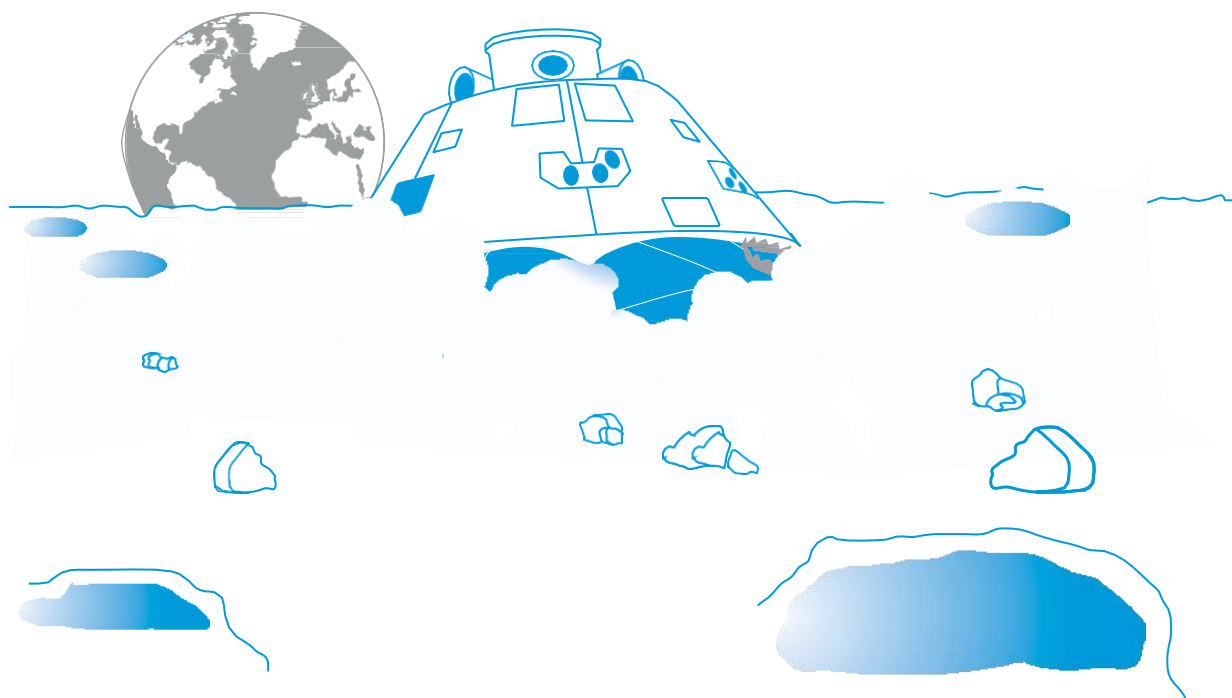
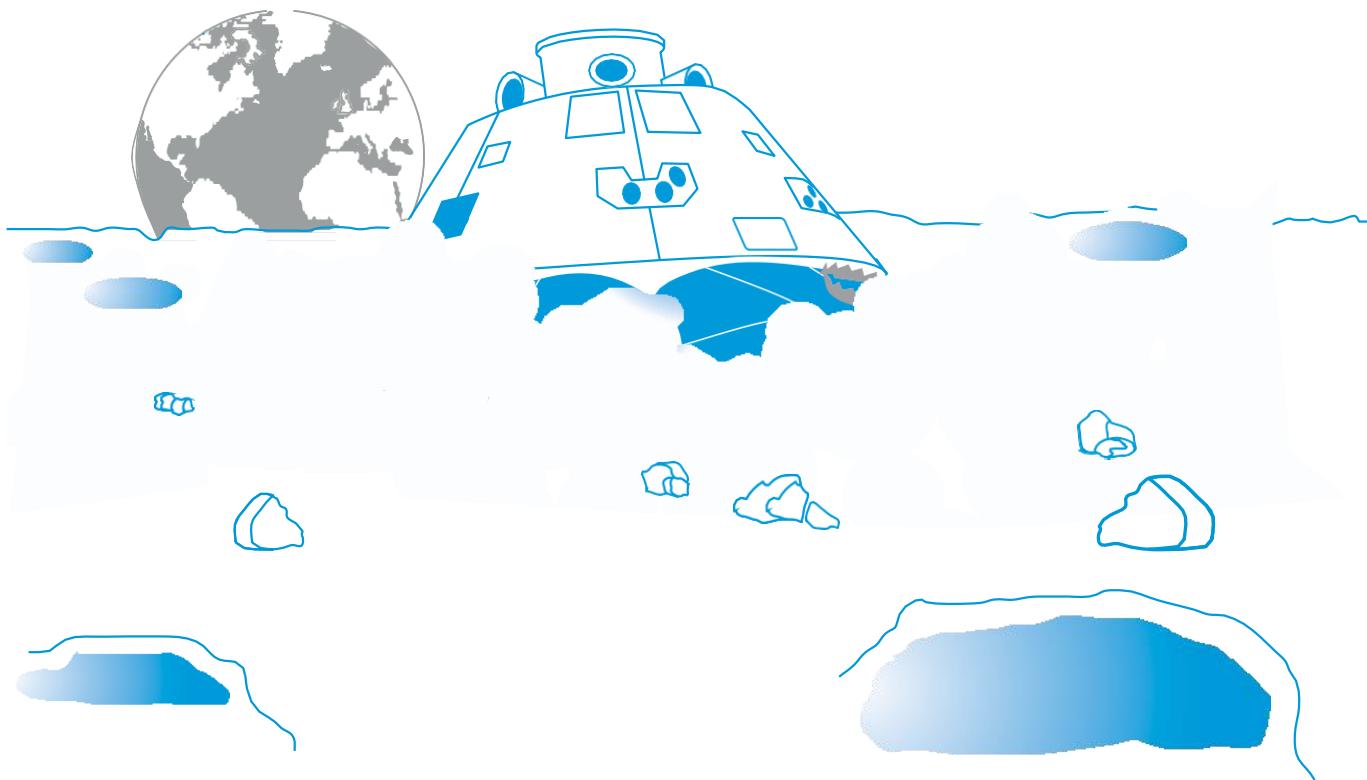


učenje z vesoljem

→ PRISTANEK NA LUNI

Načrtovanje in izdelava pristajalnika za Luno





Vodnik za učitelje

Pregled	stran 3
Povzetek dejavnosti	stran 4
Uvod	stran 5
Dejavnost 1: Načrtovanje in izdelava pristajalnika za Luno	stran 6
Dejavnost 2: Preizkusite svoj pristajalni modul	stran 9
Dejavnost 3: Pristanek na Luni	stran 12
Priloge	stran 15
Delovni list za učence	stran 19
Povezave	stran 26

učenje z vesoljem – pristanek na Luni | P37
www.esa.int/education

V pisarni za izobraževanje ESA smo veseli vseh povratnih informacij in komentarjev na teachers@esa.int

Izdelek ESA Education sodelovanju z ESERO Nordic.
Copyright 2018 © European Space Agency

→ PRISTANEK NA LUNI

Načrtovanje in izdelava pristajalnika za Luno

HITRA DEJSTVA

Predmet: fizika, matematika, ekonomija

Starostni razpon: 14–16 let

Tip: dejavnost za učence

Zahtevnost: srednja

Čas za pripravo učitelja: 1 ura

Potreben čas za izvedbo dejavnosti: skupno 2 uri in 30 minut

Strošek: nizek (0–10 evrov)

Lokacija: učilnica in na prostem

Ključne besede: fizika, matematika, ekonomija, pristANEK na Luni, gravitacija, trenje, sila, pospešek, hitrost, Newtonovi zakoni, načrtovanje stroškov, analiza tveganja

Kratek opis

V tem sklopu dejavnosti bodo učenci načrtovali, oblikovali in izdelali pristajalni modul za zagotovitev preživetja posadke (v obliki jajce-navta), ki pristane na Luni. Raziskovali bodo, katere dejavnike je treba upoštevati pri pristanku na Luni v primerjavi s pristankom na Zemlji. Pri načrtovanju pristajalnika morajo učenci upoštevati dejavnike tveganja in načrtovanje stroškov.

Učni cilji

- Določitev sil, ki delujejo pri pristanku na površini Zemlje in Lune.
- Razumeti razmerje med maso in gravitacijsko silo.
- Rešiti problem z uporabo drugega Newtonovega zakona gibanja.
- Oblikovati projekt ob upoštevanju razpoložljivih sredstev in obvladovanja tveganj.
- Delo v ekipi v časovni in denarni stiski.

→ Povzetek dejavnosti

Povzetek dejavnosti					
	Naslov	Opis	Cilj	Zahteve	Čas
1	Načrtovanje in izdelava pristajalnika za Luno	Načrtovanje in izdelava pristajalnika za Luno. Raziskava ocene tveganja in raziskava projekta.	Naučiti se oblikovati projekt s fiksnim proračunom in zahtevami. Dokončanje ocene tveganja in raziskave projekta. Izdelava pristajalnika.	Brez	60 minut
2	Preizkusite svoj pristajalni modul	Test lunarnega pristajalnika. Analize rezultatov.	Preizkusiti pristajalni modul in zbrati podatke. Izračunati pospešek in hitrost med pristankom.	Izvedba dejavnosti 1.	60 minut
3	Pristanek na Luni	Primerjava pristankov na Zemlji in na Luni.	Spoznati razlike med Luno in Zemljo. Izračun gravitacijskega pospeška in gravitacijske sile.	Izvedba dejavnosti 2.	30 minut

→ Uvod

Leta 1969 je postal Apollo 11 prva misija s posadko, ki je pristala na Luni. Po štiridnevem potovanju z Zemlje se je pristajalnik za Luno, imenovan Eagle (orel), ločil od poveljniškega modula, ki je krožil okoli Lune, in pristal na območju Mare Tranquilitatis, ki je razmeroma gladko in ravno. Lunarni pristajalnik so upravljali ročno, da bi se izognili balvanom in kraterjem. »Houston, tukaj je Tranquility Base. Orel je pristal.« Te besede so zaznamovale novo dobo človeškega raziskovanja.

Apollo 12 – druga misija s posadko, ki je pristala na Luni, je predstavljala vajo natančnega pristajanja; pretežni del spuščanja je bil avtomatski in natančno pristajanje je bilo zelo pomembno, saj je povečalo zaupanje v pristanke na določenih interesnih območjih.

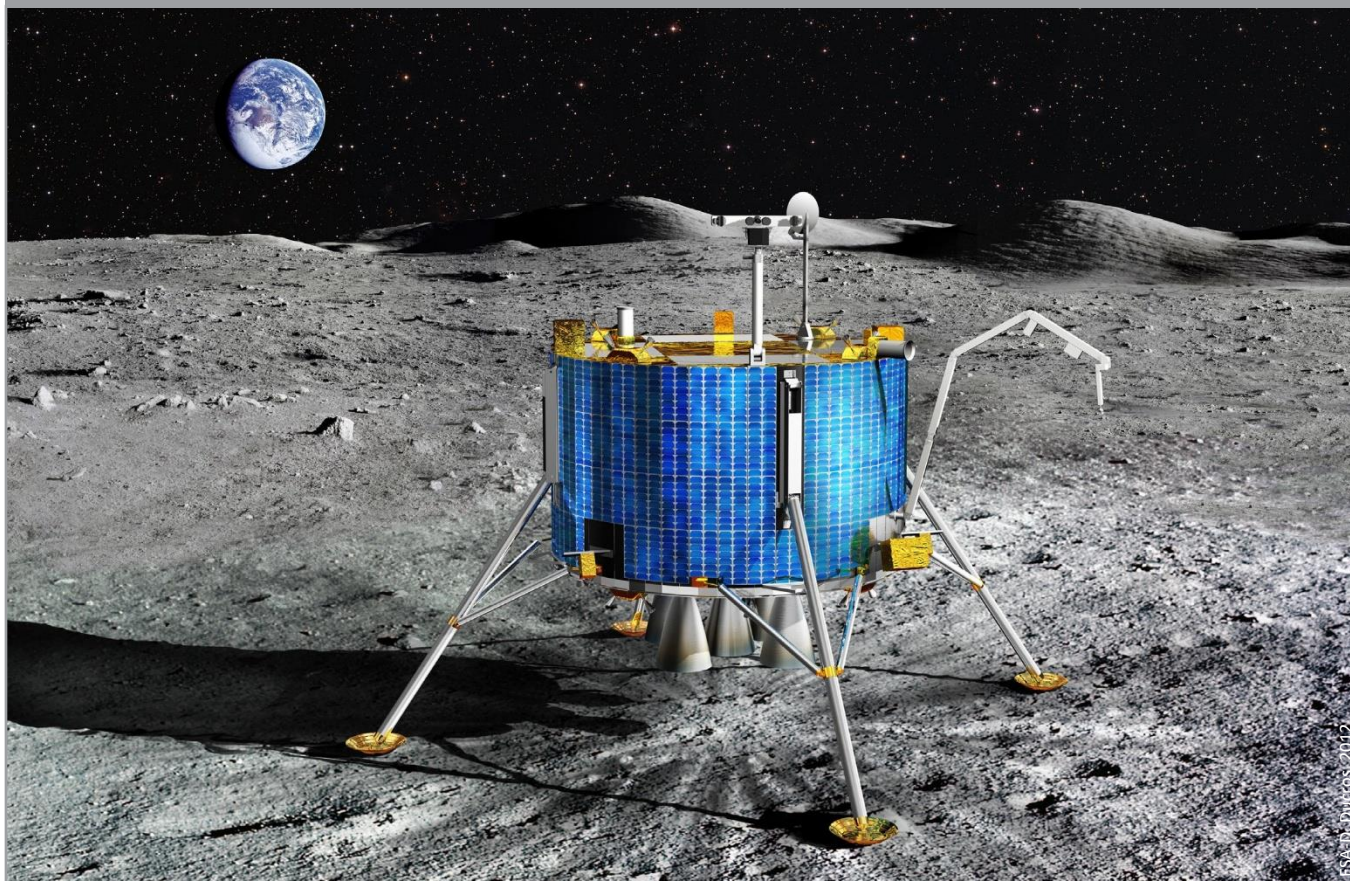
Spuščanje na Lunino površino je ena najbolj kritičnih in težkih faz pristanka. Vesoljsko plovilo mora za nežen pristanek zmanjšati svojo hitrost s 6000 km/h na nekaj km/h. Zanimiva mesta za raziskovanje so pogosto nevarna za pristanek, saj imajo kraterje, skale in pobočja, zato so težko dostopna.

Po površju Lune je hodilo le 12 ljudi, zadnjič se je to zgodilo leta 1972.

Evropska vesoljska agencija v sodelovanju z drugimi partnerji v naslednjih desetletjih načrtuje vrnitev na Luno z robotskimi in človeškimi misijami.

V tem sklopu dejavnosti bodo učenci zasnovali pristajalnik za Luno in se seznanili z nekaterimi izzivi raziskovanja vesolja.

Slika 1



↑ Umetniški vtis lunarnega pristajalnika.

→ Dejavnost 1: Načrtovanje in izdelava lunarnega pristajalnega modula

Cilj dejavnosti je zasnovati pristajalno napravo, ki lahko poskrbi za varen pristanek jajce-navta na površini Lune. Dijaki morajo pri načrtovanju upoštevati tveganja, povezana z misijo lunarnega pristajalnika s posadko, ter izvesti oceno tveganja in študijo načrtovanja.

Oprema:

- papir
- delovni listi za učence, natisnjeni za vsako skupino
- slamice
- penice
- bombažne kroglice
- sladoledne palčke
- plastična vrečka
- vrvica
- lepilni trak
- škarje
- baloni
- jajca – 1 na skupino učencev
- tehcnica

Vaja

Razred razdelite v skupine s 3 ali 4 dijaki. Vsaki skupini razdelite delovne liste. Razložite jim misijo in njene zahteve. Vsaka skupina naj za Evropsko vesoljsko agencijo (ESA) oblikuje lunarni pristajalnik s posadko. Načrtov jim ni treba pokazati drugim skupinam, lahko pa se odločijo za sodelovanje in si pomagajo. Še vedno se pričakuje, da bo vsaka ekipa predstavila edinstven dizajn.

Preden dijaki začnejo z delom, jim pomagajte priti do glavnih vprašanj, ki jih morajo upoštevati. Vprašajte jih, na kaj je pomembno pomisliti pri pristanku na drugem nebesnem telesu. Na primer razdalja do cilja, sestava ali pomanjkanje atmosfere, pomembnost pristanka na pravem mestu, kot dostopa itd.

Učencem posredujte seznam materialov in stroške (priloga 1). Za spodbujanje učinkovitejšega načrtovanja naj materiali, pridobljeni po začetni fazi načrtovanja, stanejo 10 % več. Vsaka ekipa ima proračun v višini 1 milijarde evrov. Ta proračun mora kriti stroške usposabljanja jajce-navta (300 milijonov evrov), izstrelitve (1 milijon evrov na gram) in materiala. Seznam materiala in razpoložljiv proračun je mogoče prilagoditi, da bo aktivnost bolj zapletena ali preprostejša, lahko pa ob določenem času tudi zmanjšate (ali zvišate) proračun.

Faza oblikovanja:

Dijaki naj pred začetkom izdelave pripravijo oceno tveganja s pomočjo predloge na delovnem listu. Pri obvladovanju tveganja ocenjujte tako verjetnost kot vpliv tveganja. Tveganja se pojavljajo vsepovsod; od načrtovanja zasnove do izdelave, prevoza in usposabljanja posadke. Na delovnem listu je na voljo matrika ocene tveganja in seznam možnih tveganj za to nalogo. Takšna matrika se običajno uporablja za analizo in organiziranje tveganj na številnih strokovnih področjih. Učenci naj izpolnijo navedena tveganja v matriko in razmislijo, ali obstajajo tveganja, ki jih niso upoštevali. Izbrati morajo tri največja tveganja in pripraviti strategije za ublažitev posledic.

Dijaki naj razmislijo o rešitvah in skušajo oblikovati najvarnejši pristajalnik v okviru svojega proračuna. Narišejo naj natančno skico svoje ideje in pripravijo proračun za predlagani modul s pomočjo predloge v delovnem listu. Pojasnite, da je ta proces primerljiv z načrtovanjem dejanske vesoljske misije; vsi uporabljeni materiali in sistemi morajo biti skrbno načrtovani, utemeljeni in predvideni v proračunu.

Faza izdelave:

Dijaki naj izdelajo svoj pristajalnik. Verjetno bodo ugotovili, da nekatere odločitve, ki so se jim zdele možne, ne bodo dosegle pričakovanega rezultata. Če želite povečati težavnost, v gradivo vključite dodatno plačilo v višini 10 %, če želijo dijaki spremeniti svoj dizajn.

Dijaki naj poimenujejo svoj modul (in jajce-navta). Na koncu bodo morale skupine stehtati svoj pristajalnik in jajce-navta, da ocenijo stroške izstrelitve. Končni strošek mora biti nižji od 1 milijarde evrov in mora vključevati usposabljanje jajce-navta, izstrelitev in material, uporabljen za izdelavo pristajalnika.

Rezultati

Spodaj je prikazan primer izpolnjevanja ocene tveganja. Dijaki lahko ocenjujejo tveganje na različne načine in glede na svoje dožemanje misije.

		Posledice				
		Nepomembne	Manjše	Zmerne	Večje	Katastrofalne
Verjetnost	Skoraj zagotovo		Pristajalnik je med testiranjem poškodovan.	Ne pristanemo na dogovorjenem pristajališču.		
	Verjetno		Drugo podjetje (skupina) ima učinkovitejšo in/ali cenejšo zasnovo.	Soočamo se z zamudami.	Prišlo je do nepričakovanih sprememb zahtev.	Jajce-navt ne preživi.
	Možno		Pristajalnik je poškodovan med transportom.	Pristajalnik postane zelo težak.	Prišlo je do nepričakovanih sprememb proračuna.	Pristajalnik je poškodovan med končnim pristankom.
	Malo verjetno				Nekateri materiali postanejo predragi.	Nenehno spreminjanje zasnove pomeni, da izdelava pristajalnika stane preveč.
	Redko				Nekateri materiali postanejo nedostopni.	

Tveganje 1: Jajce-navt ne preživi.

Načrt za ublažitev težave: Izdelajte pristajalnik z mislijo na nepredvidene primere. Ne zanašajte se samo na en mehanizem varnega pristanka. Pristanek pred končnim poskusnim pristankom preizkušajte s povišanjem višine. Najprej preizkusite pristajalno napravo brez jajce-navta.

Tveganje 2: Nenehno spreminjanje zasnove pomeni, da izdelava pristajalnika stane preveč.

Načrt za ublažitev težave: Preden začnete z izdelavo pristajalnika, pripravite načrt, pri katerem vam nekaj denarja ostane. Prijavite se za dodatna sredstva iz drugih virov.

Tveganje 3: Prišlo je do nepričakovanih sprememb zahtev.

Načrt za ublažitev težave: Prilagodljiva zasnova in presežek. Zanašajte se na več kot eno samo tehnologijo ali mehanizem. Preden začnete z izdelavo pristajalnika, pripravite načrt, pri katerem vam nekaj denarja ostane.

Razprava

Dejavnost mora ustvariti zavedanje o pomenu prepoznavanja in razumevanja tveganj, verjetnosti za pojav tveganj in – kar je zelo pomembno – njihovih posledic. Učenci se morajo zavedati izjemnega pomena načrtovanja in ustreznega proračuna v (vesoljskem) projektu.

To dejavnost lahko uporabite za razpravo o nekaterih nevarnostih, ki obstajajo pri raziskovanju vesolja. Z razredom se pogovorite o tem, kako oceniti tveganje izgube življenja astronavta v primerjavi s ceno pristajalnika. Bi morali vesoljske raziskave v prihodnosti izvajati le roboti?

Preden začnete z dejavnostjo 2 (preizkus pristajalnika), se prepričajte, ali ste jasno definirali, kaj se šteje kot »preživel jajce-navt«. Je dovoljeno, da ima jajce razpoke? Kaj opredeljuje uspešno misijo?

→ Dejavnost 2: Preizkusite svoj pristajalni modul

Pri tej dejavnosti bodo dijaki preizkusili, ali njihovi pristajalniki preživijo navpični padec in pri tem jajce-navt ostane nepoškodovan. Opisali bodo pogoje za pristanek in spremljali druge dejavnike, ki lahko vplivajo na rezultate. Pristanek lahko posnamejo in kasneje uporabijo orodje za analizo videoposnetka, da preučijo pospeševanje.

Oprema:

- delovni listi za za vsako skupino
- samozgrajeni pristajalni moduli, vključno z jajce-navti (iz Dejavnosti 1)
- (izbirno) kamera/telefon s kamero in stojalo (glejte prilogo 3)
- (izbirno) program za sledenje v videoposnetkih (glejte prilogo 3)
- (izbirno) računalnik ali pametni telefon

Vaja 1

Pred začetkom preizkusov naj dijaki zapišejo pogoje pri pristanku (trdota tal, vremenske razmere itd.). Pomembno je, da so pogoji pri vsakem pristanku podobni. Z učenci se pogovorite o pomenu tega, da ne spreminjate več spremenljivk hkrati.

Na tleh označite mesto testnega pristanka. S trakom lahko označite križ na tleh ali narišete tarčo in obroče, ki označujejo razdaljo od sredine. Zapišite rezultate vsakega pristanka (tabela v prilogi 2). Za uspešne lunarne pristajalnike lahko opravite preizkuse z različnih višin. Preživeli pristajalniki morajo imeti strukturo, ki ublaži začetni udarec (kot je blazina), ali pa več mehanizmov, ki razpršijo energijo udarca.

Zmagovalca med lunarnimi pristajalniki lahko izberete na podlagi naslednjih meril:

- Višina spusta, ki bi jo lahko vzdržal pristajalni modul.
- Razdalja od cilja pristanka.
- Stroški pristajalnika.
- Kako je končni pristajalnik upošteval začetno zasnovo in proračun.
- Celotno timsko delo, načrtovanje in komunikacija skupine.

Dijaki naj svoj projekt predstavijo razredu. Analizirajo naj, kako dobro je njihov načrt deloval in kaj bi naredili drugače zdaj, ko imajo končne rezultate. Razpravljajo naj tudi o tem, kateri zunanji dejavniki so vplivali na spust, na primer vremenske razmere (močan veter, dež itd.), ali pristanek jajca na različnih materialih (asfalt, pesek, trava itd.).

Vaja 2

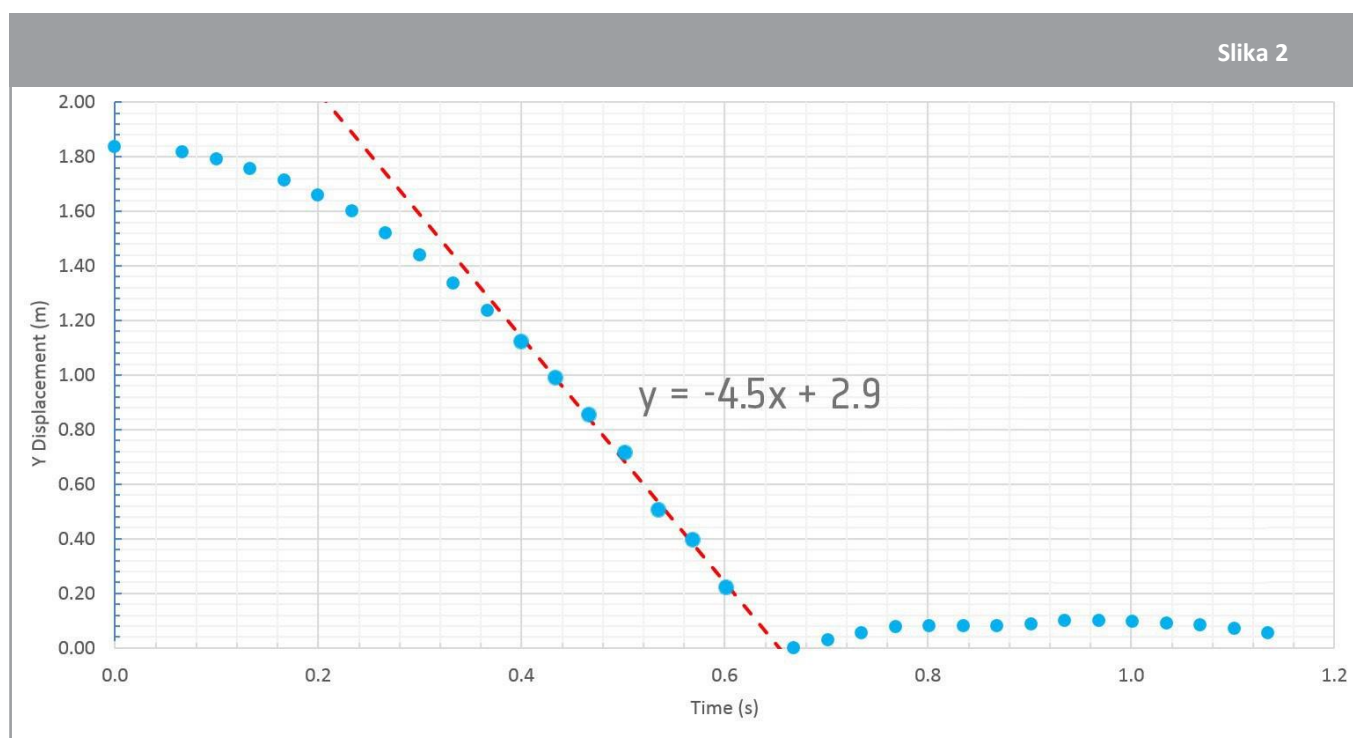
Za vajo 2 boste potrebovali položaj in hitrost kot funkcijo časa. Podrobna navodila, kako meriti te parametre, so na voljo v prilogi 3. Lahko pa uporabite vzorčne podatke iz tabele 1 v prilogi 3.

Pri tej vaji bodo dijaki analizirali hitrost in pospešek med spusti. Kot primer bomo uporabili podatke iz tabele 1 v prilogi 3. Vsak dijak bo potreboval grafični kalkulator ali računalnik/pametni telefon s programom, kot je Excel.

1. Izračun hitrosti trka na grafu premika v smeri y glede na čas:

Za izračun približne hitrosti trka pristajalnika lahko dijaki najprej narišejo premik pristajalnika v smeri y kot funkcijo časa. Nato opravite linearno regresijsko analizo podatkov, preden pristajalna naprava zadene tla (upoštevajte samo 10 do 5 zadnjih podatkovnih točk pred trkom). Naklon te linearne regresije bo ustrezal približni hitrosti trka. Če pristajalnik ni dosegel končne hitrosti, bo še vedno pospeševal in ta metoda bo le približek.

Na grafu s primerom (slika 2) hitrost trka znaša približno 4,5 m/s.

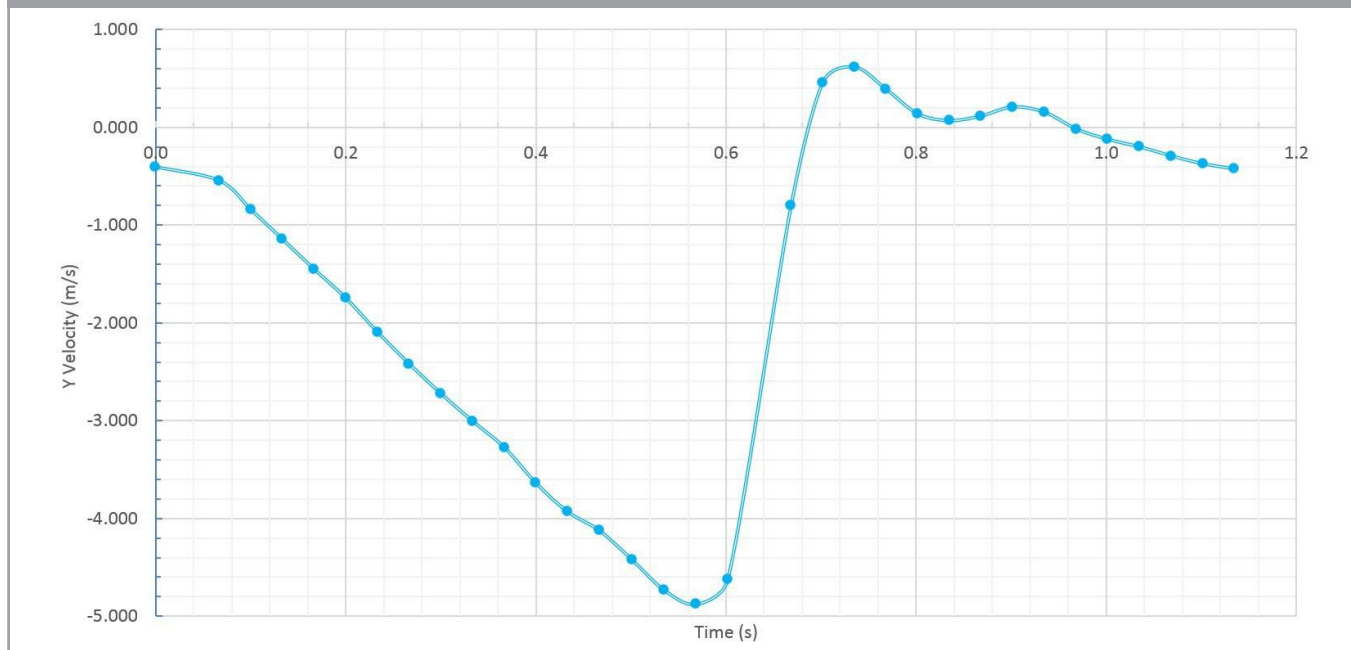


↑ Premik v smeri y glede na čas.

2. Določanje hitrosti trka za hitrost v smeri y glede na čas:

Druga metoda za iskanje hitrosti trka je risanje hitrosti v smeri y kot funkcije časa. Približno hitrost udarca je mogoče enostavno določiti grafu kot točko, pri kateri hitrost y obrne smer. Na sliki 3 lahko vidimo, da pristajalnik trči v tla s hitrostjo med 4,8 in 4,9 m/s, kar je približno enako hitrosti, izračunani pri vprašanju 1. Hitrost pristajalnika se ne sme zmanjšati, dokler ne doseže tal (razen če uporablja sistem, kot je padalo, kar pa ne velja za vzorčne podatke). Spremembe hitrosti v podatkovnih točkah blizu točke trka so lahko posledica negotovosti pri meritvah.

Slika 3

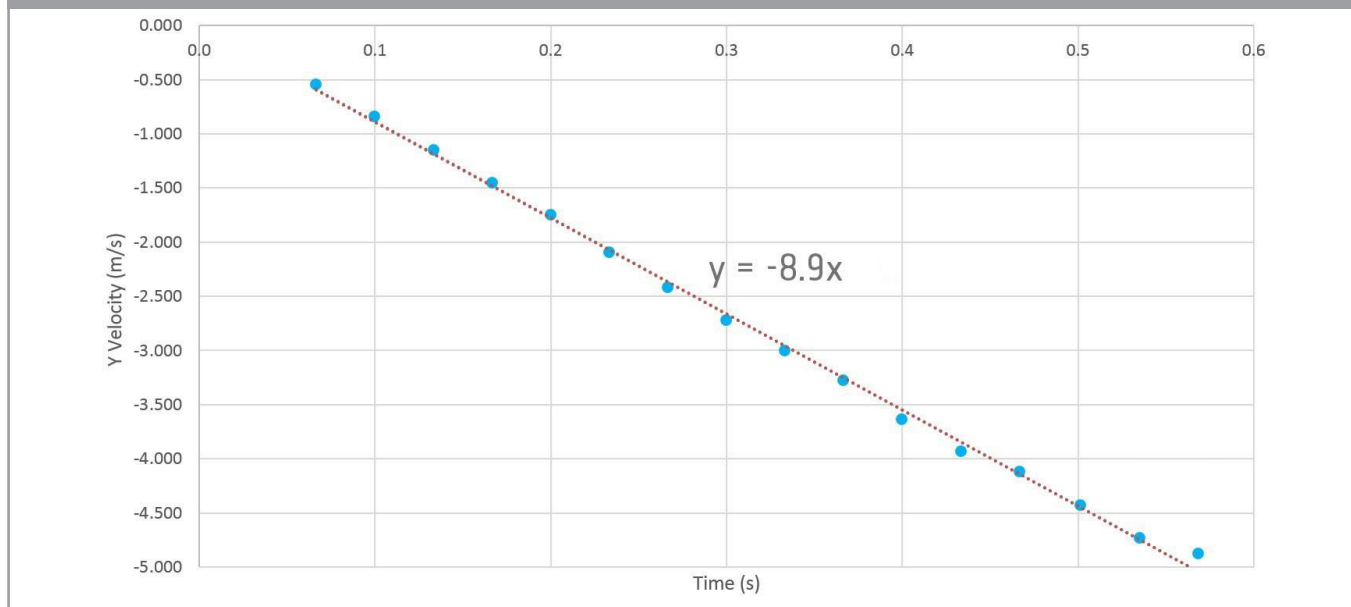


↑ Hitrost v smeri y glede na čas.

3. Izračun pospeška hitrosti v smeri y v odvisnosti od časa:

Za izračun pospeška pristajalnika lahko učenci pripravijo linearno regresijo hitrosti v smeri y kot funkcijo časa pred točko trka. Naklon te linearne regresije bo ustrezal pospešku pristajalnika. Z uporabo vzorčnih podatkov na sliki 4 lahko pospešek v smeri y izračunamo kot $y = -8,9 \text{ xm/s}^2$.

Slika 4



↑ Linearna regresija za podatke o hitrosti v smeri y v primerjavi s podatki o času pred točko trka.

4. Vpliv upora na pospešek:

Zaradi prisotnosti atmosfere bo sila upora, ki deluje na pristajalnik, povzročila pojemek. Sila upora je odvisna od kvadrata hitrosti. Če bi pristajalnik spustili z mnogo višje točke, bi lahko učenci izmerili, da pristajalna naprava doseže končno hitrost (konstantno hitrost), ko je sila upora enaka teži.

→ Dejavnost 3: Pristanek na luni

Pri tej dejavnosti bodo dijaki primerjali pristanek na Zemlji s pristankom na Luni. Raziskali bodo različne dejavnike, ki vplivajo na pristanek na obeh lokacijah in diagram sil. Poleg tega bodo ponovili zasnovano svojega pristajalnika na podlagi tega, kar so se naučili med testiranjem.

Vaja

Za uvod v dejavnost 3 se pogovorite o razlikah med Luno in Zemljo. Kateri dejavniki bodo vplivali na pristanek na vsaki lokaciji? Dijake usmerite k razpravi o dejavnikih, kot so pomembnost lokacije in vrste mesta pristanka ter kot spuščanja.

1. Dijaki naj naštejejo tri dejavnike, ki lahko vplivajo na pristanek na obeh lokacijah. Tukaj je nekaj primerov:

Pristanek na Zemlji	Pristanek na luni
1. Atmosfera	1. Mesto pristanka
2. Mesto pristanka	2. Lokacija na Luni
3. Hitrost ponovnega vstopa	3. Hitrost pristanka
4. Kot ponovnega vstopa	4. Pristopni kot
5. Vreme	5. Variacija temperature

Pogovorite se o nekaterih posledicah razlik, ki so jih našli, na primer o atmosferi. Kako na pristanek vpliva dejstvo, da Luna nima atmosfere? Padalo ne bi delovalo pri pristanku na Luni – morda namesto tega potrebujejo motor ali zračno blazino. Toplotni ščiti so nujno potrebni ob vrnitvi na Zemljo zaradi trenja z atmosfero, na Luni pa ne bi bili potrebni. Nasprotno pa so temperaturne razlike na Luni veliko bolj ekstremne kot na Zemlji, zato bi bilo treba pristajalno napravo aklimatizirati.

2. Za odgovor na vprašanje 2 morajo dijaki uporabiti enačbo za gravitacijski pospešek (g):

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

G je gravitacijska konstanta, m je masa planeta (lune) in r je polmer planeta (ali lune).

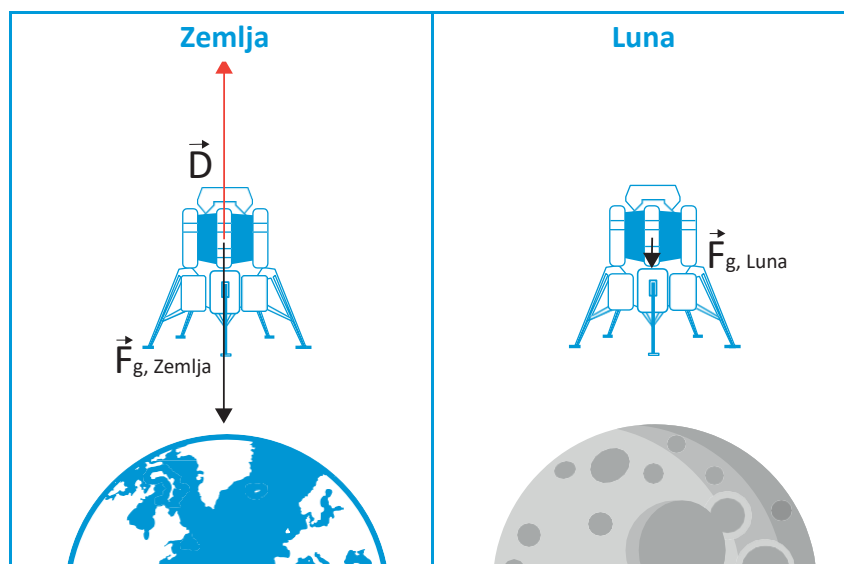
Uporabiti morajo tudi Newtonov drugi zakon gibanja:

$$F = m \cdot a$$

F je rezultanta sile, ki deluje na predmet, m je masa predmeta in a je pospešek.

ZEMLJA	LUNA
$g_{\text{Earth}} = \frac{5.97 * 10^{24} \text{ kg} * 6.67408 * 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(6\,371\,000 \text{ m})^2}$ $g_{\text{Earth}} = 9.81 \text{ ms}^{-2}$	$g_{\text{Moon}} = \frac{7.35 * 10^{22} \text{ kg} * 6.67408 * 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(1\,737\,000 \text{ m})^2}$ $g_{\text{Moon}} = 1.62 \text{ ms}^{-2}$
<p>Ob predpostavki, da je masa pristajalnega modula 250 g:</p> $F_{g,\text{Earth}} = 9.81 \text{ ms}^{-2} * 0.25 \text{ kg}$ $F_{g,\text{Earth}} = 2.45 \text{ N}$	$F_{g,\text{Moon}} = 1.62 \text{ ms}^{-2} * 0.25 \text{ kg}$ $F_{g,\text{Moon}} = 0.41 \text{ N}$

3. Dijaki naj narišejo diagram sil pristajalnika na Zemlji in na Luni. Začnete lahko z razlago, da je gravitacijski pospešek na Luni 6-krat manjši kot na Zemlji; lahko pa razmišljajo o svojem dobljenem rezultatu.



Luna je obdana z vakuumom, zato je edina sila, ki deluje na pristajalnik, gravitacijska sila ($F_{g, \text{Luna}}$) ali teža. Vektor teže pristajalne naprave bo 6-krat manjši na Luni kot na Zemlji, kot smo izračunali v vprašanju 2.

Zemljo obdaja atmosfera, zato moramo upoštevati aerodinamični upor. Sila upora (D) je odvisna od kvadrata hitrosti pristajalnika. Ko se hitrost povečuje, se povečuje tudi sila upora, dokler se ne izenači s težo. Ko je upor enak teži, na predmet ne deluje nobena zunanja sila in bo še naprej padal s konstantno hitrostjo (končno hitrostjo).

4. Z analizo iz prejšnjih vprašanj morajo dijaki zdaj poznati nekatere glavne razlike med pristajalnikom na Luni in pristajalnikom na Zemlji. S skupinami se pogovorite, ali bi bila uporaba padala smotrna. Pogovorite se tudi o prednostih in slabostih uporabe motorja za pristanek ali zračne blazine za blaženje pristanka. Učence vprašajte, ali bi svoj pristajalnik zasnovali drugače, če jim ne bi bilo treba skrbeti za preživetje jajce-navta. To povežite z resničnim raziskovanjem vesolja in razlikami med misijo s posadko in brez nje.

→ Zaključek

Dijaki morajo priti do sklepa, da je pristanek lunarnega pristajalnika zahtevna naloga, pri kateri je potrebnih veliko premislekov in preizkusov pred izvedbo. Ugotoviti morajo, da so večšine, kot so razvoj projekta z omejenimi sredstvi, ocenjevanje tveganja, načrtovanje, testiranje in ekipno delo, ključnega pomena za vsako vesoljsko misijo. Dejavniki, ki jih je treba upoštevati, in tveganje pri misijah s posadko so veliko večji kot pri robotskih misijah.

Dijaki ugotovijo tudi, da testi, opravljeni na Zemlji, ne morejo v celoti prikazati okolja in pogojev pristanka na Luni, zato je treba testiranje dopolniti s teorijo, da bi razumeli razlike med Zemljo in Luno.

→ PRISTANEK NA LUNI

Načrtovanje in izdelava pristajalnika za Luno

→ Dejavnost 1: Načrtovanje in izdelava pristajalnika za Luno

ESA vas je zadolžila, da oblikujete pristajalni modul, ki lahko jajce-navta varno pripelje na površje Lune.

Vaja

Kot v dejanski vesoljski industriji, tekmujete in/ali sodelujete z drugimi organizacijami (vašimi sošolci) za pogodbo z ESA.

Vaša misija je:

- Načrtovanje in izdelava pristajalnika, v katerem bo jajce-navt varno pristal na Luni.

Zahteve:

- Pristajalnik mora opraviti preizkus spusta na Zemljo in jajce-navt mora preživeti pristanek.
- Uporabite lahko samo materiale, ki so na voljo.
- Pristajalnik mora biti izdelan v okviru določenega proračuna (največ 1 milijarda evrov).
- Pristajalnik mora biti sposoben natančno pristati na določenem mestu za pristanek.
- Predstaviti morate oceno tveganja in projektno študijo.
- Načrt in pristajalni modul morate izdelati v razpoložljivem času: 60 minut.

Ali veš?

Skupni stroški vesoljskega programa Apollo, ki je ljudi popeljal na Luno, so znašali 25,4 milijarde dolarjev – preračunano v današnji denar je to več kot 200 milijard dolarjev, z upoštevanjem inflacije. Leta 2018 je skupni proračun ESA znašal 5,6 milijarde evrov. Trenutno vesoljske agencije in industrija sodelujejo pri razvoju bolj trajnostnega programa za raziskovanje Lune. Opozoriti je treba, da bomo še vedno uporabljali del infrastrukture, ustvarjene v šestdesetih letih prejšnjega stoletja: testne komore, izstrelitvene ploščadi, centre za nadzor misije, zemeljske postaje, inženirsko znanje, tehnologijo, materiale. Tako bo program raziskovanja Lune veliko bolj trajnosten od samega začetka.

[Buzz Aldrin med delom pri pristajalnem modulu Eagle na površini lune.](#)



Ocena tveganja

Pri načrtovanju vesoljske misije je treba upoštevati dva glavna dejavnika: tveganje in stroške. Za svojo misijo želite zagotoviti, da bo vaš jajce-navt varno pristal, vendar je vaš cilj še vedno cenovno dostopna misija, da boste podpisali pogodbo z ESA.

Tveganja, navedena na desni, postavite v matriko ocene tveganja glede na njihovo verjetnost, in posledice, če pride do njih:

		Posledice				
		Nepomembne	Manjše	Zmerne	Večje	Katastrofalne
Verjetnost	Skoraj zagotovo					
	Verjetno					
	Možno					
	Malo verjetno					
	Redko					

1. Ne pristanemo na dogovorjenem mestu za pristanek.
2. Prišlo je do nepričakovanih sprememb glede zahtev.
3. Jajce-navt ne preživi.
4. Prišlo je do nepričakovanih sprememb proračuna.
5. Nekateri materiali postanejo nedostopni.
6. Nekateri materiali postanejo predragi.
7. Pristajalnik postane zelo težak.
8. Drugo podjetje (skupina) ima učinkovitejšo in cenejšo zasnovo.
9. Nenehno spreminjanje zasnove pomeni, da izdelava pristajalnika stane preveč.
10. Soočamo se z zamudami.
11. Pristajalnik se poškoduje med testiranjem.
12. Pristajalnik se poškoduje med transportom.
13. Pristajalnik se poškoduje med končnim pristankom.

Izberite tri glavna tveganja in zapišite, kako jih ublažiti:

- 1) Tveganje #: _____ Načrt za ublažitev težave: _____

- 2) Tveganje #: _____ Načrt za ublažitev težave: _____

- 3) Tveganje #: _____ Načrt za ublažitev težave: _____

Študija načrta

Ime pristajalnega modula _____

Ime jajce-navta _____

Razpoložljiv material in cene preverite pri svojem učitelju. Naredite natančno skico svojega pristajalnega modula. Pogovorite se o tem, kako različni deli in materiali delujejo pri zaščiti jajca. Pripravite proračun za svoj pristajalni modul na podlagi cen posameznega materiala in ne pozabite vključiti cene izstrelitve in usposabljanja jajce-navta:

Material	Cena na enoto	Količina	Cena

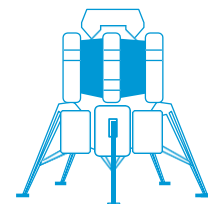
Cena pristajalnika	
Skupna masa (jajce-navta)	
Cena izstrelitve	
Cena šolanja jajce-navta	
Skupna cena (pristajalnik + izstrelitev + usposabljanje)	

→ Dejavnost 2: Preizkusite svoj pristajalni modul

Vaja 1

1. Pred izstrelitvijo upoštevajte pogoje pristanka (veter, dež, vrsto mesta pristanka itd.).

Prepričajte se, da je jajce-navtu udobno. Pripravite se na test.



Pripravljeni! Pozor! Spust!!

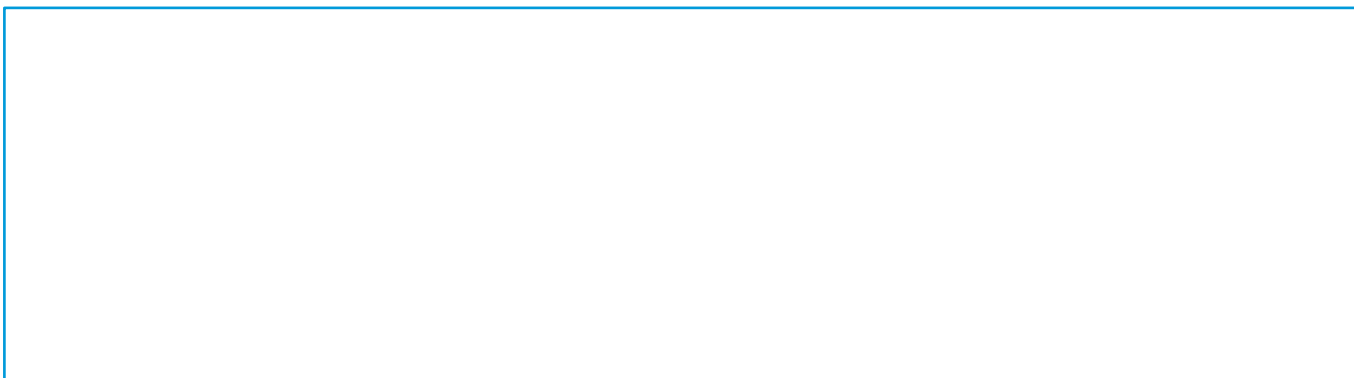
2. Je jajce-navt preživel padec? **Da**_____ **Ne**_____
3. Kako daleč od središča tarče se je ustavil vaš pristajalni modul? _____ **cm**
4. Kako dobro je deloval vaš načrt? Bi ga spremenili?

5. Ali ste po opazovanju spustov vsake skupine opazili kakršne koli ponavljajoče se oblikovne značilnosti pristajalnikov, v katerih je jajce-navt preživel?

Vaja 2

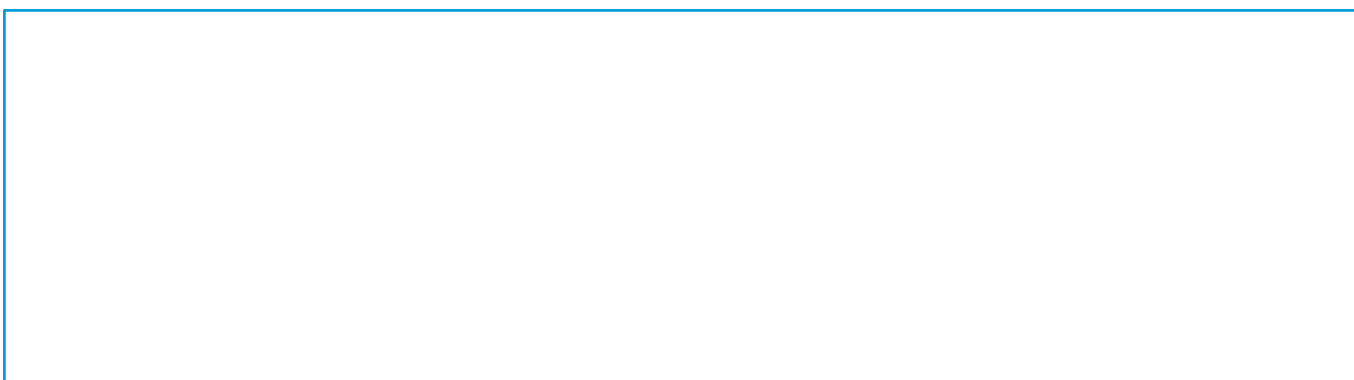
Za to vajo boste morali uporabiti premik pristajalnika kot funkcijo časa.

1. Izračunajte hitrost udarca pristajalnika z uporabo grafa premika v smeri y glede na čas.



2. Narišite hitrost v smeri y kot funkcijo časa. Ocenite hitrost trka iz risbe. Ali ustreza vrednosti, ki ste jo izračunali v vprašanju 1? Pojasnite razliko, če obstaja.

3. Uporabite graf hitrosti v smeri y kot funkcije časa za izračun pospeška pristajalne naprave v smeri y.



4. Gravitacijski pospešek je $9,8 \text{ m/s}^2$. Pojasnite, zakaj ne dobite te vrednosti.

→ Dejavnost 3: Pristanek na Luni

Čas za priprave na pristanek na Luni. Pristajalnik ste preizkusili na Zemlji. Kaj pa se bo zgodilo, ko bo moral pristati na Luni?

1. Pristanek na Luni in Zemlji se razlikuje v mnogih elementih. Naštejte tri dejavnike, ki lahko vplivajo na pristanek na Zemlji in na Luni:

Pristanek na Zemlji	Pristanek na Luni
1. _____	1. _____
2. _____	2. _____
3. _____	3. _____

2. Gravitacijski pospešek (g) planeta je podan z:

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

Pri tem je m masa planeta (ali Lune), G je gravitacijska konstanta in r je polmer planeta (ali Lune). Za odgovore na vprašanji a) in b) uporabite spodnje vrednosti:

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

- a) Izračunajte gravitacijski pospešek na Zemlji in na Luni.

$g_{\text{Zemlja}} =$

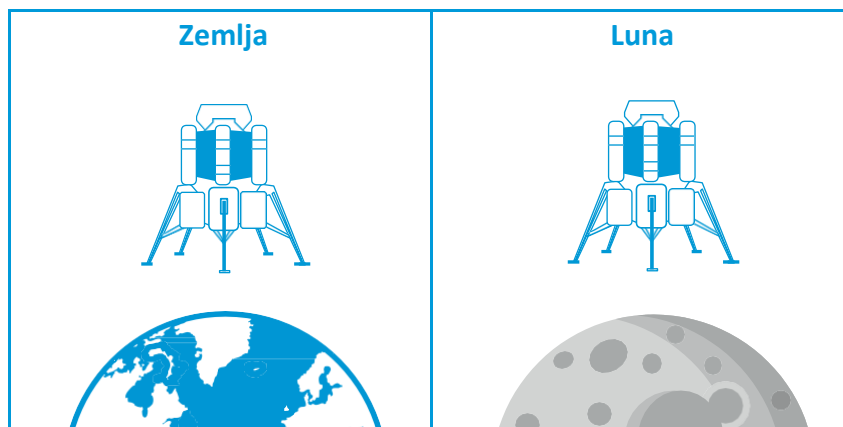
$g_{\text{Luna}} =$

- b) Z Newtonovim drugim zakonom gibanja ($F = m \cdot a$) izračunajte gravitacijsko silo vašega pristanka na Zemlji in na Luni.

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

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

3. a) Narišite sile, ki delujejo na pristajalno napravo, Zemljo in Luno.



b) Pojasnite svoj diagram sil.

4. Kaj bi lahko spremenili, da bo vaš pristajalnik primernejši za pristanek na Luni? Pojasnite.

→ Povezave

Viri ESA

Medpredmetni šolski projekt Moon Camp
esa.int/Education/Moon_Camp

Animacije o potovanju na Luno.
esa.int/Education/Moon_Camp/Travelling_to_the_Moon

Viri ESA:
esa.int/Education/Classroom_resources

Vesoljski projekti 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

Dodatne informacije

Interaktivni vodnik ESA po Luni
<http://lunarexploration.esa.int/#/intro>

Kako uporabljati program Tracker

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

Vodnik 2
youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y

→ PRILOGA 1

Dejavnost 1 – Načrtovanje in izdelava pristajalnika za Luno

Obvezni stroški:

Usposabljanje jajce-navtov	300 milijonov evrov
Stroški izstrelitve	1 milijon evrov na gram

Material:

1 kos papirja A4	50 milijonov evrov
1 slamica	100 milijonov evrov
1 penica	150 milijonov evrov
1 sladoledna palčka	100 milijonov evrov
1 plastična vrečka	200 milijonov evrov
1 m vrvice	100 milijonov evrov
1 m traku	200 milijonov evrov
1 balon	200 milijonov evrov

→ PRILOGA 3

Dejavnost 2 – Preizkusite svoj pristajalni modul

Ta del vaje 2 lahko izvedete kot predstavitev ali kot nadaljevanje skupinskih dejavnosti glede na razpoložljivost računalnikov ali pametnih telefonov v vašem razredu.

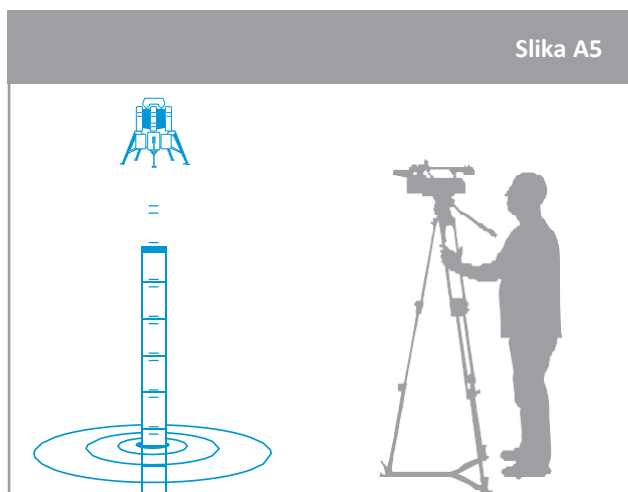
Za sledenje pristanku bomo uporabili video analizo gibanja. Na spletu je na voljo več programov za analizo videa – nekateri so brezplačni, za druge je potrebna licenca. Predlagamo naslednje pripomočke:

- Program »Tracker« je brezplačen za prenos s strani <http://physlets.org/tracker/> in je zelo primeren za uporabo na računalniku.
- Aplikacija »Video Physics« v kombinaciji z aplikacijo »Graphical« (obe sta na voljo za Android in iOS) je idealna za sledenje s tablicami ali pametnimi telefoni.

Preizkus lahko izvedete in dijakom razdelite en niz podatkov ali pa dijaki posamično izvedejo meritve za svoje pristajalnike.

Nastavitev

1. Pritrdite merilno palico (ali ravnilo) za referenco poleg mesta pristanka.
2. Kamero postavite tako, da sta mesto pristanka in merilna palica v istem okvirju.
3. Med snemanjem mora kamera mirovati; najbolje je, če uporabite stojalo.
4. Ko spustite pristajalnik, se prepričajte, da je na enaki razdalji, kot je merilna palica od kamere.



↑ Predstavitev postavitve preizkusnega spusta.



↑ Primer testne video analize gibanja pri spustu z višine približno 2 m.

5. Pristajalniku v izbranem programu sledite tako, da ročno nastavite označbe.
6. Shranite podatke.

Zbirajte podatke za spust pristajalnika.

Časi	Premik v smeri Y (m)	Hitrost 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