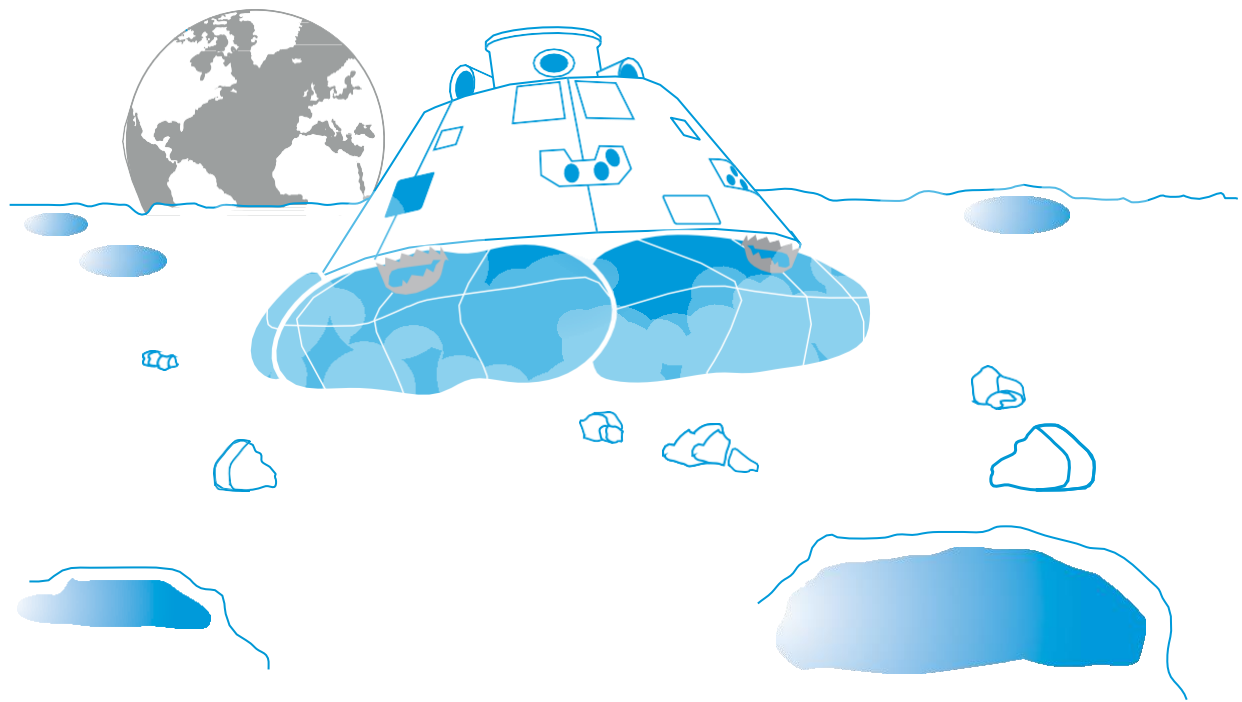
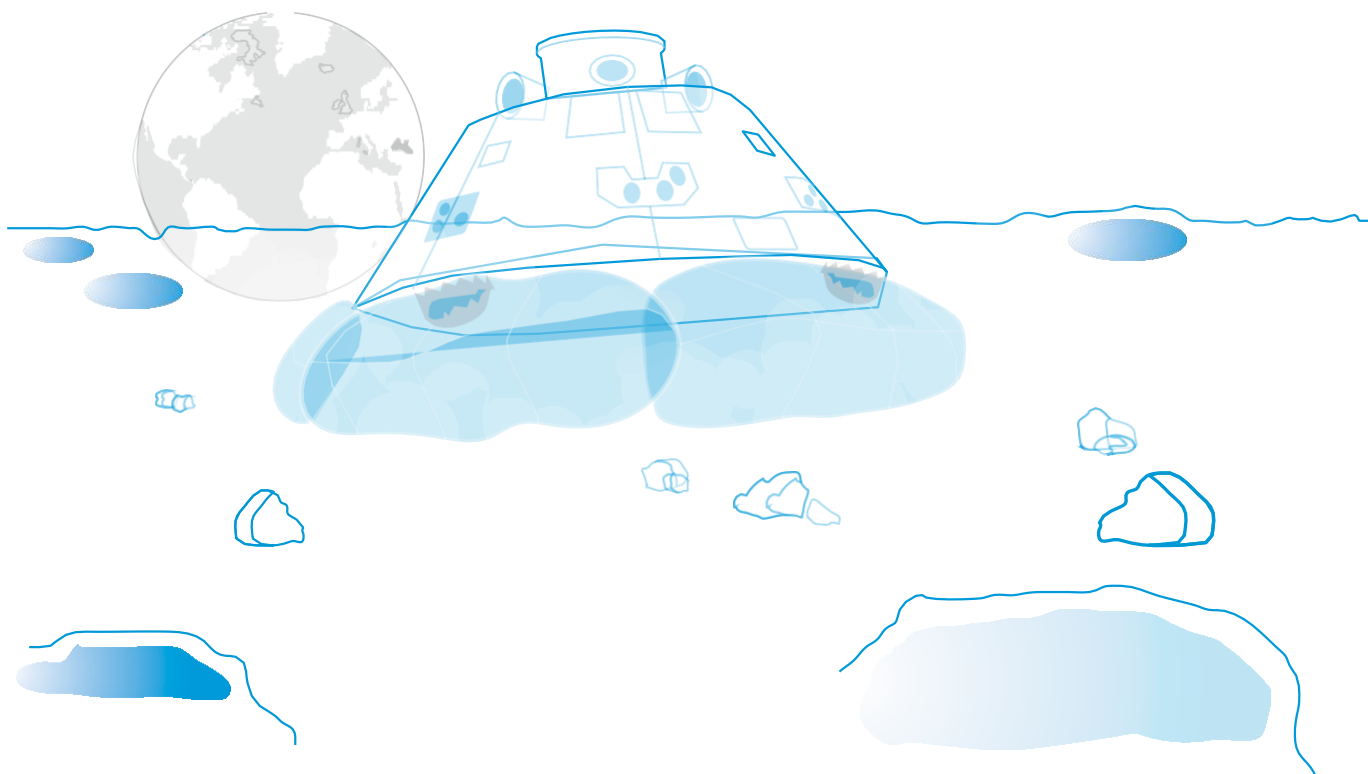


# tanítsunk a világűrrel!

## → HOLDRA SZÁLLÁS

Tervezzünk és építsünk egy holdi leszállóegységet!





## Tanári útmutató

Alapadatok	3. oldal
A tevékenységek áttekintése	4. oldal
Bevezetés	5. oldal
1. tevékenység: Tervezzünk és építsünk egy holdi leszállóegységet!	6. oldal
2. tevékenység: Teszteljük a leszállóegységet!	9. oldal
3. tevékenység: Leszállás a Holdra	12. oldal
Mellékletek	15. oldal
Tanulói munkalap	19. oldal
Linkek	26. oldal

tanítsunk a világűrrel! – holdra szállás | P37  
[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

Az Európai Űrügynökség (ESA) Oktatási Irodája örömmel fogadja a  
visszajelzéseket és észrevételeket  
[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

Az Európai Űrügynökség oktatási programja az Európai Űrügynökség Oktatási  
Erőforrás Iroda (ESERO) Nordic-kal együttműködésben  
Szerzői jogok 2018 © Európai Űrügynökség

## → HOLDRA SZÁLLÁS

Tervezzünk és építsünk egy holdi leszállóegységet!

### ALAPADATOK

**Tantárgy:** fizika, matematika, közgazdaságtan

**Korosztály:** 14—16 év

**Nehézségi fok:** közepes

**Tanári felkészülési idő:** 1 óra

**Tanítási idő:** összesen 2 óra 30 perc

**Költség:** alacsony (0—10 euró)

**Helyszín:** tanterem és a szabadban

**Kulcsszavak:** fizika, matematika, közgazdaságtan, Holdra szállás, gravitáció, súrlódás, erő, gyorsulás, sebesség, Newton törvényei, költségvetés, kockázatelemzés

### Rövid ismertetés

A tevékenységek keretében a tanulók megterveznek és megépítenek egy olyan leszállóegységet, amelyben a „tojás-úrhajós” sértetlenül landolhat a Holdon. Tanulmányozzák, hogy milyen tényezőkkel kell számolniuk a Holdra szállás során, összehasonlítva a Földre történő leszállással. A holdi leszállóegység megtervezésénél a tanulóknak figyelembe kell venniük a kockázatokat és a költségvetést.

### Tanulási célok

- Azonosítjuk a Föld és a Hold felszínére történő leszállásnál közreműködő erőket.
- Megértjük a tömeg és a gravitációs erő közötti kapcsolatot.
- Megoldást találunk egy problémára Newton második törvénye (a dinamika alaptörvénye) segítségével.
- Megtervezünk egy projektet a költségvetés és a kockázatok figyelembevételével.
- Gyakoroljuk a csapatmunkát idő- és pénzbeli korlátokhoz igazodva.

→ A tevékenységek áttekintése

A tevékenységek áttekintése					
	Cím	Leírás	Eredmény	Szükséges előzmények	Időtartam
1	Tervezzünk és építsünk egy holdi leszállóegységet!	Megtervezük és megépítünk egy holdi leszállóegységet. Kockázatértékelést végzünk és építési tervet készítünk.	Megtanulunk fix költségvetéshez és követelményekhez igazodva megtervezni egy projektet. Elvégezzük a kockázatértékelést és elkészítjük az építési tervet. Megépítjük a holdi leszállóegységet.	Nincs	60 perc
2	Teszteljük a leszállóegységet!	Teszteljük a holdi leszállóegységet. Kiértékeljük az eredményeket.	Teszteljük a leszállóegységet és elvégezzük az adatgyűjtést. Kiszámítjuk a gyorsulást és a sebességet leszállás közben.	Az 1. tevékenység elvégzése.	60 perc
3	Holdra szállás	Összehasonlítjuk a Földre és a Holdra történő leszállást.	Tanulunk a Hold és a Föld közötti különbségekről. Kiszámítjuk a gravitációs gyorsulás és a gravitációs erő értékét.	A 2. tevékenység elvégzése.	30 perc

## → Bevezetés

Az 1969-ben indított Apollo-11 volt az első emberes küldetés, amely a Holdra szállt. A Földről induló négynapos utazást követően az Eagle (Sas) nevet viselő holdi leszállóegység levált a Hold körül keringő parancsnoki modulról, és a Mare Tranquilitatis (Nyugalom Tengerén), egy viszonylag sima és egyenletes területen landolt. A leszállóegységet kézi vezérléssel irányították, hogy kikerülje a sziklákat és a krátereket. „Houston, itt a Nyugalom bázis. A Sas leszállt.” Ezek a szavak új korszakot nyitottak az emberiség felfedezéseinek történetében.

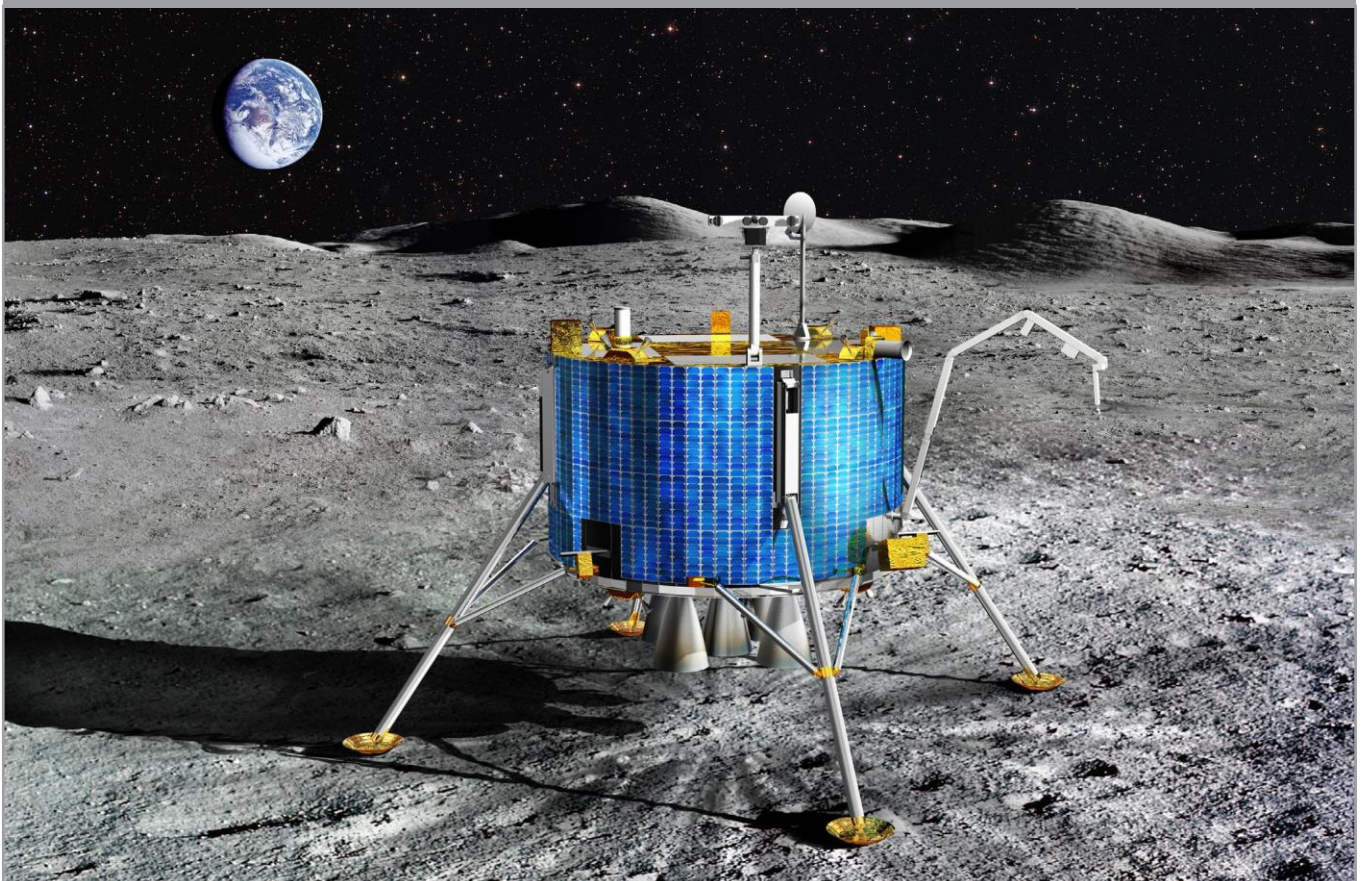
Az Apollo-12, a második emberes Holdra szállást megvalósító küldetés nagy jelentőséggel bírt a precíziós leszállás gyakorlása szempontjából. Az ereszkedés nagy része automatikusan történt, a precíziós leszállás pedig elősegítette az adott célterületen való landolást.

A Hold felszínére történő leereszkedés a Holdra szállás egyik legkritikusabb és legnehezebb fázisa. Az űreszköznek a Hold körüli pályán tartott 6000 km/órától néhány km/óra kell csökkentenie a sebességét a zökkenőmentes földet éréshez. A felderítés szempontjából érdekes leszállóhelyek gyakran veszélyes, kráterekkel, sziklákkal és lejtőkkel tarkított, nehezen megközelíthető helyszínek.

Eddig mindössze 12 ember járt a Hold felszínén, utoljára 1972-ben. Az Európai Űrügynökség más partnerekkel együttműködve azt tervezi, hogy a következő évtizedekben robot- és emberes küldetésekkel visszatér a Holdra.

Az alábbi tevékenységek keretében a tanulók megterveznek egy holdi leszállóegységet, és megismerkednek az űrkutatás néhány kihívásával.

1. ábra



↑ Művészi illusztráció egy holdi leszállóegységről.



## → 1. tevékenység: Tervezzünk és építsünk egy holdi leszállóegységet!

Az alábbi tevékenység keretében a tanulók egyszerű anyagokat felhasználva megterveznek és megépítenek egy holdi leszállóegységet. A cél egy olyan leszállóegység megtervezése, amelyben a „tojás-úrhajós” biztonságosan landolhat a Hold felszínén. A tervezés során a tanulók figyelembe veszik az emberes Holdra szállás kockázatait, és kockázatértékelési tanulmányt, valamint építési tervet készítenek.

### Eszközök

- Papírlap
- Kinyomtatott tanulói munkalap minden csoportnak
- Szívószál
- Pillecukor
- Vattapamacsok
- Jégkrémpálcikák
- Nejlonzacskó
- Zsinór
- Ragasztószalag
- Olló
- Lufik
- Tojás – csoportonként 1 db
- Mérlegek

### Gyakorlat

Alakítsunk 3–4 fős csoportokat, és osszuk ki a csoportoknak a tanulói munkalapokat. Ismertessük a tanulókkal a küldetést és annak követelményeit. Kérjük meg a csoportokat, hogy tervezzenek egy emberes holdi leszállóegységet az Európai Űrügynökség számára. A tervüket titokban tarthatják a többi csoport előtt, de dönthetnek úgy is, hogy a csapatok együttműködnek és segítik egymást. Ettől függetlenül minden csapatnak be kell mutatnia a saját tervét.

Mielőtt a tanulók elkezdik a munkát, vezessük rá őket néhány fontos szempontra, amelyet figyelembe kell venniük. Kérdezzük meg, milyen tényezőket kell szem előtt tartani egy másik égitestre történő leszálláskor. Ilyen lehet például a leszállási célponttól való távolság, a légkör összetétele vagy hiánya, a megfelelő helyen történő landolás fontossága, a megközelítés szöge stb.

Adjuk meg a tanulóknak az anyagok listáját és azok költségeit (1. melléklet). A tervezés hatékonysága érdekében a kezdeti tervezési fázis után beszerzendő további anyagokra 10% többletköltséget kell számítani. Minden csapat költségvetése 1 milliárd euró. Ennek fedeznie kell az összes kiadást, beleértve a „tojás-úrhajós” kiképzését (300 millió), a startot (grammonként 1 millió) és az anyagköltséget. Az anyaglista és a rendelkezésre álló költségvetés módosítható aszerint, hogy a tevékenységet nehezíteni vagy könnyíteni szeretnénk, illetve egy meghatározott időpontban szűkíthetjük (vagy bővíthetjük) is a költségvetést.

## Tervezési munkaszakasz:

Az építés megkezdése előtt a tanulók végezzenek kockázatértékelést a tanulói munkalapon található sablon felhasználásával. A kockázatkezelés során egy kockázat felmerülésének valószínűségét és hatását is értékeljük. Kockázatok a tervezéstől kezdve a kivitelezésen át a szállításig és a személyzet képzéséig minden szakaszban felmerülhetnek. A tanulói munkalapon a tanulók találnak egy kockázatértékelési mátrixot és a küldetés lehetséges kockázatainak listáját. A kockázatértékelési mátrix használata a kockázatok értékelésének és rendszerezésének általános módja számos szakmai területen. A tanulók írják be a mátrixba a listán felsorolt kockázatokot, és beszéljék meg, hogy lehetnek-e olyan kockázatok, amelyeket még nem vettek figyelembe. Válasszák ki a három legkritikusabb kockázatot, és dolgozzanak ki kockázatcsökkentési stratégiákat.

A tanulók vegyék számba a lehetséges megoldásokat, és a költségvetésüket szem előtt tartva igyekezzenek megtervezni a lehető legbiztonságosabb leszállóegységet. Készítsenek pontos vázlatot az elképzelt modulról, és állítsák össze annak költségvetését a tanulói munkalap sablonjának felhasználásával. Magyarázzuk el a tanulóknak, hogy ez a folyamat nagyon hasonlít egy valódi űrmisszió megtervezéséhez. Minden felhasznált anyagot és rendszert gondosan meg kell tervezni, indokolni és költségvetésbe foglalni.

## Építési munkaszakasz:

A tanulók építsék meg a leszállóegységeiket. Valószínűleg rá fognak jönni, hogy néhány általuk lehetségesnek gondolt döntés nem a várt eredményt hozza. Nehezíthetjük a tevékenységet azzal, hogy 10%-os felárat számolunk az anyagköltségre, ha a tanulók változtatni szeretnének a tervükön.

A tanulók elnevezhetik a moduljaikat (és akár a „tojás-úrhajóst” is). Végül a csoportok mérjék meg a leszállóegységük és a „tojás-úrhajó” tömegét, hogy megbecsüljék a startot költségét. Az összköltség nem lépheti túl az 1 milliárd eurót, és fedeznie kell a „tojás-úrhajós” kiképzését, a startot és a leszállóegység megépítéséhez használt anyagokat.

## Eredmények

Az alábbi példa bemutatja, hogyan kell kitölteni a kockázatértékelési tanulmányt. Az, hogy a tanulók mekkorának értékelnek egy-egy kockázatot, változó lehet, és függ attól, hogyan ítélik meg a küldetést.

		Következmény				
		Elhanyagolható	Csekély	Mérsékelt	Jelentős	Katasztrofális
Valószínűség	Majdnem biztos		A leszállóegység megsérül a tesztelés során	Nem a kijelölt leszállóhelyen történik a leszállás		
	Valószínű		Egy másik vállalat (csoport) hatékonyabb és/vagy olcsóbb tervet készít	Nem tudjuk tartani a határidőt	Váratlanul módosulnak a követelmények	A „tojás-úrhajós” nem éli túl
	Lehetséges		A leszállóegység megsérül szállítás közben	A leszállóegység tömege túl nagy lesz	Váratlanul módosul a költségvetés	A leszállóegység megsérül a végső leszállás során
	Nem valószínű				Egyes anyagok túlságosan megdrágulnak	A terv ismételt megváltoztatása miatt a leszállóegység megépítése túl sokba kerül
	Ritka				Egyes anyagok beszerezhetetlenné válnak	

**1. kockázat:** A „tojás-úrhajós” nem éli túl

**Kockázatcsökkentési terv:** Igyekezzünk minden eshetőségre felkészülve megépíteni a leszállóegységet, ne csak egy mechanizmusra támaszkodva próbáljuk biztosítani a landolást. A végső tesztet megelőzően végezzünk próbalandolásokat úgy, hogy egyre nagyobb magasságból ejtjük le a modult. Először a „tojás-úrhajós” nélkül teszteljük a leszállóegységet.

**2. kockázat:** A terv ismételt megváltoztatása miatt a leszállóegység megépítése túl sokba kerül.

**Kockázatcsökkentési terv:** A tervezés során, az építés megkezdése előtt tartalékoljunk pénzt a későbbi esetleges módosításokra. Pályázzunk kiegészítő finanszírozásra más forrásokból.

**3. kockázat:** Váratlanul módosulnak a követelmények.

**Kockázatcsökkentési terv:** Adaptálható (az esetlegesen megváltozó követelményekhez rugalmasan hozzáigazítható) tervezés és redundancia (többes, sokrétű megoldások). Ne támaszkodjunk csupán egyetlen technológiára vagy mechanizmusra. A leszállóegység megtervezése során, az építés megkezdése előtt tartalékoljunk pénzt a későbbiekre.

## Megbeszélés

A tevékenységnek tudatosítania kell a tanulóknak, hogy milyen fontos azonosítani és megérteni a kockázatokat, bekövetkezésük valószínűségét és – különösképpen – a következményeiket. A tanulóknak fel kell ismerniük, milyen hatalmas jelentőséggel bír a tervezés és a megfelelő költségvetés egy (úr)projektben.

A tevékenység keretében beszélhetünk az űrkutatást kísérő veszélyekről. Az osztállyal megvitathatjuk, hogyan értékelhető egy űrhajós halálának kockázata a leszállóegység költségeihez képest. Vajon az lenne a legjobb, ha az űrkutatást a jövőben csak robotok végeznék?

A 2. tevékenység (a leszállóegység tesztelése) megkezdése előtt határozzuk meg egyértelműen, mikor tekintjük úgy, hogy a „tojás-űrhajós” túlélte a landolást. Lehetnek repedések a tojáson? Mi számít sikeres küldetésnek?

## → 2. tevékenység: Teszteljük a leszállóegységet!

A tevékenység során a tanulók tesztelik, hogy a leszállóegységük kibír-e egy ejtéstesztet, biztosítva a „tojás-úrhajós” sértetlenségét. Összegzik a leszállás körülményeit és az eredményeket befolyásoló egyéb tényezőket. Az ejtéstesztet akár filmre is vehetik, és később videóelemző program segítségével megvizsgálhatják a gyorsulást.

## Eszközök

- Kinyomtatott tanulói munkalap minden csoportnak
- A tanulók által épített leszállóegységek és a „tojás-úrhajósok” (az 1. tevékenységből)
- (opcionális) Fényképezőgép, kamera vagy okostelefon és állvány (lásd a 3. mellékletet)
- (opcionális) Videóelemző program (lásd a 3. mellékletet)
- (opcionális) Számítógép vagy okostelefon

## 1. gyakorlat

A tesztelés megkezdése előtt a tanulók jegyezzék fel a leszállás körülményeit (talaj keménysége, időjárási viszonyok stb.). Fontos, hogy a feltételek minden egyes ejtésnél hasonlóak legyenek. Hívjuk fel a tanulók figyelmét annak fontosságára, hogy ne változtassanak egyszerre több változón.

Jelöljük ki a próbaleszállás helyét a padlón. Ehhez alkothatunk egy keresztet ragasztószalaggal, vagy rajzolhatunk egy célkeresztet, körülötte koncentrikus körökkel jelölve a középponttól való távolságot. Jegyezzük fel az egyes ejtések eredményeit (ehhez a táblázat a 2. mellékletben található). A landolás sikere érdekében különböző magasságokból is végezhetünk ejtésteszteket. A túléléshez a leszállóegységeknek rendelkezniük kell olyan szerkezettel, amely tompítja a becsapódást (pl. párna), vagy többféle mechanizmussal, amelyek eloszlatják a becsapódási energiát.

A Holdra szállók közül kiválaszthatunk egy nyertest a következő kritériumok alapján:

- A leszállóegység által kibírt esés magassága
- A leszállási célponttól való távolság
- A leszállóegység költsége
- Mennyire felelt meg a leszállóegység végleges formája az eredeti tervnek és költségvetésnek
- A csoport általános csapatmunkája, tervezési munkája és kommunikációja

Kérjük meg a tanulókat, hogy mutassák be a projektjüket az osztály előtt. Elemezzék, hogy mennyire működött a tervük, és a végeredmény ismeretében mit csinálnának másképp. Azt is beszéljék meg, milyen külső tényezők befolyásolták az esést, például az időjárási körülmények (erős szél, eső stb.) vagy a landolási terep tulajdonságai (aszfalt, homok, fű stb.).

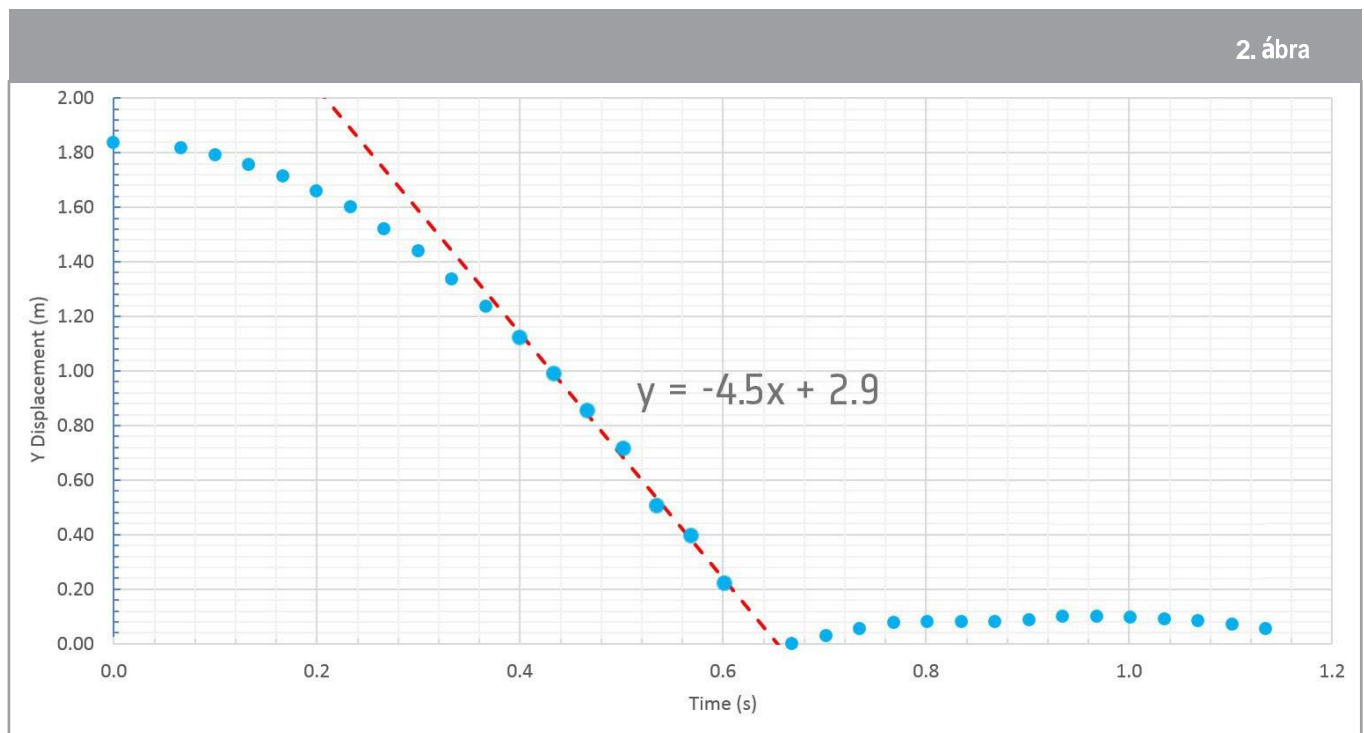
## 2. gyakorlat

A 2. feladathoz szükségünk lesz a pozícióra és a sebességre az idő függvényében. E paraméterek méréséről részletes leírást olvashatunk a 3. mellékletben. Alternatívaként használhatjuk a 3. melléklet 1. táblázatában megadott példa adatait.

A gyakorlat keretében a tanulók elemzik a sebességet és a gyorsulást az esés(ek) során. Példaként a 3. melléklet 1. táblázatának adatait használjuk. Minden tanulónak szüksége lesz egy grafikus számológépre vagy egy számítógépre/okostelefonra Excel vagy ahhoz hasonló programmal.

1. A becsapódási sebesség kiszámítása az „Y irányú elmozdulás az idő függvényében” grafikonon:  
A leszállóegység körülbelüli becsapódási sebességének kiszámításához a tanulók első lépésként ábrázolhatják a leszállóegység y irányú elmozdulását az idő függvényében. Ezután lineáris regresszió analízist végeznek az adatokkal a leszállóegység becsapódása előtt (csak a becsapódás előtti utolsó 5–10 adatpontot figyelembe véve). A lineáris regresszió meredeksége megfelel a körülbelüli becsapódási sebességnek. Ha a leszállóegység még nem érte el a végsebességet, akkor még mindig gyorsul, ezért ezzel a módszerrel csak megközelítő értéket kapunk.

A grafikonon látható példán (2. ábra) az ütközési sebesség körülbelül 4,5 m/s.



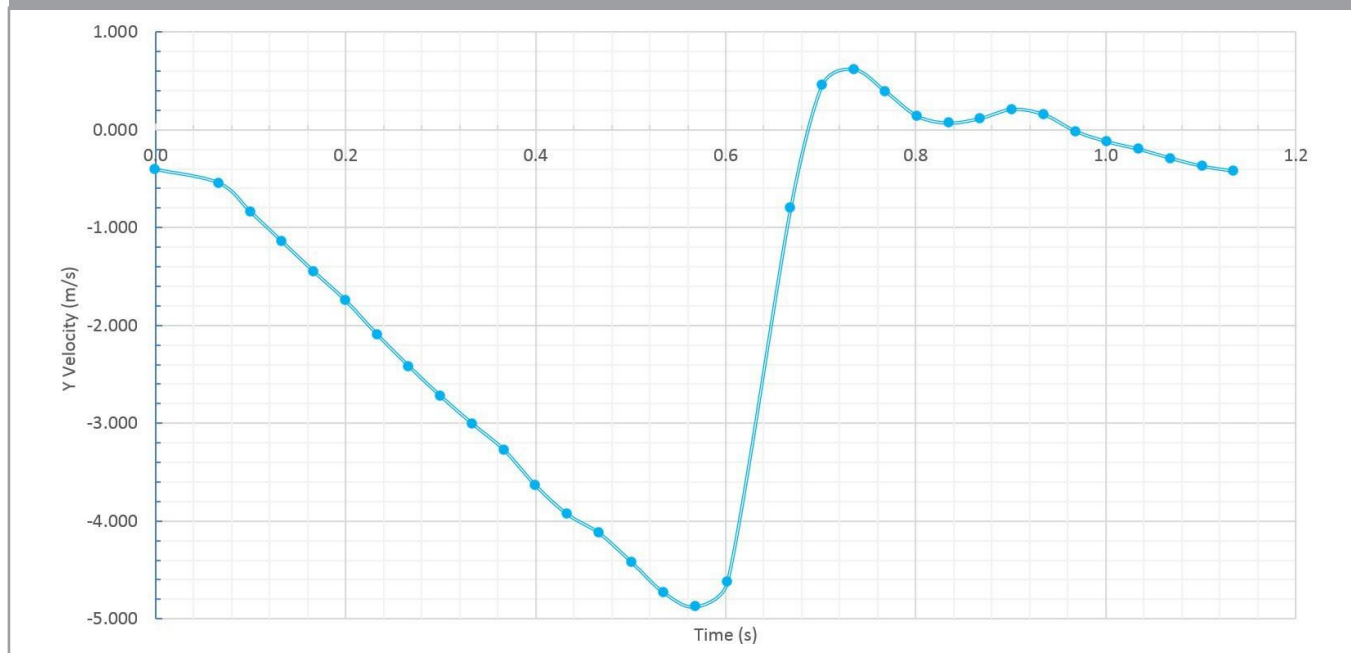
↑ Y irányú elmozdulás az idő függvényében.

2. A becsapódási sebesség meghatározása az „Y irányú sebesség az idő függvényében” grafikonon:

A becsapódási sebességet úgy is meghatározhatjuk, hogy az y irányú sebességet az idő függvényében ábrázoljuk. Ezen a grafikonon könnyen leolvashatjuk a becsapódási sebesség körülbelüli értékét azon a ponton, ahol az y sebesség irányt vált. A 3. ábrán látható, hogy a leszállóegység 4,8 és 4,9 m/s közötti sebességgel csapódik a talajba, ami nagyjából egyezik az 1. kérdésben kiszámított sebességgel. A leszállóegység sebessége a

földet érésig nem csökkenhet (kivéve, ha egy ejtőernyőhöz hasonló rendszert használ, de a mintaadatok esetében ez nem áll fenn). A becsapódási ponthoz közeli adatpontok sebességének eltérései mérési bizonytalanságokból adódhatnak.

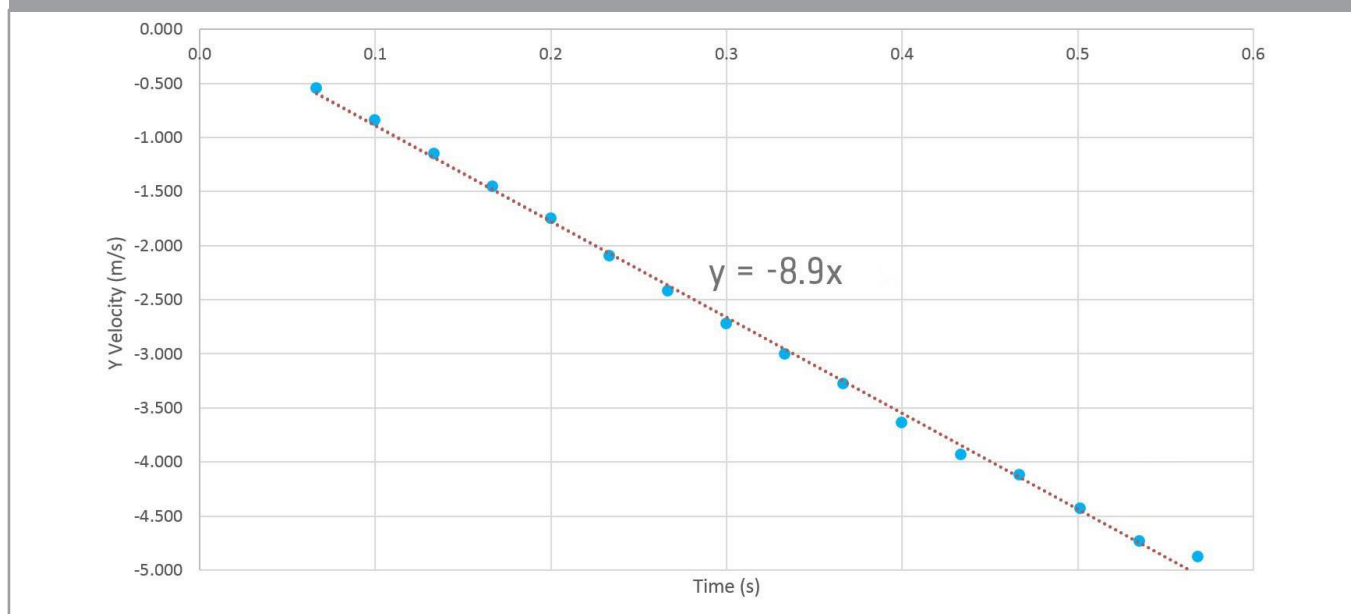
3. ábra



↑ Y irányú sebesség az idő függvényében.

3. A gyorsulás kiszámítása az „Y irányú sebesség az idő függvényében” grafikonon:  
 A leszállóegység gyorsulásának kiszámításához a tanulók elvégezhetik az y irányú sebesség lineáris regresszióját az idő függvényében a becsapódási pont előtt. A lineáris regresszió meredeksége megfelel a leszállóegység gyorsulásának. A 4. ábra mintadatait felhasználva az y irányú gyorsulás kiszámítható a következő egyenlettel:  $y = -8,9 x \text{ m/s}^2$ .

4. ábra



↑ Lineáris regresszió az „Y irányú sebesség az idő függvényében” ábra adataival a becsapódási pont előtt.

4. A légellenállás hatása a gyorsulásra:  
 A légkör jelenléte miatti légellenállás lassítja a leszállóegységet. A légellenállási erő a sebesség négyzetétől függ. Ha a leszállóegységet jóval magasabbról ejtenék le, a tanulók megmérhetnék, hogy a leszállóegység akkor éri el a végsebességet (állandó sebességet), amikor a légellenállási erő megegyezik a gravitációs erővel.



### → 3. tevékenység: Leszállás a Holdra

A tevékenység keretében a tanulók összehasonlítják a Földre és a Holdra történő landolást. Tanulmányozzák a leszállást befolyásoló tényezőket és a leszállóegység erődiagramját mindkét helyszínen. Végül újragondolják a leszállóegységük tervét a tesztelés során tanultak alapján.

### Gyakorlat

A 3. tevékenység bevezetéseként beszélgetünk a Hold és a Föld közötti különbségekről. Milyen tényezők befolyásolják a leszállást az egyes esetekben? Vezessük rá a tanulókat olyan tényezők fontosságának megvitatására, mint a leszállóhely jellemzői vagy a leszállás szöge.

1. Kérjük meg a tanulókat, hogy soroljanak fel 3 olyan tényezőt, amely mindkét helyszínen befolyásolhatja a leszállást. Példák lehetnek:

Leszállás a Földre	Leszállás a Holdra
1. A légkör 2. A leszállóhely jellemzői 3. A légkörbe lépés sebessége 4. A légkörbe lépés szöge 5. Az időjárás	1. A leszállóhely jellemzői 2. A helyszín 3. A leszállási sebesség 4. A megközelítési szög 5. A hőmérséklet változásai

Beszélgetünk a tanulók által felsorolt különbségek következményeiről, például a légkörrel. Hogyan befolyásolja a leszállást a Holdon a légkör hiánya? Az ejtőernyő nem működne a Holdra szállásnál – talán hajtómű vagy légszak kellene helyette. A Föld légkörébe való belépéskor a légköri súrlódás miatt hőpajzsokra van szükség, a Hold esetében viszont ezek elhagyhatók. Ezzel szemben a Holdon a hőmérséklet-ingadozás sokkal szélsőségesebb, mint a Földön, ezért a leszállóegységet akklimatizálni kellene.

2. A 2. kérdés megoldásához a tanulók használják a gravitációs gyorsulás ( $g$ ) egyenletét:

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

ahol  $G$  a gravitációs állandó,  $m$  a bolygó (hold) tömege és  $r$  a bolygó (vagy hold) sugara.

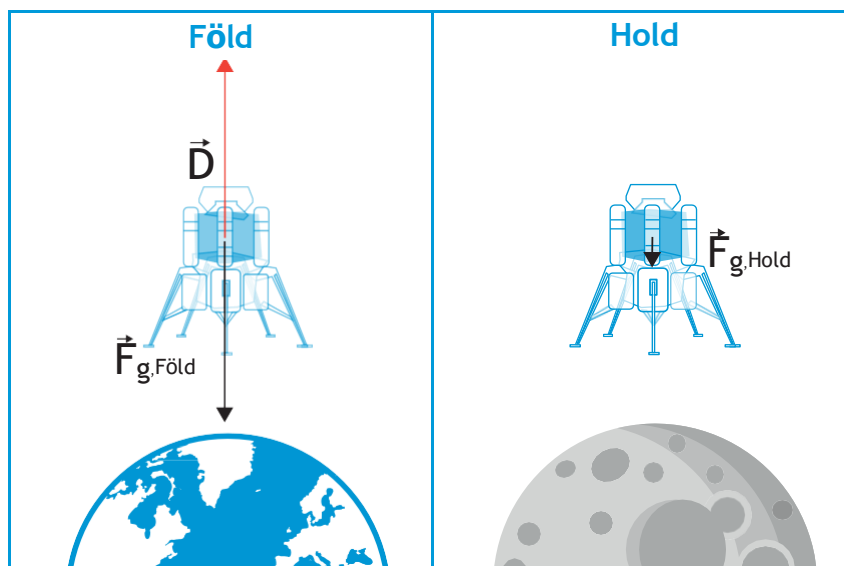
A tanulók használják továbbá Newton második törvényét (a dinamika alaptörvényét):

$$F = m \cdot a$$

ahol  $F$  a testre ható erők eredője,  $m$  a tárgy tömege,  $a$  pedig a gyorsulást.

FÖLD	HOLD
$g_{\text{Föld}} = \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(6\,371\,000 \text{ m})^2}$ $g_{\text{Föld}} = 9,81 \text{ ms}^{-2}$	$g_{\text{Hold}} = \frac{7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg} \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(1\,737\,000 \text{ m})^2}$ $g_{\text{Hold}} = 1,62 \text{ ms}^{-2}$
<p>Ha a leszállóegység tömege 250 g:</p> $F_{g,\text{Föld}} = 9,81 \text{ ms}^{-2} \cdot 0,25 \text{ kg}$ $F_{g,\text{Föld}} = 2,45 \text{ N}$	$F_{g,\text{Hold}} = 1,62 \text{ ms}^{-2} \cdot 0,25 \text{ kg}$ $F_{g,\text{Hold}} = 0,41 \text{ N}$

3. Kérjük meg a tanulókat, hogy rajzolják meg a leszállóegységre ható erőket a Földön és a Holdon. Előre elmondhatjuk, hogy a Holdon a gravitációs gyorsulás 6-szor kisebb, mint a Földön, de lehet a tanulók feladata is, hogy reflektáljanak az általuk kiszámított eredményekre.



A Holdat vákuum veszi körül, ezért a leszállóegységre ható egyetlen erő a gravitációs erő ( $F_{g,\text{Hold}}$ ). A leszállóegységre ható gravitációs erő vektora a Holdon 6-szor kisebb lesz, mint a Földön, ahogy azt a 2. kérdésben kiszámítottuk.

A Földet légkör veszi körül, ezért figyelembe kell vennünk a légellenállást. A légellenállási erő ( $D$ ) a leszállóegység sebességének négyzetétől függ. A sebesség növekedésével a légellenállási erő is nő, amíg el nem éri a gravitációs erő nagyságát. Amikor a légellenállás egyenlő a gravitációs erővel, nem hat külső erő a tárgyra, így az állandó sebességgel (végsebességgel) fog tovább zuhanni.

4. Az előző kérdésekben elvégzett elemzések alapján a tanulók most már tisztában vannak a holdi és a földi leszállóegységek közötti fő különbségekkel. Beszéljük meg a csoportokkal, hogy használhatnának-e ejtőernyőt, valamint a leszálláshoz használt hajtómű vagy légzsák előnyeit és hátrányait is. Kérdezzük meg a tanulókat, hogy másképp terveznék-e meg a leszállóegységet, ha nem kellene gondoskodniuk a „tojás-úrhajós” túléléséről. Kapcsoljuk össze ezt a kérdést a valódi űrkutatással, illetve az emberes és a robotküldetések közötti különbségekkel.

## → Következtetés

A tanulók számára egyértelművé kell, hogy váljon, hogy egy holdi leszállóegység landoltatása bonyolult művelet, amit csak alapos körütekintéssel és számos tesztelést követően lehet végrehajtani. Fel kell ismerniük, hogy az olyan készségek, mint egy projekt kidolgozása meghatározott költségvetéssel, a kockázatértékelés, a tervezés, a tesztelés és a csapatban való munka kulcsfontosságúak minden űrmissziónál. A körütekintés szükségessége és a kockázat az emberes küldetések esetében sokkal nagyobb, mint a robotküldetések esetében.

A tanulóknak arra is rá kell jönniük, hogy a Földön elvégzett tesztek nem tudják teljes mértékben reprodukálni a Holdra történő leszállás környezetét és körülményeit, ezért a gyakorlati tesztelést elméleti tudással kell kiegészíteni a Föld és a Hold közötti különbségek megértéséhez.

## → HOLDRA SZÁLLÁS

Tervezzünk és építsünk egy holdi leszállóegységet!

### → 1. tevékenység: Tervezzünk és építsünk egy holdi leszállóegységet!

Az Európai Űrügynökségtől azt a megbízást kaptátok, hogy tervezetek meg egy olyan leszállóegységet, amely biztonságosan el tud juttatni egy „tojás-úrhajóst” a Hold felszínére.

### Gyakorlat

Ahogy az a valóságban is történik az űriparban, más szervezetekkel (az osztálytársaiddal) versenyeztek és/vagy működtek együtt, hogy elnyerjétek az Európai Űrügynökség szerződését.

#### Feladat:

- Tervezzetek és építsetek egy olyan leszállóegységet, amelyben egy „tojás-úrhajós” sértetlenül landolhat a Holdon.

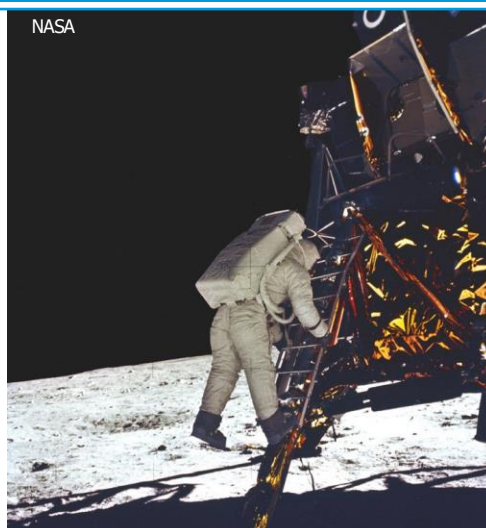
#### Követelmények:

- A leszállóegységnek át kell mennie egy földi ejtésteszten, és a „tojás-úrhajós” túl kell élnie a landolást.
- Csak a rendelkezésre álló anyagokat használhatjátok.
- A leszállóegység elkészítésének költsége nem lépheti túl a költségvetés (legfeljebb 1 milliárd euró).
- A leszállóegységnek pontosan kell landolnia a kijelölt leszállóhelyen.
- Kockázatértékelést és építési tervet kell készítenetek.
- A tervezésre és a leszállóegység megépítésére 60 perc áll rendelkezésetekre.

### Tudtad?

Az embereket a Holdra juttató Apollo űrprogram teljes költsége 25,4 milliárd dollár volt – ennek mai értéke az inflációt figyelembe véve több mint 200 milliárd dollár. 2018-ban az Európai Űrügynökség teljes költségvetése 5,6 milliárd euró volt. Napjainkban az űrügynökségek és az ipar közösen dolgoznak egy fenntarthatóbb holdkutatási program kidolgozásán. Meg kell jegyezni, hogy részben ma is az 1960-as években létrehozott infrastruktúrát használjuk: tesztkamrákat, indítóállásokat, küldetésirányító központokat, földi állomásokat, mérnöki tudást, technológiát, anyagokat, így egy holdkutatási program már a kezdetektől fogva sokkal fenntarthatóbb.

Buzz Aldrin úrhajós az Eagle leszállóegységnél a Holdon. →



## Kockázatértékelési tanulmány

Egy űrmisszió tervezésekor két fő tényezőt kell figyelembe venni: a kockázatot és a költségeket. A küldetések során biztosítanotok kell, hogy a „tojás-úrhajós” biztonságosan landoljon, ugyanakkor költséghatékony küldetésre kell törekednetek, hogy elnyerjétek az Európai Űrügynökség szerződését.

Helyezzétek el a jobb oldalon felsorolt kockázatok a kockázatértékelési mátrixban aszerint, hogy milyen valószínűséggel következnek be, és az esetleges bekövetkezésük milyen következményekkel jár:

		Következmények				
		Elhanyagolható	Csekély	Mérsékelt	Jelentős	Katasztrofális
Valószínűség	Majdnem biztos					
	Valószínű					
	Lehetséges					
	Nem valószínű					
	Ritka					

1. Nem a kijelölt leszállóhelyen történik a leszállás
2. Váratlanul módosulnak a követelmények
3. A „tojás-úrhajós” nem éli túl
4. Váratlanul módosul a költségvetés
5. Egyes anyagok beszerezhetetlenné válnak
6. Egyes anyagok túlságosan megrágulnak
7. A leszállóegység tömege túl nagy lesz
8. Egy másik vállalat(csoport) hatékonyabb és/vagy olcsóbb tervet készít
9. A terv ismételt megváltoztatása miatt a leszállóegység megépítése túl sokba kerül
10. Nem tudjuk tartani a határidőt
11. A leszállóegység megsérül a tesztelés során
12. A leszállóegység megsérül szállítás közben
13. A leszállóegység megsérül a végső leszállás során

Válasszatok ki három fő kockázatot, és írjátok le, hogyan lehet ezeket csökkenteni:

- 1) Kockázat #: \_\_\_\_\_ Kockázatcsökkentési terv: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2) Kockázat #: \_\_\_\_\_ Kockázatcsökkentési terv: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3) Kockázat #: \_\_\_\_\_ Kockázatcsökkentési terv: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Építési terv

A leszállóegység neve: \_\_\_\_\_

A „tojás-úrhajós” neve: \_\_\_\_\_

Egyeztessétek a rendelkezésre álló anyagokat és azok árait a tanárokkal. Készítsetek pontos vázlatot arról, hogyan fog kinézni a leszállóegységetek. Beszéljétek meg, hogy a különböző alkatrészek és anyagok hogyan védik a „tojás-úrhajóst”. Készítsetek költségvetést a leszállóegységetekhez az egyes anyagok árai alapján, és ne felejtsetek el beleszámolni a start és a „tojás-úrhajós” kiképzési költségét sem:

Anyag	Egységár	Összeg	Ár

Leszállóegység ára	
Össztömeg („tojás-úrhajós” + leszállóegység)	
Kilövés költsége	
„Tojás-úrhajós” kiképzési költsége	
<b>Összköltség (leszállóegység + kilövés + kiképzés)</b>	

## → 2. tevékenység: Teszteljük a leszállóegységet!

### 1. gyakorlat

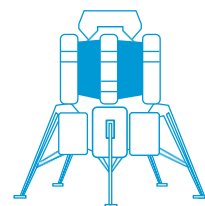
1. A start előtt jegyezzétek fel a leszállás körülményeit (szél, eső, leszállóhely jellemzői stb.).

---

---

Kényelmesen ül a „tojás-úrhajós”? Akkor tesztelésre felkészülni!

**Vigyázz! Kész! Ejtés!!**



2. Túlélte a „tojás-úrhajós” a zuhanást? **Igen** \_\_\_\_\_ **Nem** \_\_\_\_\_
3. Milyen távolságra landolt a leszállóegységetek a céltól? \_\_\_\_\_ cm
4. Mennyire jól működött az építési tervetek? Van valami, amit legközelebb másképp csinálnátok?

---

---

5. Miután megfigyeltétek az összes csoport ejtéstesztjét, észrevettetek valamilyen közös megoldást azoknál a leszállóegységeknél, amelyekben a „tojás-úrhajós” túlélte?

---

---

---

---



## 2. gyakorlat

Ehhez a feladathoz szükségetek lesz a leszállóegység elmozdulására az idő függvényében.

1. Számítsátok ki a leszállóegység becsapódási sebességét az  $y$  irányú elmozdulást az idő függvényében ábrázoló grafikon segítségével.

2. Ábrázoljátok az  $y$  irányú sebességet az idő függvényében. Becsüljétek meg a becsapódási sebességet a grafikon alapján. Egyezik az eredmény az 1. kérdésben kiszámított értékkel? Ha különbözik, magyarázzátok meg, mi lehet az oka.

3. Használjátok az  $y$  irányú sebességet az idő függvényében ábrázoló grafikont a leszállóegység  $y$  irányú gyorsulásának kiszámításához.

4. A gravitációs gyorsulás  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Magyarázzátok meg, miért nem ezt az értéket kaptátok.



### → 3. tevékenység: Leszállás a Holdra

Ideje felkészülni a Holdra szállásra! A Földön már teszteltétek a leszállóegységeket, de mi fog történni a holdi landolásnál?

1. A holdi és a földi landolás sok mindenben különbözik. Soroljatok fel 3 tényezőt, amelyek befolyásolhatják a leszállást a Földre és a Holdra:

Leszállás a Földre	Leszállás a Holdra
1. _____	1. _____
2. _____	2. _____
3. _____	3. _____

2. Egy bolygó gravitációs gyorsulását ( $g$ ) a következőképp lehet kiszámolni:

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

ahol  $m$  a bolygó (vagy hold) tömege,  $G$  a gravitációs állandó és  $r$  a bolygó (vagy hold) sugara. Az a) és b) kérdés megválaszolásához használjátok az alábbi értékeket:

$G = 6,67408 \times 10^{-11} \text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$	
$r_{\text{Hold}} = 1737 \text{ km}$	$m_{\text{Hold}} = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$
$r_{\text{Föld}} = 6371 \text{ km}$	$m_{\text{Föld}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$

- a) Számítsátok ki a gravitációs gyorsulást a Földön és a Holdon.

$$g_{\text{Föld}} =$$

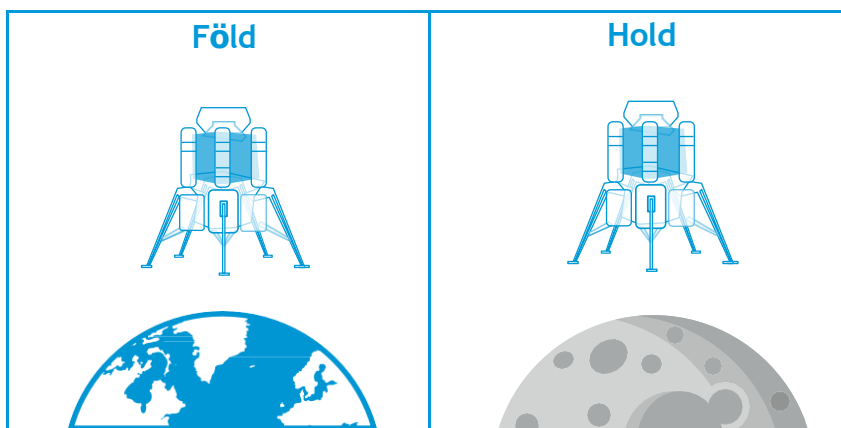
$$g_{\text{Hold}} =$$

- b) Newton második törvénye (a dinamika alaptörvénye,  $F = m \cdot a$ ) alapján számítsátok ki a leszállóegységekre ható gravitációs erő nagyságát a Földön és a Holdon.

$$F_{g, \text{Föld}} =$$

$$F_{g, \text{Moon}} =$$

3. a) Rajzoljátok be a leszállóegységre ható erőket a Földön és a Holdon.



- b) Magyarázzátok meg az erődiagramotokat.

---



---



---



---



---

4. Hogyan módosítanátok a leszállóegységeket, hogy alkalmasabb legyen a holdi landolásra? Indokoljátok a válaszotokat.

---



---



---



---



---

→ **Linkek**

## Az Európai Űrügynökség segédanyagai

Holdtábor-kihívás

[esa.int/oktatás/mooncamp](http://esa.int/oktatás/mooncamp)

Animációk arról, hogyan juthatunk el a Holdra

[esa.int/Education/Moon\\_Camp/Travelling\\_to\\_the\\_Moon](http://esa.int/Education/Moon_Camp/Travelling_to_the_Moon)

Oktatási segédanyagok

[esa.int/Education/Classroom\\_resources](http://esa.int/Education/Classroom_resources)

## Az Európai Űrügynökség űrprojektjei

SMART-1

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

HERACLES

[esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Exploration/Landing\\_on\\_the\\_Moon\\_and\\_returning\\_home\\_Heracles](http://esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Exploration/Landing_on_the_Moon_and_returning_home_Heracles)

## További információk

Az Európai Űrügynökség interaktív Hold-útikalauza

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

## Útmutatók a Tracker program használatához

1. bemutató

[youtube.com/watch?v=JhI-\\_glsE6o](http://youtube.com/watch?v=JhI-_glsE6o)

2. bemutató

[youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y](http://youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y)

## → 1. MELLÉKLET

### 1. tevékenység – Tervezzünk és építsünk egy holdi leszállóegységet!

#### Kötelező költségek:

„Tojás-úrhajós” kiképzése	300 millió euró
Start költsége	1 millió euró grammonként

#### Anyagok:

1 lap A4-es papír	50 millió euró
1 szívószál	100 millió euró
1 pillecukor	150 millió euró
1 jégkrémpálcika	100 millió euró
1 nejlonzacskó	200 millió euró
1 m zsinór	100 millió euró
1 m ragasztószalag	200 millió euró
1 lufi	200 millió euró

## → 2. MELLÉKLET

## 2. tevékenység – Teszteljük a leszállóegységet!

[illegible]

--	--	--	--



## → 3. MELLÉKLET

### 2. tevékenység – Teszteljük a leszállóegységet!

A 2. gyakorlatnak ez a része akár demonstrációként, akár a tanulócsoporthoz tartozó tevékenységek folytatásaként is elvégezhető, attól függően, hogy az osztályteremben rendelkezésre állnak-e számítógépek vagy okostelefonok.

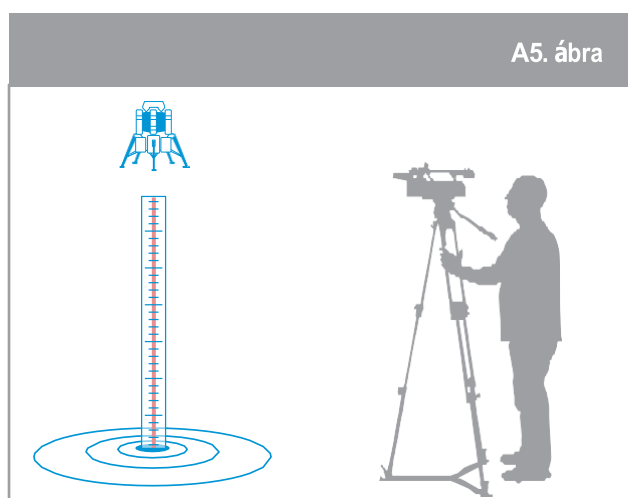
A landolás nyomon követésére használhatunk videós mozgáselemzést. Az interneten számos ingyenes vagy licensszel használható videóelemző program elérhető. A következőket ajánljuk:

- A „Tracker program” ingyenesen letölthető a <http://physlets.org/tracker/> oldalon, elsősorban számítógépen történő használatra javasolt.
- A „Video Physics” alkalmazás a „Graphical” alkalmazással együtt (mindkettő elérhető Android és iOS rendszerre) ideális a táblagépekkel vagy okostelefonokkal történő használatra.

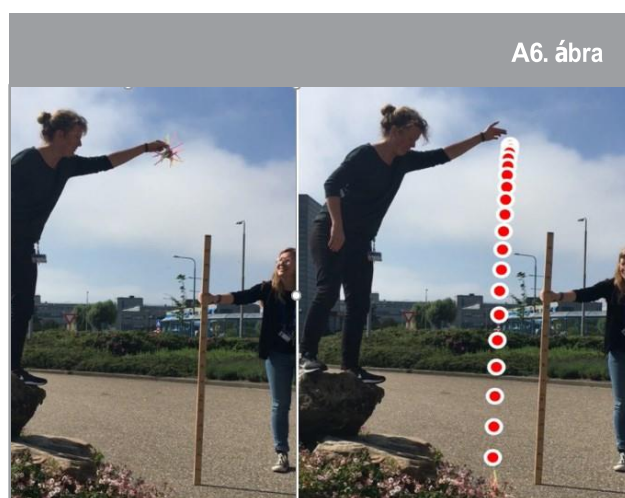
A kísérletet elvégezhetjük mi magunk és kioszthatunk a tanulóknak egy egységes adatsort, vagy a tanulók egyénileg is elvégezhetik a méréseket a saját leszállóegységükkel.

### Beállítás

1. Rögzítsünk egy méterrudat (vagy vonalzót) referenciaként a leszállási célpont mellé.
2. Helyezzük el a kamerát úgy, hogy az ejtés helye és a méterrúd ugyanabban a képkockában legyen.
3. A kamerát felvétel közben tartsuk stabilan – legjobb, ha állványt használunk.
4. A leszállóegység ejtésekor győződjünk meg róla, hogy az ugyanolyan távolságra van a kamerától, mint a méterrúd.



↑ Az ejtésteszt beállítása.



↑ Kb. 2 méter magasságból történő ejtésteszt videós mozgáselemzése.

5. Kövessük nyomon a leszállóegységet a kiválasztott programban a jelölőpontok kézi rögzítésével.
6. Mentsük el az adatokat.

Mintaadatok a leszállóegység ejtéstesztjéhez.

Idő (s)	Y elmozdulás (m)	Y sebesség (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