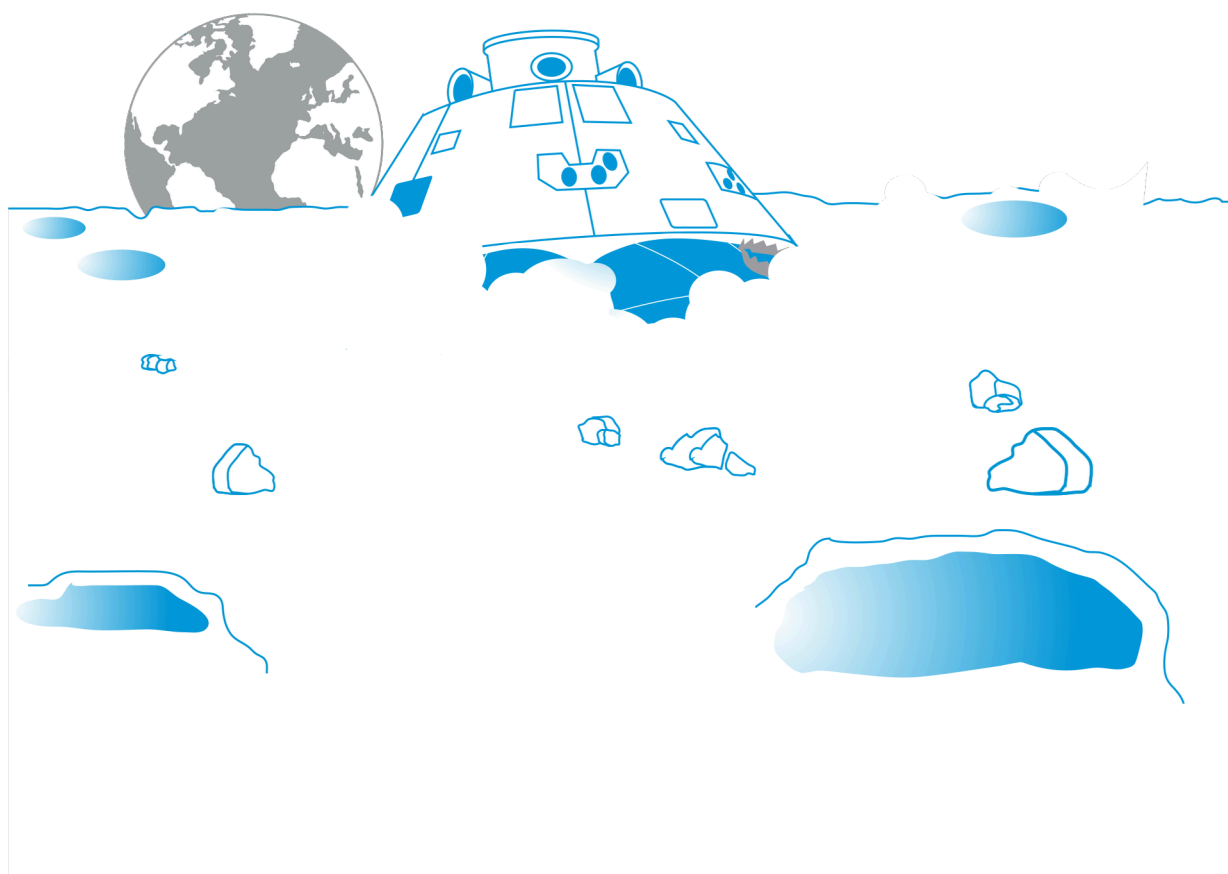
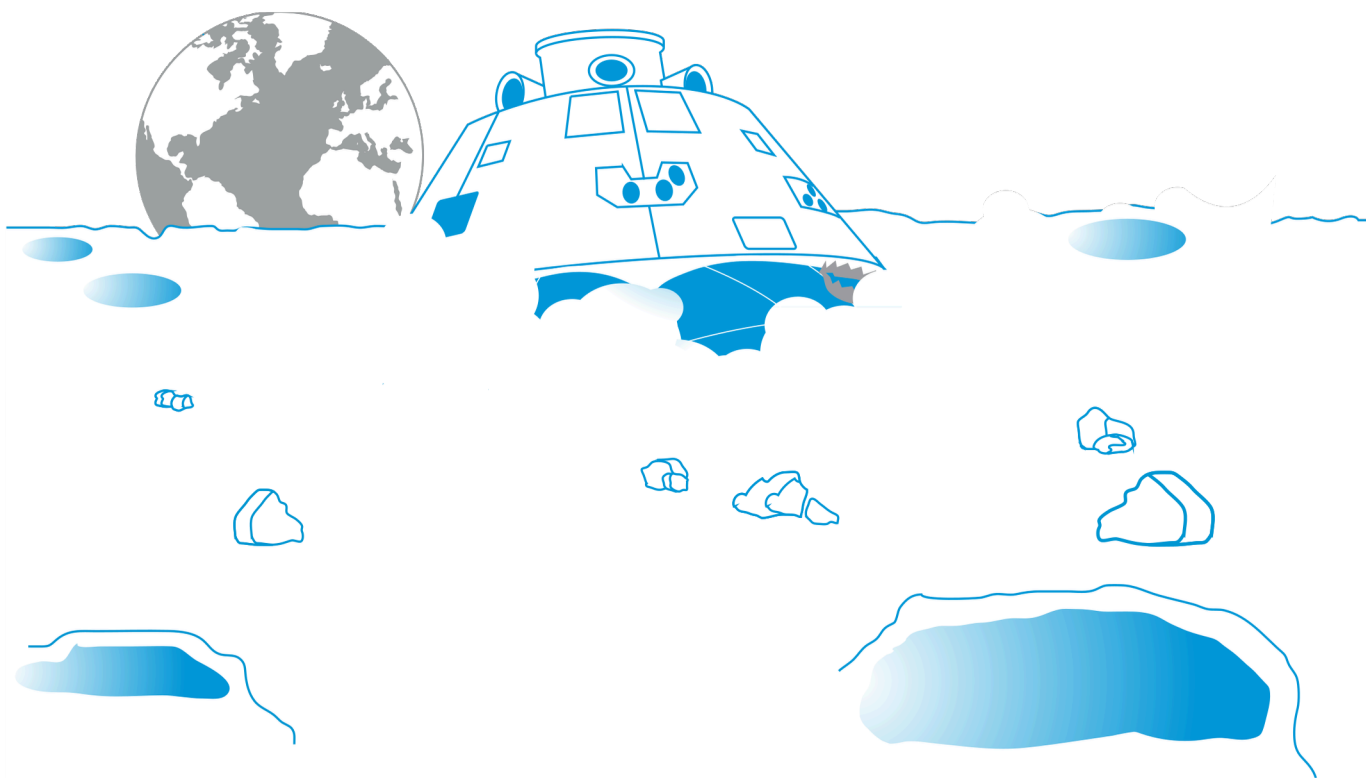


Să învățăm prin spațiu

→ ATERIZAREA PE LUNĂ

Planificarea și proiectarea unui modul de aterizare luna
(aselenizare)





Ghidul profesorului

Informații esențiale	page 3
Rezumatul activităților	page 4
Introducere	page 5
Activitatea 1: Proiectarea și construirea unui modul de aterizare lunar	page 6
Activitatea 2: Testarea modulului de aterizare	page 9
Activitatea 3: Aterizarea pe Lună	page 12
Anexe	page 15
Fișă de lucru pentru elevi	page 19
Linkuri	page 26

să învățăm prin spațiu – aterizarea pe lună | P37
www.esa.int/education

Biroul pentru Educație al ESA așteaptă cu interes feedbackul și
comentariile dumneavoastră la adresa: teachers@esa.int

O producție ESA Education, realizată în colaborare cu ESERO UK

Copyright © European Space Agency 20

→ ATERIZAREA PE LUNĂ

Planificarea și proiectarea unui modul de aterizare lunar

INFORMAȚII ESENȚIALE

Discipline: Fizică, Matematică, Economie

Grupa de vârstă: 14–16 ani

Tipul activității: Activitate pentru elevi

Nivel de dificultate: Mediu

Timp de pregătire pentru profesor: 1 oră

Durata necesară a lecției: 2 ore și 30 de minute în total

Cost: Scăzut (0–10 euro)

Locul desfășurării: În clasă și în aer liber

Cuvinte-cheie: Fizică, Matematică, Economie, aselenizare, gravitație, frecare, forță, accelerație, viteză, legile lui Newton, bugetare, analiza riscurilor

Scurtă descriere

În cadrul acestui set de activități, elevii vor planifica, proiecta și construi un modul de aterizare destinat să asigure supraviețuirea echipajului (sub forma unui „astronaut-ou”) în timpul aselenizării. Ei vor analiza factorii care trebuie luați în considerare la aterizarea pe Lună și vor compara aceste condiții cu cele întâlnite la aterizarea pe Pământ. În proiectarea modulului de aterizare lunar, elevii trebuie să țină cont atât de factorii de risc, cât și de bugetul disponibil.

Obiective de învățare

- Identificarea forțelor implicate în aterizarea pe suprafața Pământului și pe suprafața Lunii.
- Înțelegerea relației dintre masă și forța gravitațională.
- Rezolvarea unei probleme utilizând a doua lege a mișcării a lui Newton.
- Proiectarea unui proiect ținând cont de un buget și de gestionarea riscurilor.
- Lucrul în echipă în condiții de timp și buget limitate.

→ Rezumatul activităților

Rezumatul activităților					
	Titlu	Descriere	Rezultate	Cerințe	Timp
1	Proiectarea și construirea unui modul de aterizare lunar	Proiectarea și construirea unui modul de aterizare lunar. Realizarea unei analize a riscurilor și a unei analize de proiectare.	Învățarea modului de proiectare a unui proiect în condițiile unui buget fix și ale unor cerințe prestabilite. Realizarea unei analize a riscurilor și a unei analize de proiectare. Construirea unui modul de aterizare lunar.	Niciuna	60 minute
2	Testarea modului de aterizare	Testarea modului de aterizare lunar. Analiza rezultatelor.	Testarea modului de aterizare și colectarea datelor. Calcularea accelerației și a vitezei în timpul aterizării.	Finalizarea Activității 1	60 minute
3	Aterizarea pe Lună	Comparație între aterizarea pe Pământ și aselenizare	Familiarizarea cu diferențele dintre Lună și Pământ. Calcularea accelerației gravitaționale și a forței gravitaționale.	Finalizarea Activității 2	30 minute

→ Introducere

În 1969, Apollo 11 a devenit prima misiune spațială cu echipaj uman care a aselenizat. După o călătorie de patru zile de la Pământ, modulul lunar de aterizare, denumit Eagle, s-a desprins de modulul de comandă, aflat pe orbita Lunii, și a aselenizat în Mare Tranquillitatis, o zonă relativ netedă și plană. Modulul lunar de aterizare a fost controlat manual pentru a evita bolovanii și craterele. „Houston, aici Tranquility Base. Eagle a aselenizat.” Aceste cuvinte au marcat începutul unei noi ere a explorării umane.

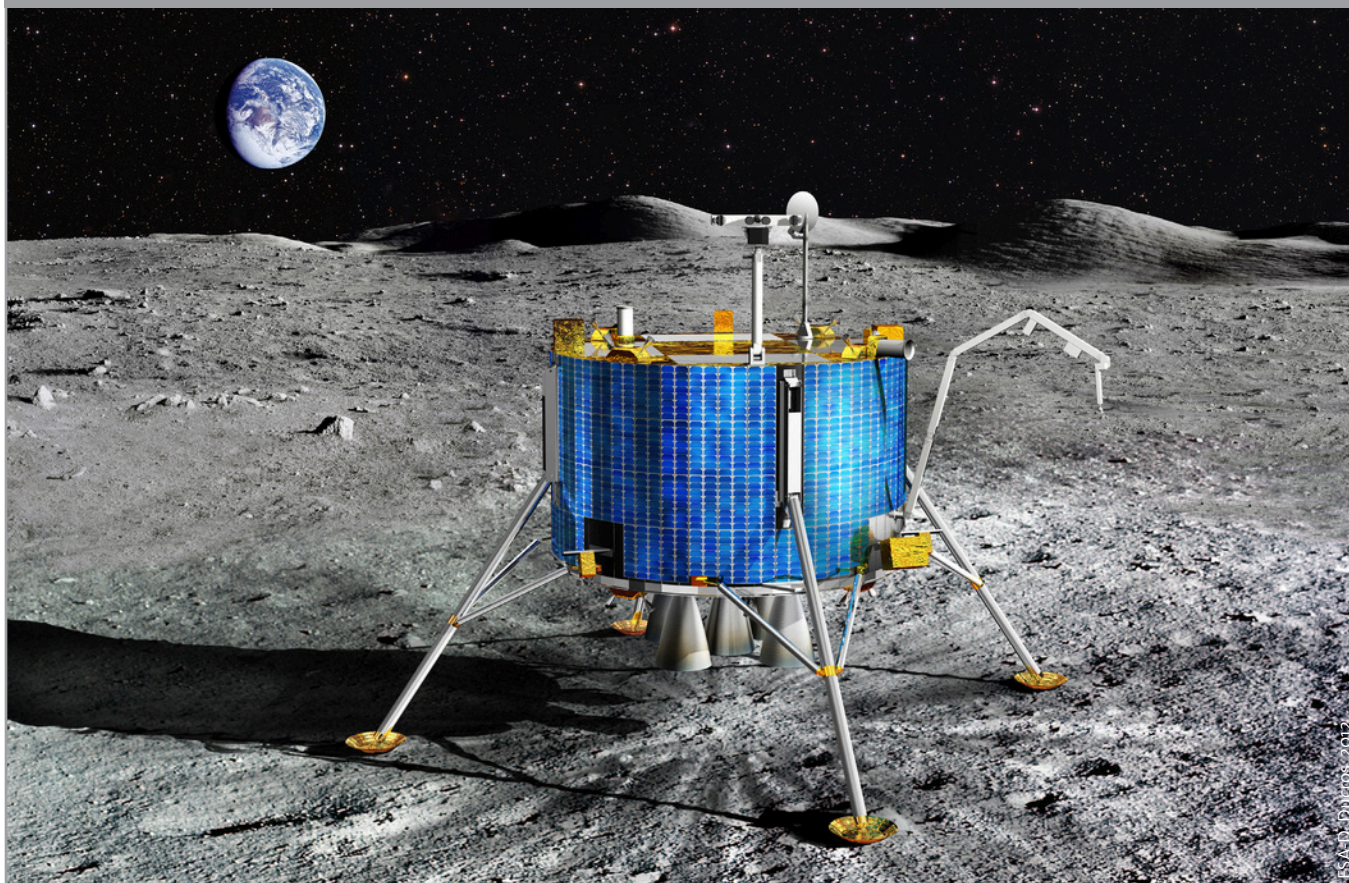
Apollo 12, cea de-a doua misiune spațială cu echipaj uman care a aselenizat, a fost un exercițiu de precizie. Cea mai mare parte a coborârii a fost realizată automat, iar aselenizarea de precizie a avut o importanță deosebită, deoarece a crescut gradul de încredere în capacitatea de a aseleniza în anumite zone de interes.

Coborârea către suprafața Lunii este una dintre cele mai critice și dificile etape ale unei aselenizări. Nava spațială trebuie să își reducă viteza de la 6000 km/h, în timpul orbitei lunare, la doar câțiva km/h pentru a realiza o aterizare lină. Zonele de aselenizare de interes pentru explorare sunt adesea periculoase, cu cratere, roci și suprafețe în pantă, ceea ce le face dificil de accesat.

Doar 12 oameni au pășit pe suprafața Lunii, iar ultima aselenizare cu echipaj uman a avut loc în 1972. Agenția Spațială Europeană (ESA), în colaborare cu alți parteneri, planifică revenirea pe Lună prin misiuni robotice și cu echipaj uman în următoarele decenii.

În cadrul acestui set de activități, elevii vor proiecta un modul de aterizare lunar și vor afla mai multe despre provocările explorării spațiale.

Figura 1



↑ Reprezentare artistică a unui modul de aterizare lunar.

→ Activitatea 1: Proiectarea și construirea unui modul de aterizare lunar

În cadrul acestei activități, elevii vor proiecta și construi un modul de aterizare lunar folosind materiale simple. Obiectivul este proiectarea unui modul de aterizare care să permită aselenizarea în condiții de siguranță a unui „astronaut-ou” pe suprafața Lunii. În etapa de planificare, elevii trebuie să ia în considerare riscurile asociate unei misiuni lunare cu echipaj uman și să realizeze o analiză a riscurilor și o analiză de proiectare.

Echipament

- Hârtie
- Fișa de lucru pentru elevi, tipărită pentru fiecare grupă
- Paie
- Bezele
- Bile de vată
- Bețișoare din lemn pentru înghețată
- Pungă de plastic
- Sfoară
- Bandă adezivă
- Foarfecă
- Baloane
- 1 ou pentru fiecare grupă de elevi
- Cântar

Exercițiu

Împărțiți clasa în grupe de câte 3–4 elevi. Distribuiți fiecărei grupe fișele de lucru pentru elevi. Explicați elevilor misiunea și cerințele acesteia. Solicitați fiecărei grupe să proiecteze un modul de aterizare lunar cu echipaj uman pentru Agenția Spațială Europeană (ESA). Elevii pot păstra proiectele secrete față de celelalte grupe sau pot alege să formeze echipe de colaborare și să se ajute reciproc. Fiecare echipă trebuie însă să își prezinte propriul proiect cu design unic.

Înainte ca elevii să înceapă lucrul, ghidați-i către câteva dintre întrebările importante pe care ar trebui să le aibă în vedere. Întrebați-i ce este important să se ia în considerare atunci când se realizează o aterizare pe un alt corp ceresc. De exemplu: distanța până la destinație, existența sau absența unei atmosfere și compoziția acesteia, importanța alegerii locului potrivit pentru aterizare, unghiul de apropiere etc.

Puneți la dispoziția elevilor lista materialelor și costurile acestora (Anexa 1). Pentru a încuraja o planificare eficientă, materialele achiziționate după etapa inițială de proiectare vor avea un cost cu 10% mai mare. Fiecare echipă are la dispoziție un buget de 1 miliard de euro. Acest buget trebuie să acopere costurile pentru pregătirea „astronautului-ou” (300 de milioane de euro), lansare (1 milion de euro pentru fiecare gram) și materiale. Lista materialelor și bugetul disponibil pot fi ajustate pentru a face activitatea mai mult sau mai puțin complexă. De asemenea, pe parcursul activității se poate introduce o reducere (sau o suplimentare) a bugetului.

Etapa de proiectare:

Înainte de a începe construirea modulului de aterizare, elevii trebuie să realizeze o analiză a riscurilor, folosind modelul pus la dispoziție în fișa de lucru. În gestionarea riscurilor, se evaluează atât probabilitatea de apariție a unui risc, cât și impactul acestuia. Riscurile pot apărea în toate etapele unei misiuni, de la planificarea proiectului și construirea modulului până la transport și pregătirea echipajului. În fișa de lucru, elevii vor găsi o matrice de evaluare a riscurilor și o listă cu posibile riscuri asociate acestei misiuni. Utilizarea unei astfel de matrici reprezintă o metodă uzuală de analiză și organizare a riscurilor în numeroase domenii profesionale. Elevii trebuie să introducă riscurile enumerate în matrice și să identifice, prin brainstorming, eventuale riscuri care nu au fost luate în considerare. Apoi, trebuie să aleagă trei dintre cele mai importante riscuri și să elaboreze strategii pentru reducerea sau gestionarea acestora.

Elevii trebuie să genereze idei și să găsească soluții pentru a proiecta cel mai sigur modul de aterizare posibil, respectând bugetul disponibil. Aceștia trebuie să realizeze o schiță detaliată și precisă a proiectului și să întocmească un buget pentru modulul propus, folosind modelul din fișa de lucru pentru elevi. Explicați-le că acest proces este similar cu proiectarea unei misiuni spațiale reale: toate materialele și sistemele utilizate trebuie planificate și justificate cu atenție, iar costurile acestora trebuie incluse în buget.

Etapa de construcție:

Acum, solicitați elevilor să își construiască modulele de aterizare. Este posibil ca aceștia să constate că unele dintre soluțiile pe care le-au considerat fezabile nu dau rezultatele așteptate. Pentru a crește nivelul de dificultate al activității, dacă elevii doresc să își modifice proiectul, introduceți un cost suplimentar de 10% pentru materialele utilizate.

Elevii trebuie să dea un nume modulului lor de aterizare și „astronautului-ou”. La final, fiecare grupă trebuie să cântărească modulul de aterizare împreună cu „astronautul-ou”, pentru a estima costul lansării. Costul final trebuie să fie mai mic de 1 miliard de euro și trebuie să includă costurile pentru pregătirea „astronautului-ou”, lansare și materialele utilizate pentru construirea modulului de aterizare.

Rezultate

Mai jos este prezentat un exemplu de completare a analizei riscurilor. Modul în care elevii evaluează riscurile poate varia și depinde de percepția lor asupra misiunii.

		Consecințe				
		Insignificante	Minore	Moderate	Majore	Catastrofice
Probabilitate	Aproape sigur		Modulul de aterizare este deteriorat în timpul testării	Nu aterizăm în zona stabilită		
	Probabil		Un alt grup are un proiect și/sau mai puțin costisitor	Suntem întârziați	Apar modificări neașteptate ale cerințelor.	„Astronautul-ou” nu supraviețuiește.
	Posibil		Modulul de aterizare este deteriorat în timpul testării	Modulul de aterizare devine foarte greu.	Apar modificări neașteptate ale bugetului.	Modulul de aterizare este deteriorat în timpul aselenizării.
	Improbabil				Unele materiale devin prea scumpe.	Modificarea continuă a proiectului face ca modulul de aterizare să fie prea costisitor de construit.
	Rar				Unele materiale devin indisponibile.	

Riscul 1: „Astronautul-ou” nu supraviețuiește

Plan de reducere a riscului: Construiți modulul de aterizare cu soluții de rezervă: nu vă bazați pe un singur mecanism pentru a asigura o aterizare în condiții de siguranță. Testați modulul de la înălțimi din ce în ce mai mari înainte de testul final. Testați mai întâi modulul de aterizare fără „astronautul-ou”.

Riscul 2: Modificarea continuă a proiectului face ca modulul de aterizare să fie prea costisitor de construit

Plan de reducere a riscului: Proiectați modulul de aterizare astfel încât să vă rămână o rezervă de buget înainte de a începe construcția. Solicitați finanțare suplimentară din alte surse.

Riscul 3: Apar modificări neașteptate ale cerințelor

Plan de reducere a riscului: Utilizați un proiect adaptabil și soluții de rezervă. Nu vă bazați pe o singură tehnologie sau pe un singur mecanism. Proiectați modulul de aterizare astfel încât să vă rămână o rezervă de buget înainte de a începe construcția.

Discuții

Această activitate ar trebui să îi ajute pe elevi să conștientizeze importanța identificării și înțelegerii riscurilor, a probabilității de apariție a acestora și, mai ales, a consecințelor lor. Elevii ar trebui să înțeleagă importanța deosebită a planificării și a stabilirii unui buget corespunzător în cadrul unui proiect (spațial).

Puteți utiliza această activitate pentru a discuta despre unele dintre pericolele asociate explorării spațiale. Discutați în clasă despre modul în care poate fi evaluat riscul pierderii vieții unui astronaut în raport cu costul modulului de aterizare. Ar trebui ca, în viitor, explorarea spațială să fie realizată exclusiv cu ajutorul roboților?

Înainte de a începe Activitatea 2 (testarea modulului de aterizare), asigurați-vă că ați stabilit clar ce înseamnă că un „astronaut-ou” a „supraviețuit”. Este permis ca oul să prezinte fisuri? Ce condiții definesc o misiune reușită?

→ Activitatea 2: Testarea modului de aterizare

În cadrul acestei activități, elevii vor testa dacă modulele lor de aterizare rezistă la o cădere verticală, protejând în același timp „astronauții-ou”. Ei vor descrie condițiile de aterizare și vor urmări alți factori care pot influența rezultatele. Opțional, elevii pot filma căderea și pot utiliza ulterior un instrument de analiză video pentru a determina accelerația.

Echipament

- Fișa de lucru pentru elevi, tipărită pentru fiecare grupă
- Modulele de aterizare construite de elevi, inclusiv „astronauții-ou” (din Activitatea 1)
- (Opțional) Cameră foto/video sau telefon cu cameră și trepied (a se vedea Anexa 3)
- (Opțional) Program pentru urmărirea și analiza mișcării în video (a se vedea Anexa 3)
- (Opțional) Computer sau smartphone

Exercițiul 1

Înainte de începerea testelor, elevii trebuie să noteze condițiile de aterizare (duritatea suprafeței, condițiile meteorologice etc.). Este important ca fiecare cădere să fie realizată în condiții cât mai similare. Discutați cu elevii despre importanța de a nu modifica simultan mai multe variabile.

Marcați pe sol zona de testare a aterizării. Puteți marca un punct de aterizare în formă de cruce, folosind bandă adezivă pe podea, sau puteți desena o țintă cu un punct central și cercuri concentrice care să indice distanța față de centru. Înregistrați rezultatele fiecărei căderi (tabelul din Anexa 2). Opțional, pentru modulele de aterizare lunar care au trecut cu succes testul, puteți efectua teste de la înălțimi diferite. Modulele de aterizare care protejează „astronauții-ou” ar trebui să aibă o structură care să atenueze impactul inițial (de exemplu, un sistem de amortizare) sau să utilizeze mai multe mecanisme pentru disiparea energiei de impact.

Puteți desemna un modul de aterizare lunar câștigător pe baza următoarelor criterii:

- Înălțimea de la care modulul de aterizare a rezistat căderii
- Distanța față de ținta de aterizare
- Costul modului de aterizare
- Gradul în care modulul de aterizare final respectă proiectul și bugetul initial
- Calitatea generală a muncii în echipă, a planificării și a comunicării în cadrul grupei

Solicitați elevilor să își prezinte proiectul în fața clasei. Aceștia trebuie să analizeze cât de bine a funcționat planul lor inițial și ce ar face diferit acum, având în vedere rezultatele finale obținute. Elevii trebuie să discute și despre factorii externi care au influențat căderea, de exemplu condițiile meteorologice (vânt puternic, ploaie etc.) sau suprafața pe care a aterizat oul (asfalt, nisip, iarbă etc.).

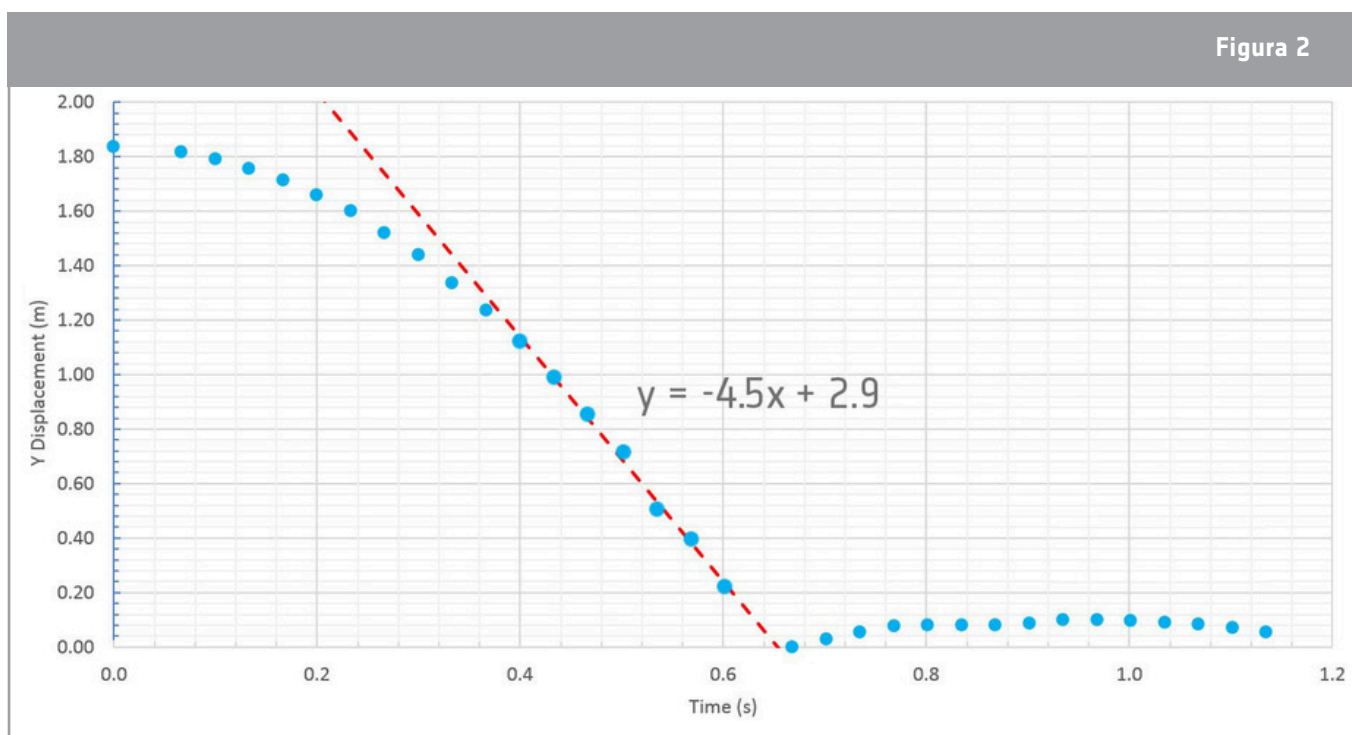
Exercițiul 2

Pentru Exercițiul 2, veți avea nevoie de poziție și viteză în funcție de timp. Pentru instrucțiuni detaliate privind măsurarea acestor parametri, consultați Anexa 3. Alternativ, puteți utiliza datele de exemplu furnizate în Tabelul 1 din Anexa 3.

În cadrul acestui exercițiu, elevii vor analiza viteza și accelerația în timpul căderii. Ca exemplu, vom utiliza datele din Tabelul 1 din Anexa 3. Fiecare elev va avea nevoie de un calculator grafic sau de un computer/smartphone cu un program precum Excel.

1. Calcularea vitezei la impact pe baza graficului Deplasare pe direcția y în funcție de timp: pentru a calcula aproximativ viteza la impact a modulului de aterizare, elevii pot reprezenta mai întâi grafic deplasarea modulului de aterizare pe direcția y în funcție de timp. Apoi, înainte ca modulul de aterizare să atingă solul, trebuie să realizeze o analiză de regresie liniară a datelor, utilizând ultimele de la 10 la 5 puncte de date înainte de impact. Panta acestei regresii liniare va corespunde aproximativ vitezei la impact. Dacă modulul de aterizare nu a atins viteza terminală, acesta va continua să accelereze, iar această metodă va oferi doar o valoare aproximativă a vitezei la impact.

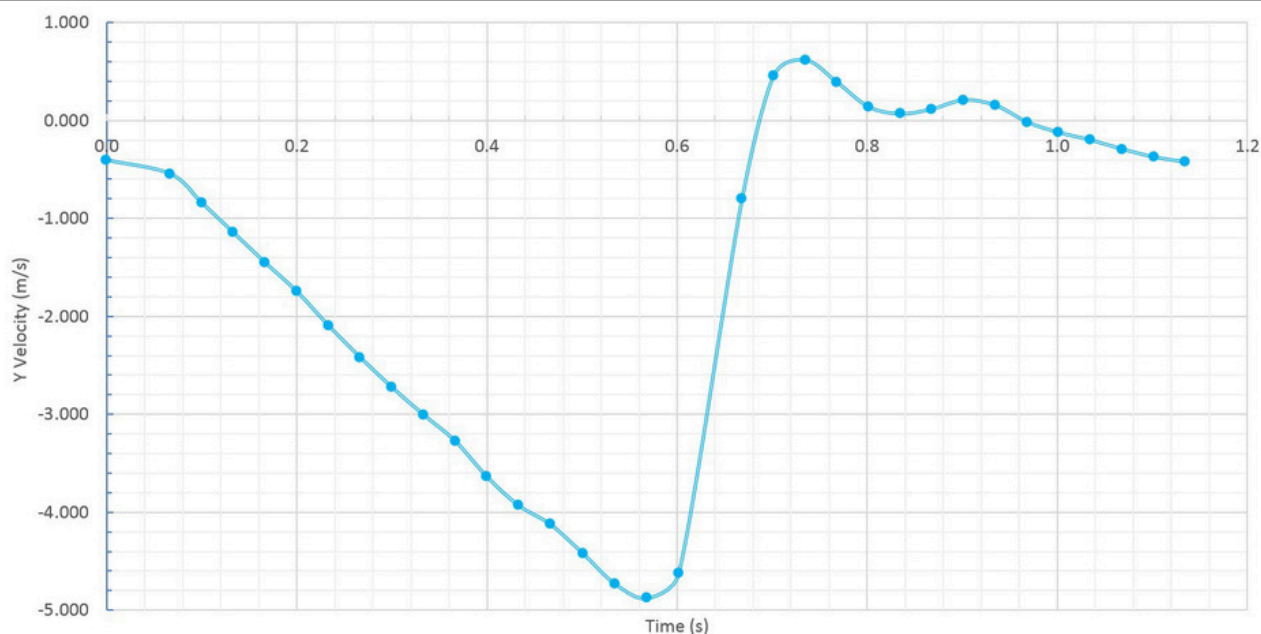
În graficul de exemplu (Figura 2), viteza la impact este de aproximativ 4,5 m/s.



↑ Deplasarea pe direcția y în funcție de timp

2. Determinarea vitezei la impact pe baza graficului vitezei pe direcția y în funcție de timp: O altă metodă de determinare a vitezei la impact constă în reprezentarea grafică a vitezei pe direcția y în funcție de timp. Pe acest grafic, viteza aproximativă la impact poate fi observată cu ușurință în punctul în care viteza pe direcția y își schimbă sensul. În Figura 3, putem observa că modulul de aterizare atinge solul cu o viteză cuprinsă între 4,8 și 4,9 m/s, valoare aproximativ egală cu viteza calculată la întrebarea 1. Viteza modulului de aterizare nu ar trebui să scadă înainte ca acesta să atingă solul (cu excepția situației în care utilizează un sistem precum o parașută, ceea ce nu este cazul datelor din exemplu). Variațiile vitezei înregistrate pentru punctele de date din apropierea momentului impactului se pot datora incertitudinilor de măsurare.

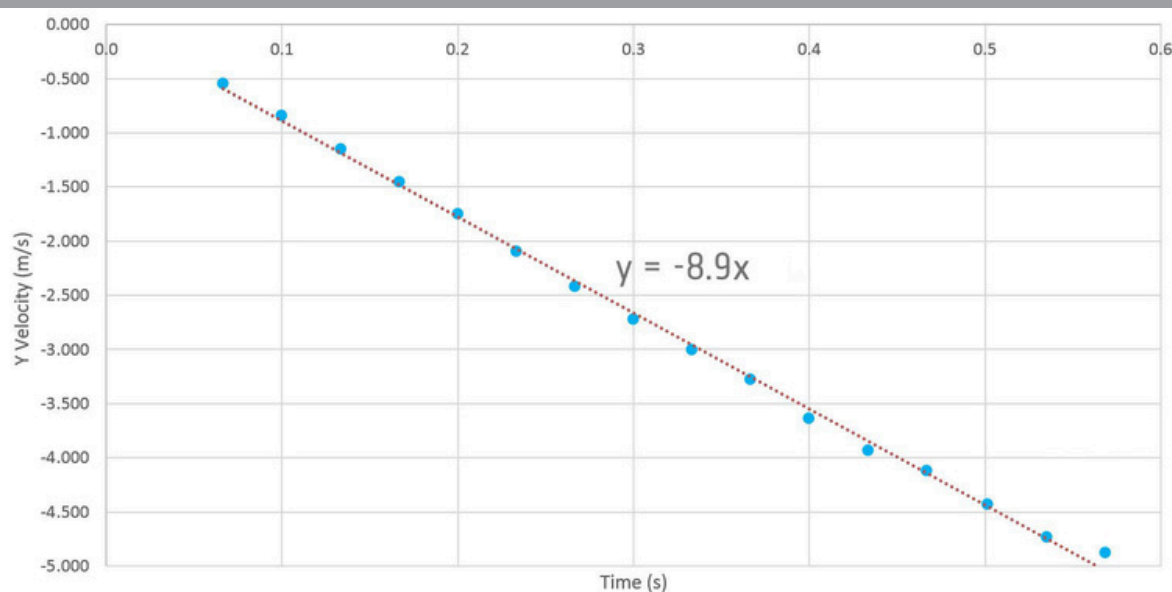
Figura 3



↑ Viteza pe direcția y în funcție de timp

3. Calcularea accelerației pe baza graficului vitezei pe direcția y în funcție de timp: Pentru a calcula accelerația modulului de aterizare, elevii pot realiza o regresie liniară a vitezei pe direcția y în funcție de timp, utilizând datele înregistrate înainte de momentul impactului. Panta acestei regresii liniare va corespunde accelerației modulului de aterizare. Folosind datele din exemplul prezentat în Figura 4, accelerația pe direcția y poate fi calculată ca $a_y = -8,9 \text{ m/s}^2$.

Figura 4



↑ Regresie liniară pentru datele privind viteza pe direcția y în funcție de timp, înainte de momentul impactului.

4. Influența rezistenței aerului asupra accelerației: Prezența atmosferei face ca forța de rezistență a aerului care acționează asupra modulului de aterizare să conducă la o decelerare. Forța de rezistență a aerului depinde de pătratul vitezei. Dacă modulul de aterizare ar fi fost lăsat să cadă de la o înălțime mult mai mare, elevii ar fi putut observa că acesta atinge viteza terminală (viteză constantă) atunci când forța de rezistență a aerului devine egală cu greutatea modulului.

→ Activitatea 3: Aterizarea pe Lună

În cadrul acestei activități, elevii vor compara aterizarea pe Pământ cu aselenizarea. Ei vor analiza diferenții factori care influențează aterizarea în cele două situații, precum și diagrama forțelor implicate. Pe baza celor învățate în timpul testării, elevii își vor revizui și își vor îmbunătăți proiectul modului de aterizare.

Exercițiu

ACa introducere în Activitatea 3, discutați despre diferențele dintre Lună și Pământ. Ce factori vor influența aterizarea în fiecare dintre cele două situații? Îndrumați elevii să discute despre factori precum importanța alegerii locului și a tipului de suprafață pentru aterizare, precum și unghiul de coborâre.

1. Solicitați elevilor să enumere 3 factori care pot influența aterizarea în ambele situații. Iată câteva exemple:

Aterizarea pe Pământ	Aterizarea pe Lună
1. Atmosfera 2. Locul de aterizare 3. Viteza la reintrarea în atmosferă 4. Unghiul de reintrare în atmosferă 5. Condițiile meteorologice	1. Locul de aterizare 2. Amplasarea pe Lună 3. Viteza de aterizare 4. Unghiul de apropiere 5. Variațiile de temperatură

Discutați câteva dintre consecințele diferențelor identificate de elevi, de exemplu, cele legate de atmosferă. Cum influențează absența atmosferei pe Lună procesul de aselenizare?

O parașută nu ar putea fi utilizată pentru aselenizare, deoarece pe Lună nu există atmosferă. În schimb, ar putea fi necesar un motor pentru încetinirea modului sau un sistem bazat pe airbaguri. La revenirea pe Pământ, scuturile termice sunt esențiale din cauza încălzirii intense produse în timpul trecerii prin atmosferă, însă pe Lună acestea nu ar fi necesare.

Pe de altă parte, variațiile de temperatură de pe Lună sunt mult mai mari decât pe Pământ, astfel încât modulul de aselenizare trebuie proiectat pentru a funcționa în condiții de temperatură extreme.

2. Pentru a rezolva întrebarea 2, elevii trebuie să utilizeze ecuația pentru accelerația gravitațională (g):

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

Unde G este constanta gravitațională, m este masa planetei (sau a Lunii), iar r este raza planetei (sau a Lunii).

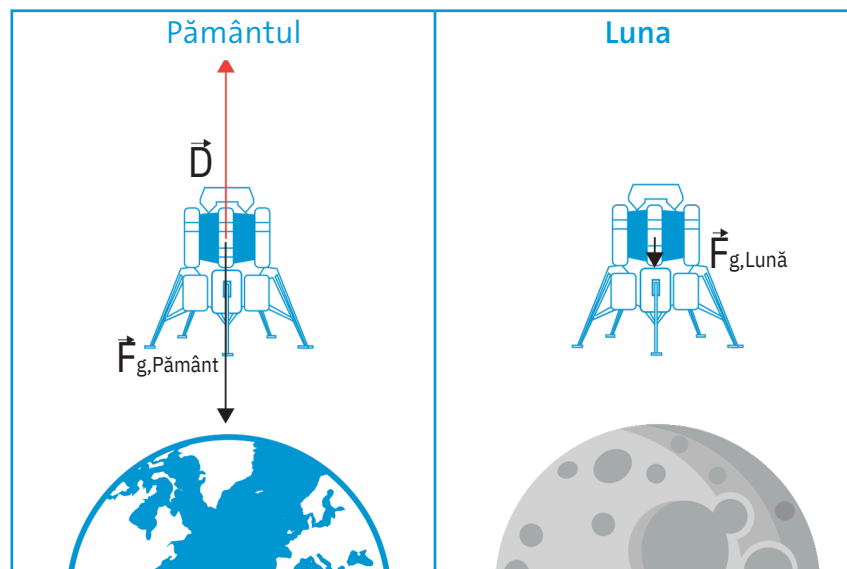
Și a doua lege a mișcării a lui Newton:

$$F = m \cdot a$$

Unde F este forța rezultantă care acționează asupra unui obiect, m este masa obiectului, iar a este accelerația.

Pământ	Luna
$g_{\text{Pământ}} = \frac{5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 6.67408 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(6\,371\,000 \text{ m})^2}$ $g_{\text{Pământ}} = 9.81 \text{ ms}^{-2}$	$g_{\text{Lună}} = \frac{7.35 \cdot 10^{22} \text{ kg} \cdot 6.67408 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(1\,737\,000 \text{ m})^2}$ $g_{\text{Lună}} = 1.62 \text{ ms}^{-2}$
Presupunând că masa modului de aterizare este de 250 g:	
$F_{g,\text{Earth}} = 9.81 \text{ ms}^{-2} \cdot 0.25 \text{ kg}$ $F_{g,\text{Earth}} = 2.45 \text{ N}$	$F_{g,\text{Moon}} = 1.62 \text{ ms}^{-2} \cdot 0.25 \text{ kg}$ $F_{g,\text{Moon}} = 0.41 \text{ N}$

3. Solicitați elevilor să reprezinte printr-o diagramă forțele care acționează asupra modului de aterizare, atât pe Pământ, cât și pe Lună. Puteți începe prin a le spune că accelerația gravitațională pe Lună este de 6 ori mai mică decât pe Pământ sau îi puteți lăsa să reflecteze asupra rezultatului pe care l-au obținut prin calcul.



Luna este înconjurată de vid, prin urmare singura forță care acționează asupra modului de aterizare este forța gravitațională ($F_{g,\text{Lună}}$), respectiv greutatea. Vectorul greutății modului de aterizare va fi de 6 ori mai mic pe Lună decât pe Pământ, conform calculelor realizate la întrebarea 2.

Pământul este înconjurat de o atmosferă, prin urmare trebuie să luăm în considerare și rezistența aerodinamică. Forța de rezistență a aerului (D) depinde de pătratul vitezei modului de aterizare. Pe măsură ce viteza crește, crește și forța de rezistență a aerului, până când aceasta devine egală cu greutatea. Atunci când rezistența aerului este egală cu greutatea, asupra obiectului nu mai acționează nicio forță exterioară, iar acesta continuă să cadă cu viteză constantă (viteza terminală).

4. Pe baza analizelor realizate în întrebările anterioare, elevii ar trebui să fie acum familiarizați cu unele dintre principalele diferențe dintre un modul de aterizare lunar și unul destinat aterizării pe Pământ. Discutați cu grupele dacă utilizarea unei parașute ar fi fezabilă. De asemenea, discutați avantajele și dezavantajele utilizării unui motor pentru aselenizare sau a unui airbag pentru amortizarea impactului. Întrebați elevii dacă și-ar proiecta modulul de aterizare în mod diferit în cazul în care nu ar trebui să se preocupe de supraviețuirea „astronautului-ou”. Faceți legătura cu explorarea spațială reală și cu diferențele dintre o misiune cu echipaj uman și una fără echipaj uman.

→ Concluzii

Elevii ar trebui să concluzioneze că aselenizarea unui modul de aterizare lunar este o sarcină dificilă, care implică numeroase aspecte ce trebuie analizate și testate înainte de realizarea acesteia. De asemenea, ar trebui să înțeleagă că abilități precum elaborarea unui proiect cu un buget fix, evaluarea riscurilor, proiectarea, testarea și lucrul în echipă sunt esențiale pentru orice misiune spațială. În cazul misiunilor cu echipaj uman, aspectele care trebuie luate în considerare și riscurile implicate sunt mult mai mari decât în cazul misiunilor robotice.

Elevii ar trebui, de asemenea, să concluzioneze că testele realizate pe Pământ nu pot reproduce în totalitate mediul și condițiile de aselenizare de pe Lună. Prin urmare, testarea practică trebuie completată cu cunoștințe teoretice pentru a înțelege diferențele dintre condițiile de pe Pământ și cele de pe Lună.

→ ATERIZAREA PE LUNĂ

Planificarea și proiectarea unui modul de aterizare lunar

→ Activitatea 1: Proiectarea și construirea unui modul de aterizare lunar

ESA v-a încredințat sarcina de a proiecta un modul de aterizare care să permită unui „astronaut-ou” să ajungă în siguranță pe suprafața Lunii.

Exercițiu

Ca și în industria spațială reală, veți concura și/sau colabora cu alte organizații (colegii voștri) pentru a obține un contract cu ESA.

Misiunea voastră este să:

- Proiectați și construiți un modul de aterizare lunar care să permită unui „astronaut-ou” să aselenizeze în condiții de siguranță.

Cerințe:

- Modulul de aterizare trebuie să treacă un test de cădere pe Pământ, iar „astronautul-ou” trebuie să supraviețuiască aterizării.
- Puteți utiliza doar materialele disponibile.
- Modulul de aterizare trebuie construit în limita unui buget stabilit (maximum 1 miliard de euro).
- Modulul de aterizare trebuie să poată aseleniza cu precizie în zona de aterizare stabilită.
- Trebuie să prezentați o analiză a riscurilor și o analiză de proiectare.
- Trebuie să finalizați proiectarea și construirea modulului de aterizare în timpul alocat: 60 de minute.

Știați că?

Costul total al programului spațial Apollo, în cadrul căruia oamenii au ajuns pe Lună, a fost de 25,4 miliarde de dolari – echivalentul a peste 200 de miliarde de dolari în prezent, dacă ajustăm valoarea în funcție de inflație. În 2018, bugetul total al ESA a fost de 5,6 miliarde de euro. În prezent, agențiile spațiale și industria colaborează pentru dezvoltarea unui program mai sustenabil de explorare a Lunii. Trebuie menționat că, și astăzi, vom utiliza o parte din infrastructura creată în anii 1960: camere de testare, platforme de lansare, centre de control al misiunilor, stații terestre, cunoștințe de inginerie, tehnologii și materiale. Prin urmare, un program de explorare a Lunii va fi mult mai sustenabil încă de la început.

Buzz Aldrin lucrând în apropierea modulului lunar de aterizare Eagle, pe suprafața Lunii →



Analiza riscurilor

Atunci când proiectați o misiune spațială, trebuie să luați în considerare doi factori principali: riscurile și costurile. În cazul misiunii voastre, doriți să vă asigurați că „astronautul-ou” aterizează în siguranță, dar, în același timp, trebuie să mențineți costurile misiunii la un nivel accesibil pentru a câștiga contractul cu ESA.

Plasați riscurile enumerate în partea dreaptă în matricea de evaluare a riscurilor, în funcție de probabilitatea producerii lor și de consecințele acestora:

Probabilitate	Consecințe			
	Insignificante	Minore	Moderate	Majore
	Aproape sigur			
	Probabil			
	Posibil			
Improbabil				
Rar				

1. Nu aselenizăm în zona de aterizare stabilită.
2. Apar modificări neașteptate ale cerințelor.
3. „Astronautul-ou” nu supraviețuiește.
4. Apar modificări neașteptate ale bugetului.
5. Unele materiale devin indisponibile.
6. Unele materiale devin prea scumpe.
7. Modulul de aterizare devine foarte greu.
8. Un alt grup are un proiect eficient și mai puțin costisitor.
9. Modificarea continuă a proiectului face ca modulul de aterizare să fie prea costisitor de construit.
10. Apare o întârziere.
11. Modulul de aterizare este deteriorat în timpul testării.
12. Modulul de aterizare este deteriorat în timpul transportului.
13. Modulul de aterizare este deteriorat în timpul aselenizării.

Alegeți trei dintre riscurile majore și notați măsurile prin care acestea pot fi reduce sau gestionate:

1) Risc #: _____ Plan de reducere a riscului: _____

2) Risc #: _____ Plan de reducere a riscului: _____

3) Risc #: _____ Plan de reducere a riscului: _____

Analiză de proiectare

Numele modului de aterizare _____

Numele „astronautului-ou” _____

Verificați împreună cu profesorul materialele disponibile și prețurile acestora. Realizați o schiță precisă a modului în care va arăta modulul vostru de aterizare. Discutați despre modul în care diferitele componente și materiale contribuie la protejarea „astronautului-ou”. Întocmiți un buget pentru modulul vostru de aterizare, pe baza prețurilor fiecărui material și nu uitați să includeți costul lansării și al pregătirii „astronautului-ou”.

Material	Preț pe unitate	Cantitate	Preț

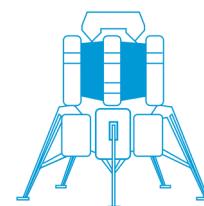
Costul modului de aterizare		
Masa totală („astronaut-ou” + modul de aterizare)		
Costul lansării		
Costul pregătirii „astronautului-ou”		
Costul total (modul de aterizare + lansare + pregătirea „astronautului-ou”)		

→ Activitatea 2: Testarea modului de aterizare

Exercițiul 1

1. Înainte de lansare, notați condițiile de aterizare (vânt, ploaie, tipul suprafeței de aterizare etc.).

Asigurați-vă că „astronautul-ou” este confortabil. Pregătiți-vă pentru țesare



Pe locuri! Fiți gata! Lăsați modulul să cadă!

2. „Astronautul-ou” a supraviețuit căderii? Da _____ Nu _____

3. La ce distanță față de centrul țintei s-a oprit modulul vostru de aterizare? _____ cm

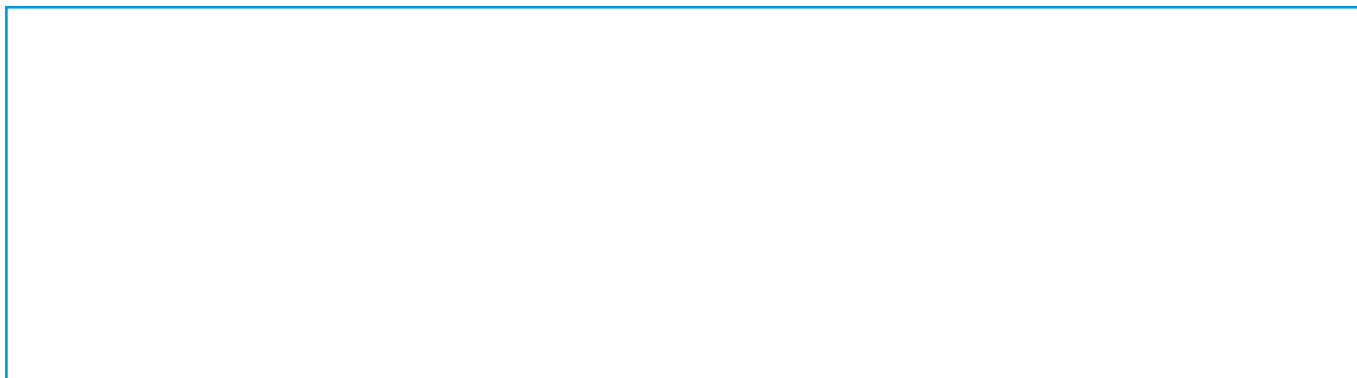
4. Cât de bine a funcționat planul vostru de proiectare? Ați face ceva diferit acum?

5. După ce ați observat căderile modulelor de aterizare ale fiecărei grupe, ați remarcat caracteristici comune ale proiectelor în cazul cărora „astronautul-ou” a supraviețuit?

Exercițiul 2

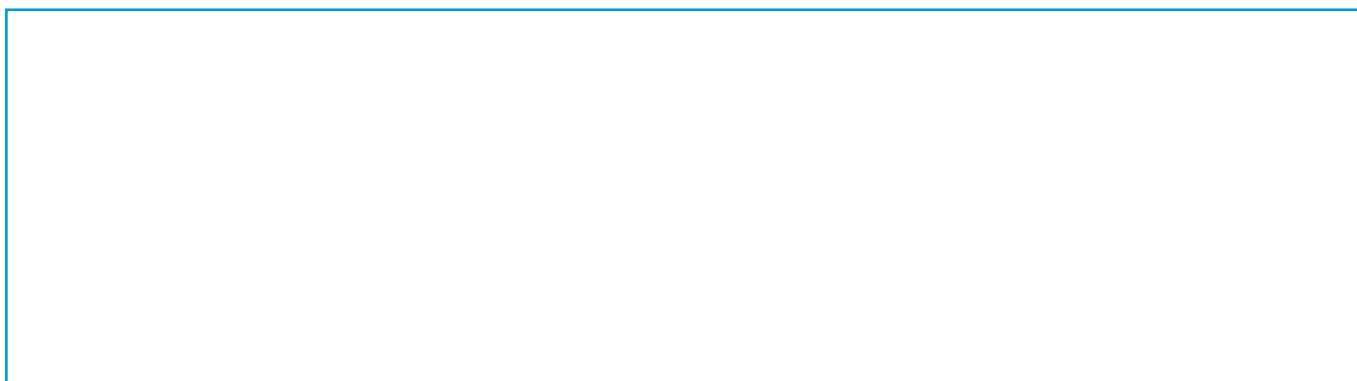
Pentru acest exercițiu, veți avea nevoie de deplasarea modulului de aterizare în funcție de timp.

1. Calculați viteza la impact a modulului de aterizare folosind un grafic al deplasării pe direcția y în funcție de timp.



2. Reprezentați grafic viteza pe direcția y în funcție de timp. Estimați viteza la impact pe baza graficului. Corespunde aceasta aceleiași valori calculate la întrebarea 1? Explicați eventualele diferențe.

3. Utilizați graficul vitezei pe direcția y în funcție de timp pentru a calcula accelerația modulului de aterizare pe direcția y.



4. Accelerația gravitațională este de $9,8 \text{ m/s}^2$. Explicați de ce valoarea obținută prin calcul nu este egală cu această valoare.

→ Activitatea 3: Aterizarea pe Lună

Este timpul să vă pregătiți pentru aselenizare. Ați testat modulul de aterizare pe Pământ, dar ce se va întâmpla atunci când va trebui să aterizeze pe Lună?

1. Există mai multe diferențe între aterizarea pe Lună și aterizarea pe Pământ. Enumerați 3 factori care pot influența aterizarea atât pe Pământ, cât și pe Lună:

Aterizarea pe Pământ	Aterizarea pe Lună
1. _____	1. _____
2. _____	2. _____
3. _____	3. _____

2. Accelerația gravitațională (g) a unei planete este dată de

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

Unde m este masa planetei (sau a Lunii), G este constanta gravitațională, iar r este raza planetei (sau a Lunii). Utilizați valorile de mai jos pentru a rezolva întrebările a) și b):

$G = 6.67408 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$	
$r_{\text{Moon}} = 1737 \text{ km}$	$m_{\text{Moon}} = 7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$
$r_{\text{Earth}} = 6371 \text{ km}$	$m_{\text{Earth}} = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$

a) Calculați accelerația gravitațională pe Pământ și pe Lună.

$$g_{\text{Pământ}} =$$

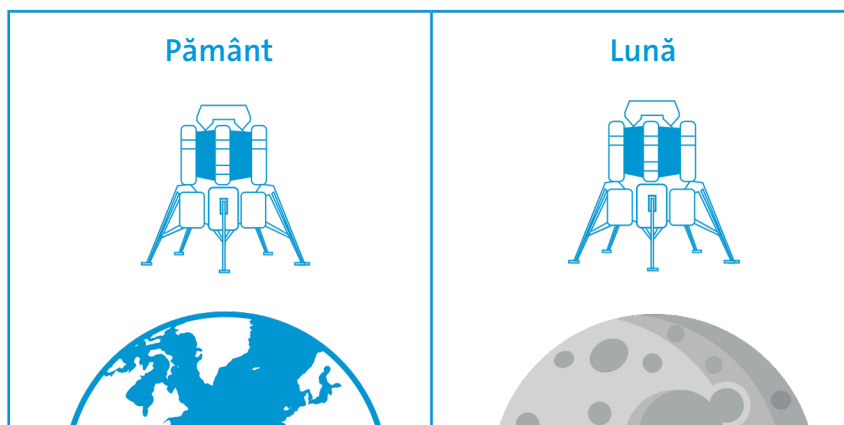
$$g_{\text{Lună}} =$$

b) Folosind a doua lege a mișcării a lui Newton, $F = m \cdot a$, calculați forța gravitațională care acționează asupra modulului vostru de aterizare pe Pământ și pe Lună.

$$F_{g, \text{Pământ}} =$$

$$F_{g, \text{Lună}} =$$

3. a) Reprezentați printr-o diagramă forțele care acționează asupra modulului de aterizare, atât pe Pământ, cât și pe Lună.



- b) Explicați diagrama forțelor.

4. Ce ați putea modifica pentru ca modulul vostru de aterizare să fie mai bine adaptat pentru aterizarea pe Lună? Explicați.

→ Linkuri

Resurse ESA

Provocarea Moon Camp

esa.int/Education/Moon_Camp

Animatii despre cum putem ajunge pe Lună

esa.int/Education/Moon_Camp/Travelling_to_the_Moon

Resursă educațională ESA pentru clasă:

esa.int/Education/Classroom_resources

Proiecte spațiale 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

Informații extra

Ghidul interactiv al ESA despre Lună

<http://lunarexploration.esa.int/#/intro>

Cum se utilizează programul Tracker

Tutorial 1 youtube.com/watch?v=JhI-_gIsE6o

Tutorial 2 youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y

→ ANEXA 1

Activitatea 1 - Proiectarea și construirea unui modul de aterizare lunar

Costuri obligatorii:

Pregătirea „astronautului-ou” – 300 de milioane de euro
Costul lansării – 1 milion de euro pentru fiecare gram

Materiale:

• 1 coală de hârtie A4	50 milioane €
• 1 pai	100 milioane €
• 1 beza	150 milioane €
• 1 bețișor din lemn pentru înghețată	100 milioane €
• 1 pungă de plastic	200 milioane €
• 1 m de sfoară	100 milioane €
• 1 m de bandă adezivă	200 milioane €
• 1 balon	200 milioane €

→ ANEXA 2

Activitatea 2 - Testarea modului de aterizare

Numele modului de aterizare	Înălțimea de la care a fost lăsat să cadă (m)	Distanța față de țintă (cm)	Costul (milioane €)

→ ANEXA 3

Activitatea 2 - Testarea modului de aterizare

Această parte a Exercițiului 2 poate fi realizată fie sub forma unei demonstrații, fie ca o continuare a activităților desfășurate în grup de către elevi, în funcție de disponibilitatea computerelor sau smartphone-urilor în clasă.

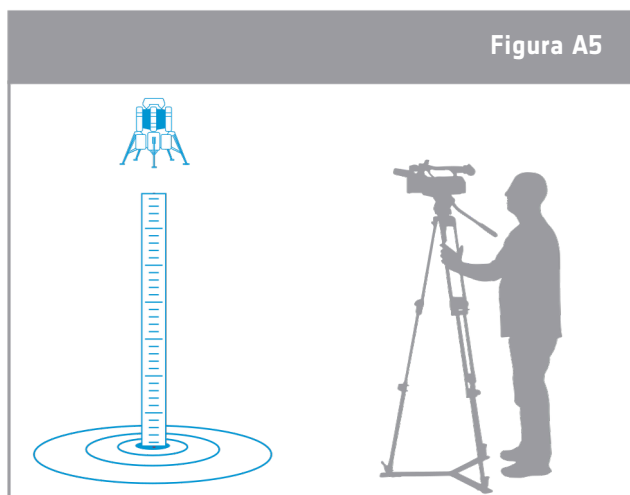
Pentru urmărirea aterizării se va utiliza analiza video a mișcării. Există mai multe programe de analiză video disponibile online – unele sunt gratuite, iar altele necesită achiziționarea unei licențe. Vă recomandăm utilizarea următoarelor:

- Programul Tracker, disponibil gratuit pentru descărcare de la <http://physlets.org/tracker/>, este potrivit pentru utilizarea pe computer.
- Aplicația Video Physics, utilizată împreună cu Graphical (ambele disponibile pentru Android și iOS), este ideală pentru urmărirea mișcării cu ajutorul tabletelor sau smartphone-urilor.

Puteți realiza experimentul și distribui elevilor un singur set de date sau puteți permite fiecărui grup să efectueze individual măsurătorile pentru propriul modul de aterizare.

Pregătirea experimentului

1. Fixați un metru (sau o riglă) ca reper, lângă zona de aterizare.
2. Poziționați camera astfel încât zona de cădere și metrul să apară în același cadru.
3. Mențineți camera fixă în timpul filmării, de preferat folosind un trepied.
4. Atunci când lăsați modulul de aterizare să cadă, asigurați-vă că acesta se află la aceeași distanță față de cameră ca metrul.



↑ Reprezentarea configurației pentru testul de cădere



↑ Exemplu de analiză video a mișcării în timpul unui test de cădere de la o înălțime de aproximativ 2 m

5. Urmăriți modulul de aterizare în programul ales, stabilind manual punctele de reper.
6. Salvați datele.

Date eșantion pentru lansarea modulului de aterizare

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