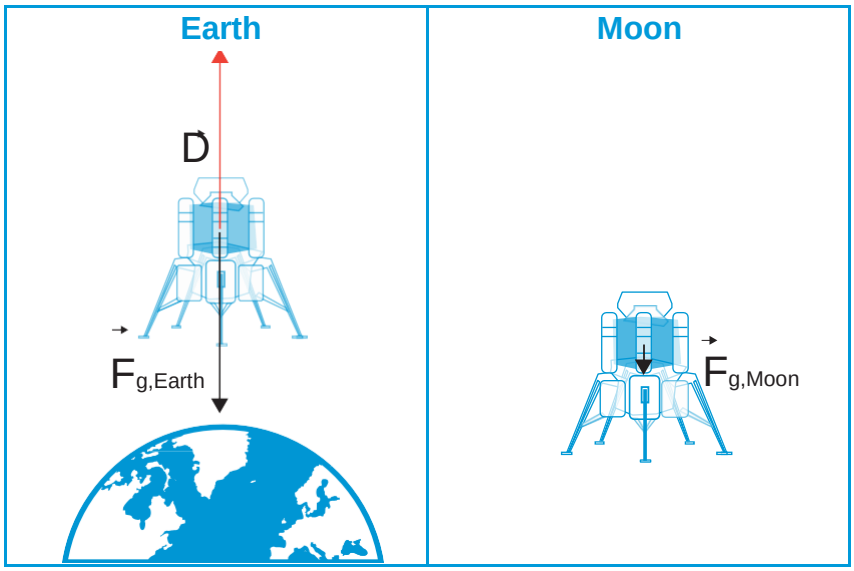
dove G è la costante di gravitazione universale, m è la massa del pianeta (satellite) e r è il raggio del pianeta (o satellite), e la seconda legge del moto di Newton:

$$F = m * a$$

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

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

3) Chiedete agli studenti di disegnare il diagramma delle forze agenti sul lander, sulla Terra e sulla Luna. Potete scegliere di 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 da vuoto, quindi l'unica forza agente sul lander è la forza gravitazionale (Fg,Luna) o forza peso. Il vettore forza peso del lander sarà 6 volte più corto sulla Luna che sulla Terra, come calcolato per rispondere alla domanda 2).

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, aumenta anche la forza di attrito 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).

4) Con le analisi effettuate per rispondere alle domande qui sopra, 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 pregetterebbero il loro lander in modo differente 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.

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 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 coinvolti in missioni umane 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

## → 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 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 coinvolti in missioni umane 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

# → ATTERRARE SULLA LUNA

## Progettare e costruire un lander lunare

→ STUDENT

### → Attività 1: progettare e costruire un lander lunare

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

### Esercizio

Come nel mondo reale siete in competizione con le altre organizzazioni (gruppi) per aggiudicarvi un contratto con ESA.

La vostra missione è quella di costruire un lander che porti un astro-uovo sulla luna!

**Requisiti:**

- Il lander deve passare 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 un progetto.
- Dovete completare il disegno e costruire il lander nel tempo assegnato.

**Costi obbligatori: training astro-uovo 300 milioni, costo del lancio 1 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 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 più sostenibile dell'esplorazione lunare. Oggi ancora vengono utilizzate parte delle infrastrutture create negli anni 60: camere di test, pedane di lancio, centro di controllo, stazioni di terra, conoscenza ingegneristica, tecnologia. Per questo motivo, oggi, il programma di esplorazione spaziale è più sostenibile.


NAS

Buzz Aldrin at work at the Eagle landing module on the lunar surface.

→

# Piano di valutazione del rischio

Quando si disegna una missione ci sono due fattori principali da tenere in considerazione: rischio e costo. Per la vostra missione volete essere sicuri che il vostro astro-uovo atterri senza rischi, ma al contempo volete preparare una missione a prezzi accessibili per vincere il contratto con ESA.

Mettete i rischi elencati a destra nella matrice di valutazione del rischio in accordo con la probabilità che si verifichino e le conseguenze se dovessero verificarsi:

| | | Conseguenze | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Insignificante | Minore | Moderato | Maggiori | Catastrofiche |
| Likelihood | Quasi certe | | | | | |
| | Probabili | | | | | |
| | Possibili | | | | | |
| | Improbabili | | | | | |
| | Rare | | | | | |

1) Atterraggio in un punto diverso da quello prestabilito
2) Cambiamenti inaspettati ai requisiti
3) L'astro-uovo non sopravvive
4) Cambiamenti inaspettati al budget
5) Alcuni materiali non sono più disponibili
6) Alcuni materiali diventano troppo costosi
7) Il lander ha una massa troppo elevata
8) Un altro gruppo ha un progetto più efficiente ed economico
9) Cambiare il progetto più volte vuol dire che il lander costa troppo
10) Ritardi nel progetto
11) Il lander si danneggia nella fase di test
12) Il lander si danneggia durante il trasporto
13) Il lander si danneggia durante la fase di atterraggio

Selezionare tre rischi maggiori e scrivere una azione di mitigazione del rischio:

1) Rischio #:_____Piano alternativo:_____
_____

2) Rischio #:_____Piano alternativo:_____
_____

3) Rischio #:_____Piano alternativo:_____
_____

## Design study

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 a non dimenticate di includere il costo del lancio e il training dell'astro-uovo:

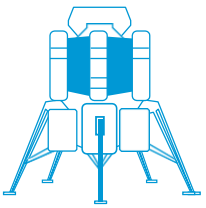
| Materiale | Prezzo Unitario | Quantità | Prezzo |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

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

# → Attività 2: Test del modulo lunare

## Esercizio 1

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



Assicurati che il tuo astronaut stia comodo. Prepararsi al test.

**Pronti! Ai posti! Lanciare!!**

**2.** L'astro-uovo è sopravvisuto al lancio? **Sì_____No_____**

**3.** A che distanza dal bersaglio si è fermato il tuo lander?_____**cm**

4. Il tuo piano ha funzionato bene? C'è qualcosa che faresti in modo differente ora?

5. Dopo aver assistito al lancio di ciascun gruppo, avete notato caratteristiche ricorrenti nei disegni dei lander nei quali l'astro-uovo è sopravvissuto?

## Esercizio 2

Per questo esercizio dovrete utilizzare lo spostamento del lander in funzione del tempo

1. Calcolate la velocità di impatto del lander usando il grafico della posizione y in funzione del tempo

2. Disegnate la componente y della velocità in funzione del tempo. Stimate la velocità di impatto dal grafico. Corrisponde a quella calcolata sopra? Spiegate le differenze, se ce ne sono.

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

4. L'accelerazione di gravità è di 9.8 $m/s^2$. Spiegate perché non misurate 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:

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

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

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

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

$G = 6.67408 \times 10^{-11}\ m^3\ kg^{-1}\ s^{-2}$

$r_{Luna} = 1737$ km

$m_{Luna} = 7.35 \times 10^{22}$ kg

$r_{Terra} = 6371$

$m_{Terra} = 5.97 \times 10^{24}$

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

$g_{Terra}$ =

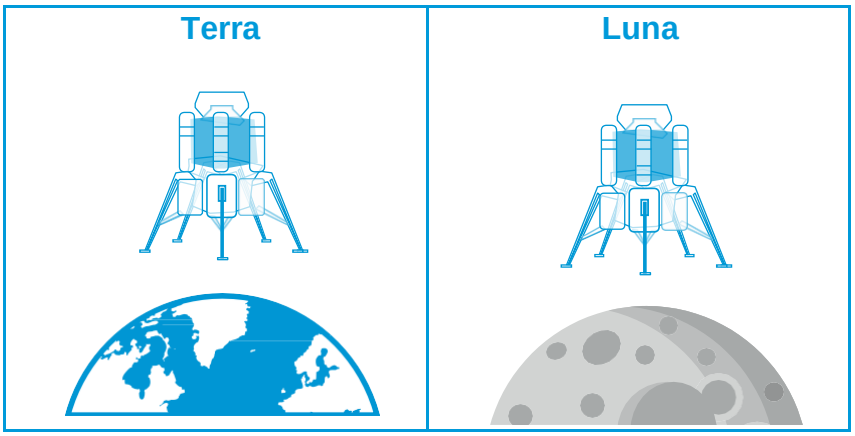
$g_{Luna}$ =

b) usando la seconda legge del moto di Newton F=m x a, calcolate la forza gravitazionale agente sul lander sulla Terra e sulla 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.

# → Links

## Risorse ESA

Moon Camp Challenge
esa.int/Education/Moon_Camp

Animazione su come arrivare sulla Luna.
esa.int/Education/Moon_Camp/Travelling_to_the_Moon

Risorse educative ESA:
esa.int/Education/Classroom_resources

## ESA Progetti Spaziali

SMART-1
http://sci.esa.int/smart-1

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

## Informazioni aggiuntive

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

## Come usare il programma Tracker (in inglese)

Tutorial 1
youtube.com/watch?v=JhI-_glsE6o

Tutorial 2
youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y

# → Appendice 1

## Attività 1 – Costruire un lander lunare

## Costi obbligatori:

| | |
|---|---|
| Training 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 bastoncino di lecca lecca | 100 milioni € |
| 1 busta di plastica | 200 milioni € |
| 1 m of nastro | 100 milioni € |
| 1 m of scotch | 200 milioni € |
| 1 palloncino | 200 milioni € |

# → Appendice 2

## Attività 2 - Test del modulo lunare

| Nome del lander | Altezza del lancio (m) | Distnaza dal bersaglio (cm) | Costo (milioni €) |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

# → APPENDICE 3

## Attività 2 - Test del 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.

Userete 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 l'acquisto di una licenza. Suggeriamo i seguenti:

- il "*Tracker program*", scaricabile gratuitamente dall'indirizzo http://physlets.org/tracker/ e particolarmente adatto all'uso su un computer

- L'app "*Video Physics*" combinato a "*Graphical*" (entrambi disponibili sia per iOS che per Android) sono invece ideali per tablet o smartphone.

Potete eseguire l'esperimento e distribuire un singolo set di dati agli studenti, oppure loro stessi possono analizzare ciascun lancio individualmente.

## 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

**Figura A5**



↑ Rappresentazione della preparazione.

**Figura A6**



↑ Esempio di lancio e di analisi video.

5. Tracciate il lander nel vostro programma selezionando i punti manualmente.

6. Salvate i dati.

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 |