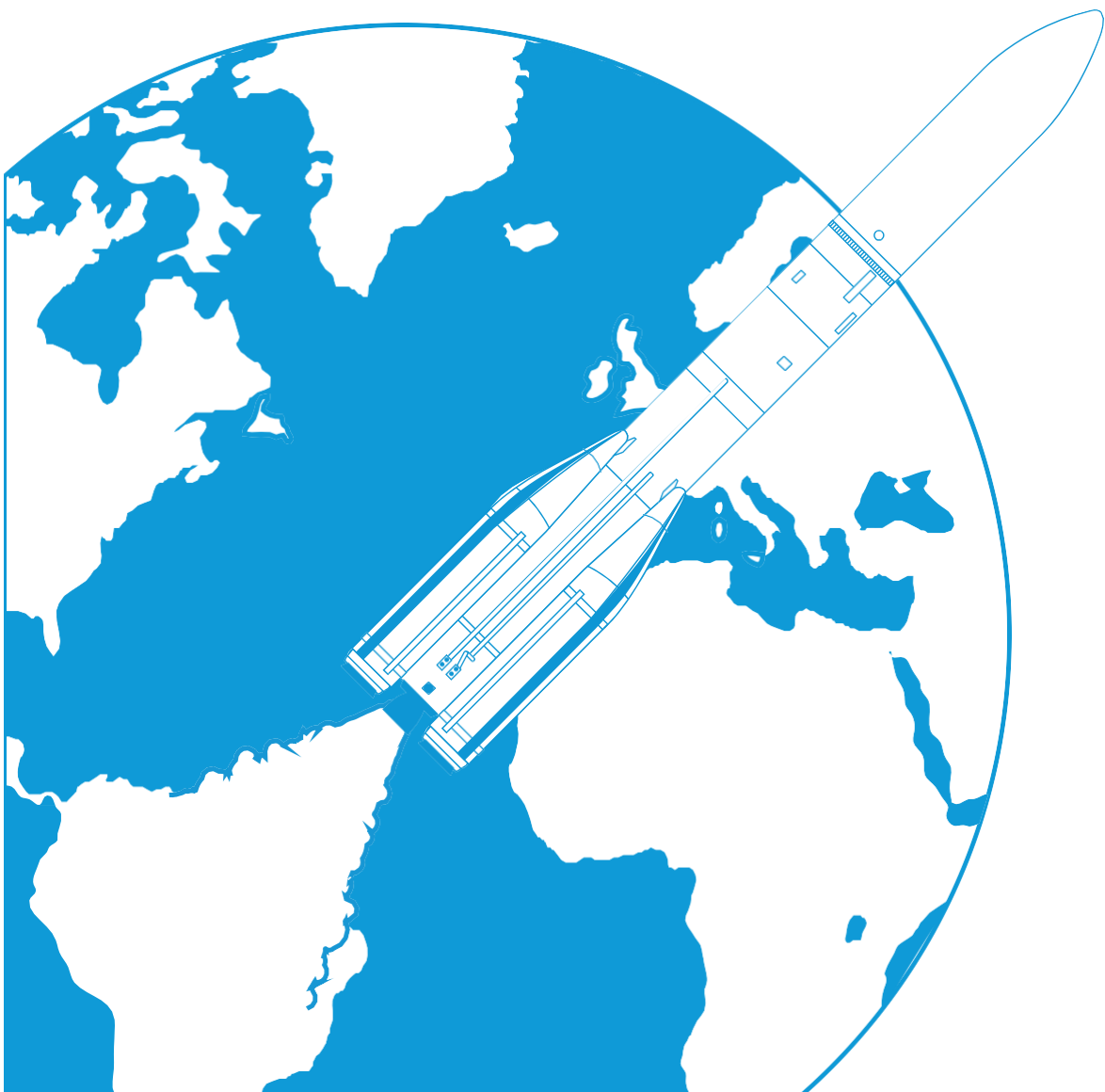
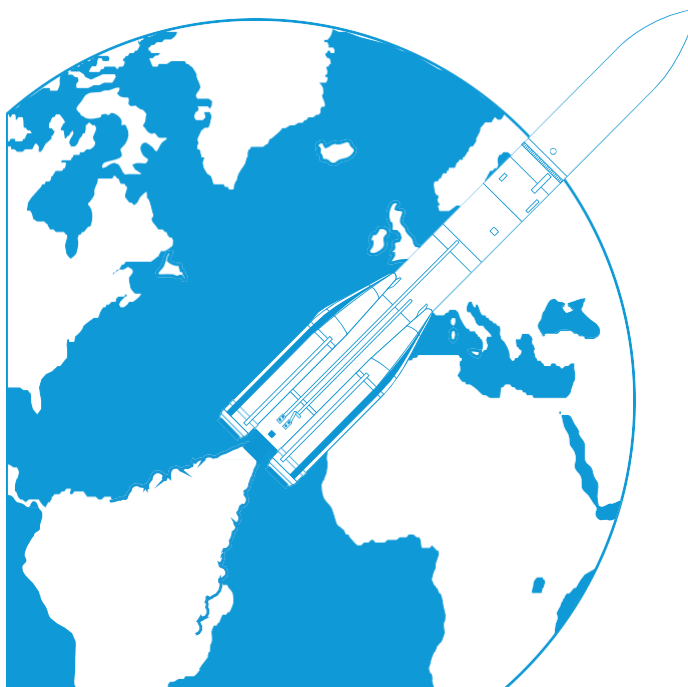


učenje z vesoljem

→ 3 ... 2 ... 1 VZLET!

Izdelava lastne rakete iz papirja





Vodnik za učitelje

Pregled	stran 3
Dejavnost 1: Izdelajte svojo raketo iz papirja	stran 6
Dejavnost 2: Izstrelite svojo raketo	stran 8
Dejavnost 3: Človeški poleti v vesolje	stran 13
Delovni list za učence	stran 14
Povezave	stran 24
Priloga 1	stran 25
Priloga 2	stran 26
Priloga 3	stran 27
Priloga 4	stran 28

učenje z vesoljem – 3 ... 2 ... 1 vzlet! | P17
www.esa.int/education

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

Koncept dejavnosti, ki sta ga razvila ESERO Nordic in ESERO

Poljska. Produkcija ESA Education
Copyright 2019 © European Space Agency

→ 3 ... 2 ... 1 VZLET!

Izdelava lastne papirnate rakete

Pregled

Predmet: fizika

Starostni razpon: 14–16 let

Tip: dejavnost za učence

Zahtevnost: srednja

Potreben čas za izvedbo dejavnosti: 2 uri

Strošek: nizek (5–10 evrov)

Lokacija: v zaprtih prostorih in na prostem

Vključuje uporabo: sistema za lastno izdelavo sistema za izstrelitev (glej prilogo 1, 2)

Ključne besede: fizika, rakete, parabolično gibanje, aerodinamika, težišče, središče tlaka, ubežna hitrost, orbitalna hitrost, hitrost, pospešek

Povzetek

V tem sklopu treh dejavnosti bodo učenci oblikovali in izdelali lastne papirnate rakete ter jih izstrelili. Naučili se bodo, kaj je potrebno, da bo raketa stabilna, ter izračunali pot in hitrost rakete. Spoznali bodo hitrost, ki je potrebna za odhod z Zemlje v raketi, in odkrili, zakaj ima Luna potencial, da postane odskočna deska za nadaljnje raziskovanje vesolja. Na koncu bodo izračunali pospešek svoje rakete ob izstrelitvi in ga postavili v kontekst sil, ki jih astronauti doživljajo med izstrelitvijo.

Učenci bodo:

- Spoznali težišče in središče tlaka.
- Raziskali gibanje projektila in parabol.
- Izračunali hitrosti in pospeške.
- Razumeli sile.
- Izboljšali svoje znanstveno razmišljanje in sposobnost ekipnega dela.

→ Povzetek dejavnosti

Povzetek dejavnosti					
	Naslov	Opis	Cilj	Zahteve	Čas
1	Izdelava lastne papirnate rakete	Načrtovanje in izdelava papirnate rakete.	Spoznavanje raket, aerodinamike, težišča in središča tlaka ter lastnosti, zaradi katerih je raketa stabilna.	brez	30 minut
2	Izstrelite svojo raketo	Izstrelitev rakete, izračun začetne hitrosti, ko zapusti izstrelitveno ploščad. Povezava z ubežno hitrostjo Zemlje in Lune.	Spoznavanje sil, gibanja projektila, hitrosti in ubežne hitrosti.	Izvedena Dejavnost 1. Sistem za izstrelitev (Priloga 1 ali 2). Izstrelitev je treba opraviti na odprtem prostoru, po možnosti na prostem.	45 minut
3	Vesoljski polet ljudi	Izračun pospeška papirnate rakete pri izstrelitvi. Razumevanje težnostnega pospeška, ki ga doživljajo astronauti.	Spoznavanje pospeškov in težnostnega pospeška.	Izvedena Dejavnost 2.	45 minut

→ Uvod

Vesoljske agencije redno uporabljajo rakete; za pošiljanje posadk na Mednarodno vesoljsko postajo (ISS), za transport sond, ki bodo raziskovale naš sončni sistem in za izstrelitev satelitov v orbito okoli Zemlje. Rakete se razlikujejo po velikosti, obliki in vrsti goriva, ki ga uporabljajo; to je odvisno od njihovega namena.

Družina nosilnih raket ESA vključuje rakete Vega, Vega-C in Ariane 5. Za izstrelitev satelitskih odprav in sond se razvija nova, učinkovitejša raketa: Ariane 6 (ki bo na voljo v obliki Ariane 62 in Ariane 64). Te nosilne rakete lahko v vesolje izstrelijo veliko število odprav – od komunikacijskih satelitov do odprav za Osončje. Njihovi zmogljivi motorji zagotavljajo energijo, potrebno za premagovanje Zemljine gravitacije.



↑ 'Družina' nosilnih raket ESA.

ESA svoje rakete izstreljuje iz svojega vesoljskega pristanišča v Francoski Gvajani v Južni Ameriki, ki se nahaja le 500 km severno od ekvatorja. Rotacija Zemlje je največja na ekvatorju in rakete lahko izkoristijo učinek »frače«. S tem se poveča hitrost rakete za 460 m/s, s čimer prihranimo gorivo in denar. Ta lokacija je idealna tudi za izstrelitve v geostacionarno prenosno orbito, saj je na poti satelita potrebnih nekaj sprememb. Pri izstrelitvah se upošteva tudi varnost. Francoska Gvajana je redko poseljena in 90 % države pokrivajo ekvatorialni gozdovi. Poleg tega ni nevarnosti za ciklone ali potrese. Zaradi vseh teh dejavnikov je vesoljsko pristanišče ESA optimalno izstrelišče.



↑ Orion z evropskim servisnim modulom.

Da bi na Luno poslali odpravo s posadko, moramo izstreliti močno raketo! Ena najmočnejših raket, ki so jih kadar koli izstrelili, je bila Saturn V, ki je v 60. in 70. letih prejšnjega stoletja v okviru programa Apollo človeštvo popeljala na Luno. Od takrat ljudje niso več stopili na Luno.

Nasino vesoljsko plovilo Orion v kombinaciji z evropskim servisnim modulom, ki ga razvija ESA, bo izstreljeno na novi generaciji raket. Tako bodo lahko astronauti potovali dlje v vesolje, onkraj Lune do asteroidov in celo do Marsa.

V tem sklopu dejavnosti bodo učenci postali raketni znanstveniki ter oblikovali in izstrelili svojo raketo za ponovni obisk Lune!

→ Dejavnost 1: Izdelava lastne papirnate rakete

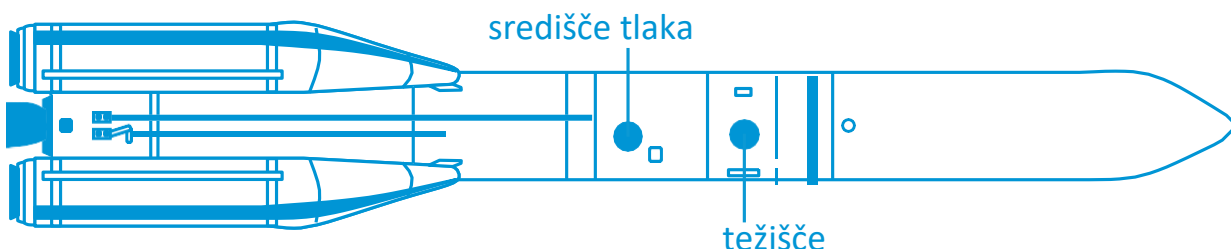
Pri tej dejavnosti bodo učenci izdelali papirnato raketo. Poiskali bodo težišče in središče tlaka ter svoje rakete poskušali narediti čim bolj aerodinamične. Preizkusili bodo stabilnost njihove rakete in razmislili, katere spremenljivke pri zasnovi njihove rakete bodo vplivale na njeno zmogljivost.

Pripomočki za vsako skupino:

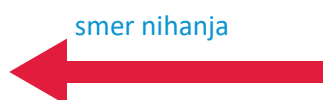
- natisnjeni delovni list za učence;
- 2 lista papirja A4;
- škarje;
- lepilni trak;
- plastelin;
- karton;
- predloga za krilca in nos (neobvezno) – Priloga 3.

Vaja

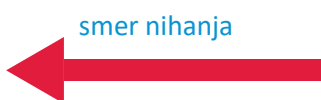
1. Razred razdelite v skupine po največ tri učence in jih prosite, da iz razpoložljivega materiala izdelajo raketo. Treba je poudariti, da se mora telo rakete prilegati sistemu za izstrelitev, ki ste ga pripravili. Učenci naj bodo kreativni pri načrtovanju rakete in sami določijo velikost in število krilc. V Prilogi 3 boste za navdih našli predlogo za krilca in nosni stožec.
2. Učenci poiščejo težišče svojih raket. Težišče je povprečni položaj vse mase v sistemu; to točko najdejo tako, da svojo raketo uravnotežijo z vrstico. Opomba: nekatera gradiva lahko omenjajo tudi »središče mase«.
3. Učenci poiščejo središče tlaka svojih raket. Središče tlaka je geometrijsko središče rakete, kjer delujejo vse aerodinamične sile. Če bi bila raketa znotraj homogena, bi težišče in središče tlaka sovpadala. Središče tlaka lahko določimo, tako da seštejemo posamezne sile, ki delujejo na krilca, površino zadka, upor itd., a je to včasih težko. Preprost način za iskanje približne točke je izrez orisa rakete v kartonu, nato pa jo postaviti v ravnotežje na robu. Tako lahko določite ravnovesje projicirane površine.
4. Učenci na svoji raketi označijo tako težišče kot središče tlaka in razmislijo o povezavi med tema pomembnima točkama. Učenci izvedejo preizkus nihanja in ocenijo, kako položaj in razmerje med težiščem in središčem tlaka vplivata na stabilnost njihove rakete.
5. Primer položaja težišča in središča tlaka za stabilno papirnato raketo:



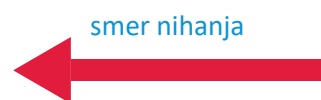
6.



Stabilen let, nos usmerjen naprej. Težišče je pred središčem tlaka. Predstavljeni primer bi bil v tej situaciji, kar je idealna konfiguracija.



Vrtenje ob izstrelitvi. Težišče je preblizu središču tlaka.



Raketa leti vzvratno. Središče tlaka je pred težiščem.

7. V tabeli je nekaj spremenljivk, ki jih je mogoče spremeniti pri izdelavi in izstrelitvi rakete.

Spremenljivka	Kako bo sprememba te spremenljivke vplivala na delovanje vaše rakete?
Število krilc	Bo vplivalo na težišče, saj je spodnjemu delu rakete dodana večja teža. Lahko tudi spremeni lokacijo središča pritiska, če se spremeni površina. Če je število krilc asimetrično, lahko vpliva tudi na stabilnost in upor.
Velikost in oblika krilc	Večja krilca premaknejo središče pritiska nazaj.
Vremenske razmere	Različni vremenski pogoji bodo različno olajšali ali otežili izstrelitve, odvisno od izdelave. Raketa z velikimi krilci bo npr. bolj podvržena močnemu vetru. Papirnate rakete se na splošno slabo obnesejo v vetru in še posebej v dežju.
Dolžina rakete	Dolžina rakete bo vplivala na središče pritiska. Raketa je lahko tudi tako kratka, da izgubi aerodinamične sposobnosti. Lahko pa je tako dolga, da konstrukcija ne zdrži sama sebe (ker je iz papirja).
Teža rakete	Porazdelitev teže rakete bo določila težišče. Težak nos bo premaknil težišče naprej. To lahko storite, tako da v nos vstavite plastelin.

Opomba: če ima vaš razred dostop do računalnikov, lahko prenesete brezplačno orodje za simulacijo raket <http://openrocket.info/>. V tej simulaciji se lahko učenci igrajo z dimenzijami in oblikami svojih raket ter raziskujejo razmerje med težiščem in središčem pritiska.

→ Dejavnost 2: Izstrelite svojo raketo

V tej dejavnosti bodo učenci odkrili, da je matematika sestavni del znanosti o raketah. Spoznali bodo sile in narisali proste diagrame oblik. Tako pred izstrelitvijo kot po njej si bodo ogledali trajektorijo rakete in opravili izračune, ki vključujejo hitrost.

Oprema:

- natisnjen delovni listi za učence za vsako skupino;
- sistem za izstrelitev (glejte Prilogi 1 in 2);
- papirnata raketa za lastno izdelavo;
- dolg merilni trak;
- kotomer (izbirno).

Varnost in zdravje

Poskrbite, da na območju izstrelitve ni ljudi. Ne usmerjajte rakete v druge osebe. Priporočljiva je zaščita oči.

Vaja

Pri izstrelitvi raket zagotovite veliko prostora na ravni površini (nogometno igrišče je primerna površina). Če uporabljate izstrelitveno ploščad iz Priloge 2, lahko rakete letijo 100 m ali dlje! Učence poučite, da tlak ne sme presegati 7 barov.

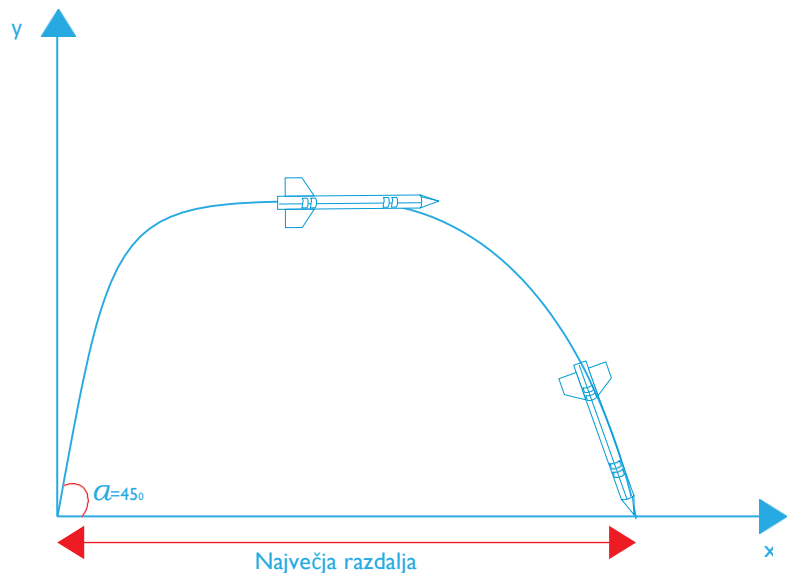
Učenci naj se pogovorijo, kateri kot je najprimernejši za izstrelitev. Kasneje se lahko v razdelku za razpravo pogovorite o optimalnem kotu, da dosežete največjo razdaljo. Učencem lahko naročite, da ekipe rakete izstrelijo pod istim kotom in primerjajo rezultate. Lahko pa jim dovolite, da preizkusijo svoje rakete in jih izstrelijo pod različnimi nakloni, da najdejo optimalen kot.

Izstrelitev lahko postane tekmovanje, kjer za najdaljši polet nagradite ekipe. V Prilogi 3 smo pripravili tabelo, da zabeležite, kako daleč je letela posamezna raketa (te podatke boste potrebovali pozneje).

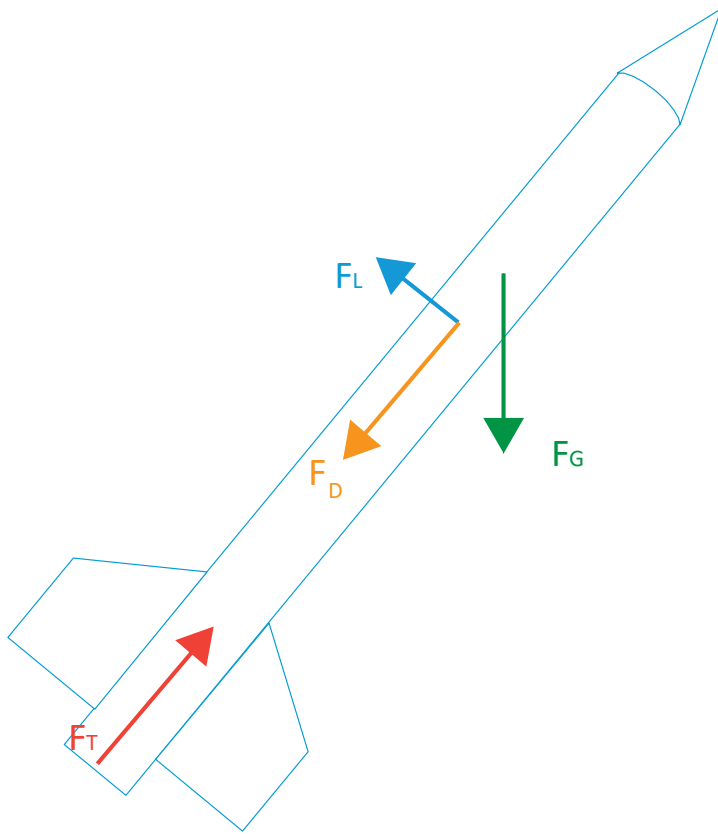
Po izstrelitvi se pogovorite o tem, kako rakete pospešujejo navzgor in zakaj potujejo po parabolični krivulji. Predstavite tri Newtonove zakone gibanja in gravitacijsko silo. Predstavite koncepta ubežne hitrosti in orbitalne hitrosti ter izstrelitev papirnatih raket primerjajte z izstrelitvijo dejanske rakete na Luno.

Rezultati

1. Shema trajektorije, ki ji bo sledila raketa.
2. Za največjo prepotovano razdaljo je treba izstrelitev izvesti pod kotom 45° .
4. Možni začetni pogoji, ki lahko vplivajo na trajektorijo vaše rakete:
 - veter;
 - začetna hitrost rakete;
 - izstrelitveni kot.



5. Diagram sil, ki prikazuje sile, katere delujejo na zgoraj prikazano raketo v fazi potiska.



$F_T = \text{potisk}$

Potisna sila rakete bo delovala le kratek čas med izstrelitvijo, s katero potisne raketo. Ta sila je razlog, da raketa leti.

$F_G = \text{gravitacijska sila}$

Gravitacijska sila bo približno konstantna skozi ves let.

$F_D = \text{sila upora}$

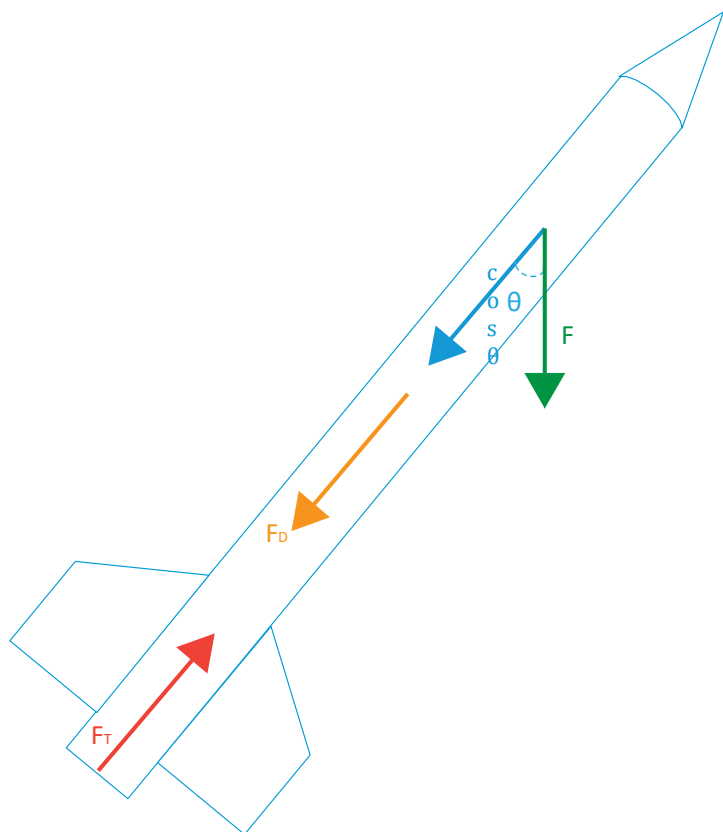
Sila upora je odvisna od gostote, viskoznosti in stisljivosti zraka, pa tudi od hitrosti, oblike in kota rakete.

$F_L = \text{sila vzgona}$

Sila vzgona je odvisna od gostote, viskoznosti in stisljivosti zraka, pa tudi od hitrosti, oblike in kota rakete. Pri tej dejavnosti bomo dvizžno silo smatrali kot zanemarljivo.

6.
 - a. Pri pravi raketi ESA (npr. Ariane 5) bo ta faza trajala nekaj minut, medtem ko bo pri papirnati raketi trajala le sekundo.
 - b. V smeri gibanja je rezultanta sil F podana z:

$$F = -F_D + F_T - F_G \cos \theta$$



Kjer je F : $F = ma$, m je masa in a je pospešek.

Kjer je F_T : $F_T = -u_e dm/dt$, u_e je izpušna hitrost plinov glede na raketo in dm/dt hitrost spremembe mase rakete.

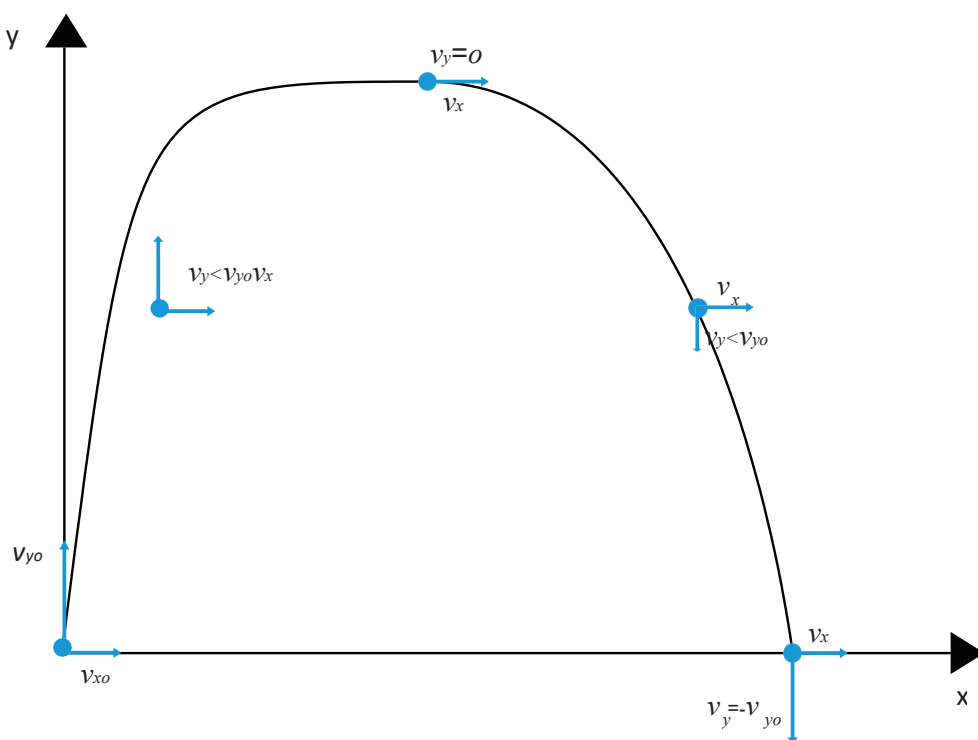
$F_G \cos \theta$ je sila težnosti v smeri gibanja rakete. $F_G = mg$, m je masa, g je gravitacijski pospešek in θ je kot med smerjo gibanja rakete in smerjo F_G .

F_D je sila upora.

c. Zamenjava teh izrazov in deljenje z m nam da pospešek:

$$a = -\frac{F_D}{m} - \frac{u_e}{m} \frac{dm}{dt} - g \cos(\theta)$$

7. a. Graf z vodoravno in navpično komponento hitrosti. Učence spodbudimo, da razmislijo o silah, ki delujejo na raketo v vsaki točki, in zakaj to povzroči parabolično gibanje, ki ga vidimo.



b. Raketa med fazo potiska na izstrelitveni ploščadi hitro pospeši. Ko raketa zapusti izstrelitveno ploščad, potiska ni več. Če zanemarimo upor, to pomeni, da na raketo v osi x ne deluje nobena sila, zato je glede na prvi Newtonov zakon komponenta hitrosti x (v_x) konstantna. Os y prikazuje silo težnosti, ki deluje na raketo v smeri središča Zemlje (pravokotno na površino), torej se bo komponenta hitrosti y (v_y) spremenila.

7. Hitrost za ločitev v enačbi:

$$v = \sqrt{\frac{d \cdot g}{\sin(2\alpha)}}$$

8. Uporaba razdalje $d = 40 \text{ m}$, kot $\alpha = 45^\circ$:

$$v = \sqrt{\frac{40 \times 9.81}{\sin(2 \times 45^\circ)}}$$

$$v = \sqrt{\frac{392.40}{1}} = 19.81 \text{ m/s}$$

- 10.

$$v = \left(\frac{19.81}{1000}\right) \times 60 \times 60 = 71.3 \text{ km/h}$$

11. Ubežno hitrost Zemlje lahko izračunate na naslednji način:

$$v_e = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24}}{6.371 \times 10^6}} = 1.12 \times 10^4 \text{ m/s} = 4.03 \times 10^4 \text{ km/h}$$

12. Hitrost, potrebna za prehod vesoljskega plovila v orbito okoli Zemlje na 300 km nad zemeljsko površino:

$$v_{\text{orbital}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24}}{6.371 \times 10^6 + 3.00 \times 10^5}} = 7.73 \times 10^3 \text{ m/s} = 2.78 \times 10^4 \text{ km/h}$$

kjer je r polmer orbite (od središča Zemlje), torej $6.371 \text{ km} + 300 \text{ km}$.

13. V primerjavi s primerom pri vprašanju 9 je to $2,78 \times 10^4 / 71,3 = 390$ -krat večja od hitrosti rakete, ki jo boste izdelali.
14. Ubežna hitrost z Lune je veliko manjša, saj ima Luna glede na svoj polmer precej manjšo maso v primerjavi z Zemljo.
15. Ubežno hitrost Lune je mogoče izračunati na naslednji način:

$$v_e = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 7.35 \times 10^{22}}{1.737 \times 10^6}} = 2.38 \times 10^3 \text{ m/s} = 8.57 \times 10^3 \text{ km/h}$$

16. Ker je ubežna hitrost Lune nižja, potrebujemo veliko manj energije (in s tem goriva) za izstrelitev vesoljskega plovila z Lune, kar olajša izstrelitev velikih tovorov s površja Lune.

Razprava

Rezultate povzemite z razredom. Kaj je naredila vsaka skupina, da je njihova raketa letela dlje? Ali je delovalo? Zakaj da oziroma zakaj ne?

Učence vprašajte, zakaj bi bilo lahko koristno rakete izstreljevati z Lune, ko bi potovali dlje v vesolje – npr. na Mars? Pomagajte jim razumeti, da bi potrebovali manj goriva, ker sta orbitalna in ubežna hitrost na Luni veliko manjši kot na Zemlji, kar pomeni, da bi izstrelitev stala veliko manj. Informacije iz uvoda lahko uporabite za razpravo o tem, zakaj so izstrelišča na lokacijah blizu ekvatorja.

Pogovorite se o poenostavitvah in predpostavkah, ki ste jih uporabili pri izračunih. Npr. nismo upoštevali morebitnega pojemka zaradi sile upora. Sila upora se poveča, ko se poveča hitrost. Pogovorite se, kdaj in kje po mnenju učencev sila upora najbolj vpliva na raketo. Zahtevana ubežna in orbitalna hitrost je na Zemlji višja od izračunane. Pogovorite se o tem, da je to še ena prednost na Luni, kjer ni atmosfere, ni zračnega upora in je zato lažje vzleteti s površine.

→ Dejavnost 3: Vesoljski polet ljudi

Pri tej dejavnosti bodo učenci spoznali pospešek, sile in težnost. Raziskali bodo, zakaj so potrebni dodatni previdnostni ukrepi pri izstrelitvi raket s posadko.

Vaja

Dejavnost začnite, tako da razred vprašate, kako rakete pospešujejo navzgor. To je odlična priložnost, da predstavite tri Newtonove zakone gibanja in silo zaradi gravitacije.

Rezultati

1. Če enačbi (1) in (2) preuredimo za čas (**t**), dobimo:

$$\frac{2s}{u+v} = \frac{v-u}{a}$$

Nato jo uredimo za **a** :

$$a = \frac{v^2 - u^2}{2s}$$

2. Začetna hitrost rakete je $u = 0 \text{ m/s}$. Če uporabimo izstrelitveno hitrost, ki smo jo izračunali pri 9. vprašanju Dejavnosti 2, dobimo:

$$a = \frac{19.81^2 - 0^2}{2 \times 0.3} = \frac{392.4}{0.6} = 654 \text{ m/s}^2$$

3. Učenci izračunajo gravitacijsko silo rakete ob izstrelitvi. Gravitacijska sila ni sila, temveč razmerje med skupnim pospeškom, ki deluje na predmet, in pospeškom zaradi gravitacije Zemlje. Z uporabo zgornjega odgovora dobimo:

$$G_{\text{force}} = \frac{654}{9.81} = 67$$

To je enakovredno 67-kratniku sile Zemljine gravitacije.

Razprava

Z razredom se pogovorite, zakaj astronauti po njihovem mnenju običajno ne izkusijo sil, višjih od 3 do 6 G, medtem ko je vrednost za njihovo raketo tako visoka?

Človek v resničnem življenju ne prenese gravitacijske sile 67 G. Kolikšno gravitacijsko silo lahko človek prenese, je odvisno tudi od tega, kako dolgo je izpostavljen silam: ali je to nekaj sekund ali nekaj minut. Učence opozorite, da je to odvisno od **pospeševanja** in ne od hitrosti. Pospešek je sprememba hitrosti glede na čas. Pri odpravi s posadko je pospešek manjši in vesoljsko plovilo potrebuje veliko več časa, da doseže zahtevano hitrost.

Po zaključku treh dejavnosti lahko učenci napišejo poročilo o njihovem poskusu. Uporabiti morajo znanje, ki so ga pridobili med temi dejavnostmi, in oceniti potek ter načine izboljšav, če bi dejavnosti ponovili.

→ 3 ... 2 ... 1 VZLET!

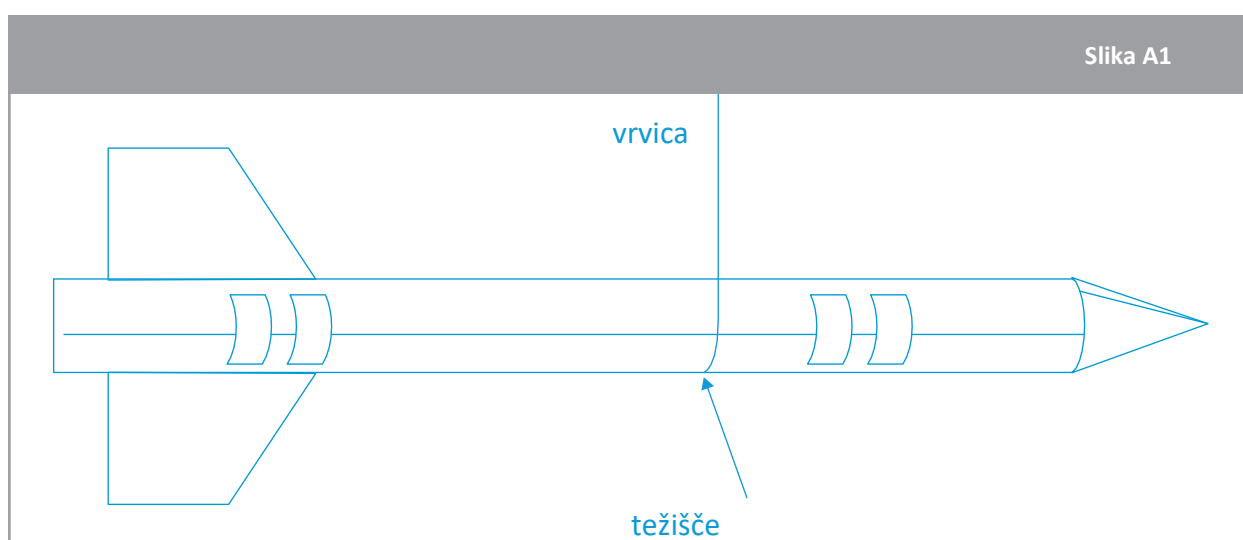
Izdelava lastne papirnate rakete

→ Dejavnost 1: Izdelava lastne papirnate rakete

Osnovna načela raketne znanosti so za preprosto papirnato raketo enaka kot za vesoljske rakete. V tej dejavnosti boste načrtovali in izdelali lastno papirnato raketo ter jo uporabili za raziskovanje nekaterih spremenljivk v načrtu, ki lahko vplivajo na stabilnost in zmogljivost vaše rakete.

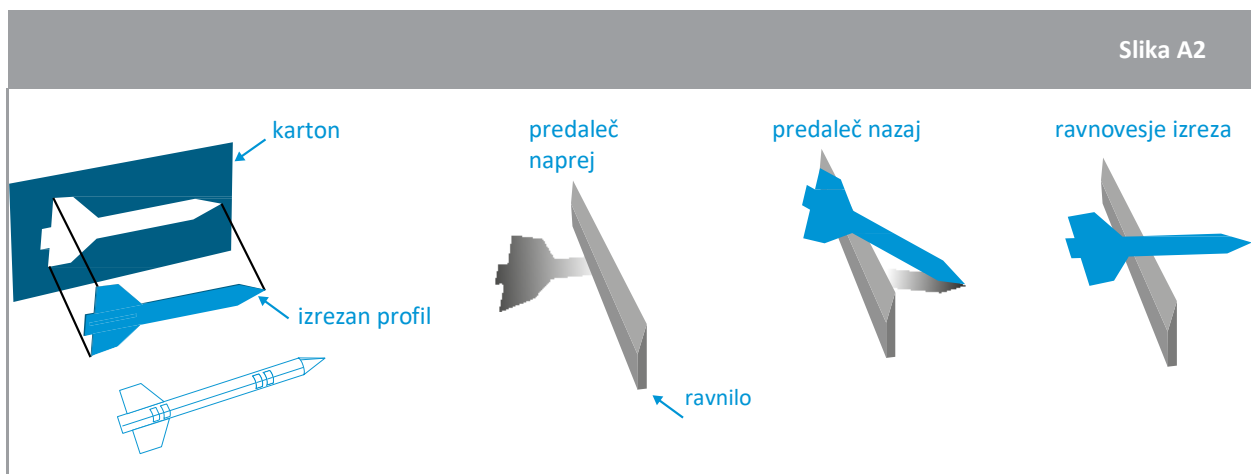
Vaja

1. Izdelajte papirnato raketo z opremo, ki vam jo je priskrbel učitelj. Svojo raketo lahko sestavite po lastnih željah, vendar mora ustrezati sistemu za izstrelitev, ki ga boste uporabljali.
2. Poiščite težišče svoje rakete. To je točka, ki predstavlja srednji položaj mase v telesu ali sistemu. To lahko storite, tako da okoli svoje rakete privežete nit in jo uravnatežite, kot je prikazano na spodnji risbi. S svinčnikom označite, kje se po vašem mnenju nahaja težišče.



↑ Ilustracija, kako najti težišče papirnate rakete: raketa je uravnatežena, visi na vrvi – težišče je tam, kjer je vrvica privezana.

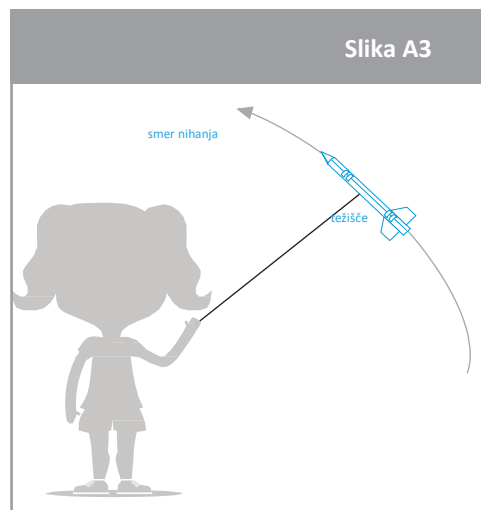
3. Poiščite središče tlaka svoje rakete. To je povprečna lokacija tlaka, ki deluje na raketo, in jo je v tem primeru mogoče najti z določanjem ravnovesja projicirane površine rakete. Središče tlaka lahko najdete, tako da izrežete silhueto svoje rakete v kartonu in jo postavite na rob. Označite središče tlaka na svoji raketi.



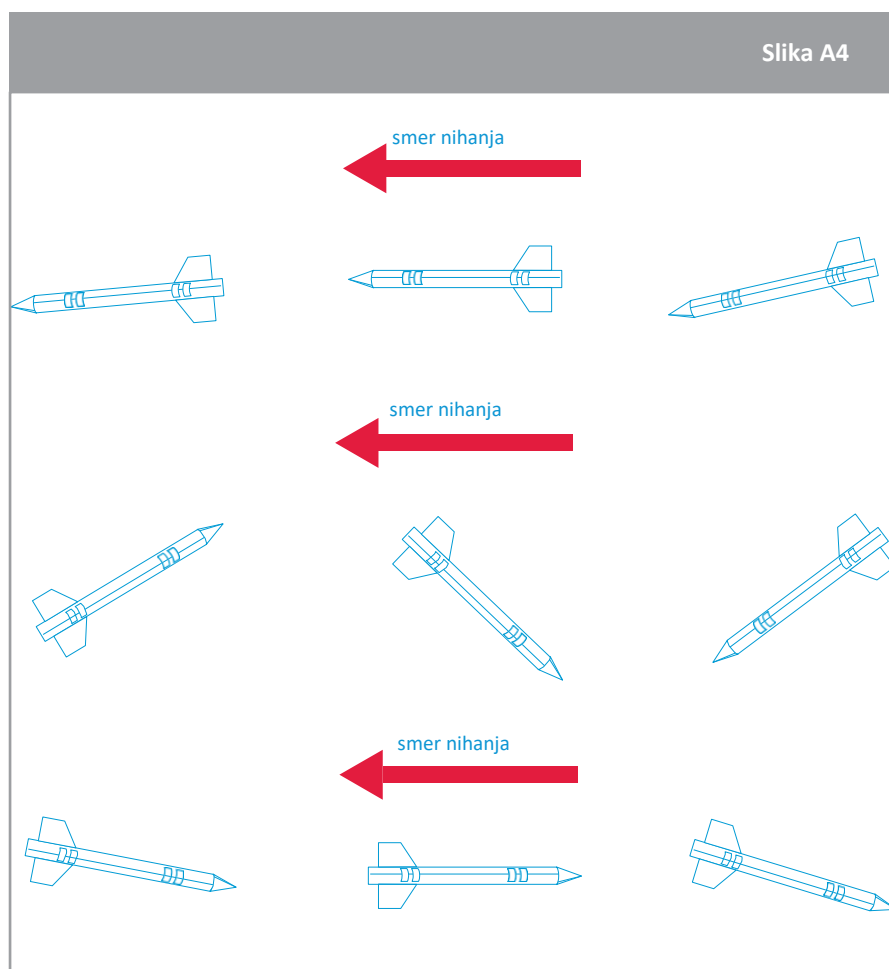
↑ Ilustracija, kako najti središče tlaka papirnate rakete. V kartonu je izrezana silhueta rakete. Središče tlaka se nahaja tam, kjer je kartonska silhueta uravnatežena na ravnilu.

4. Kolikšna je razdalja med težiščem in središčem tlaka? _____ cm.
5. Ali je središče tlaka pred težiščem? Da./Ne.
6. Preizkus v vetrovniku lahko simulirate, tako da izvedete preizkus nihanja: kos vrvice privežite na težišče in raketo zavrtite v krogu, kot je prikazano na spodnji sliki:

Analizirajte stabilnost svoje rakete in raket svojih sošolcev in se poskusite poigrati s težiščem – nekaj uteži položite na nos ali na zadnji del rakete. Kakšen je po vašem mnenju relativni položaj težišča glede na središče tlaka v treh spodnjih primerih?



↑ Ilustracija preizkusa nihanja. Vrvico privežemo na mesto težišča in raketo zavrtimo.



Relativni položaj težišča glede na središče tlaka:

Relativni položaj težišča glede na središče tlaka:

Relativni položaj težišča glede na središče tlaka:

↑ Ilustracija možnega leta papirne rakete med preskusom nihanja.

7. Ali je bila vaša raketa med preizkusom nihanja poravnana s smerjo gibanja? Kaj bi morali spremeniti, če ni bila?

8. Dodajte več spremenljivk v tabelo in razmislite, kako lahko spremenite spremenljivko, da bo vaša raketa stabilnejša.

Tabela A1	
Spremenljivka	Opis
Število krilc	
Velikost in oblika krilc	

↑ Spremenljivke pri načrtovanju raket in njihov vpliv na stabilnost.

9. Svoji raketi dajte »kul« ime:

Si vedel/-a?

Raketa je razdeljena na več manjših raket (imenovanih stopenj). Vsaka manjša raketa ima svoj motor in svojo zalogo goriva. Sprednji del rakete, imenovan aerodinamični pokrov nosu, prevaža tovor, običajno satelite ali astronave.

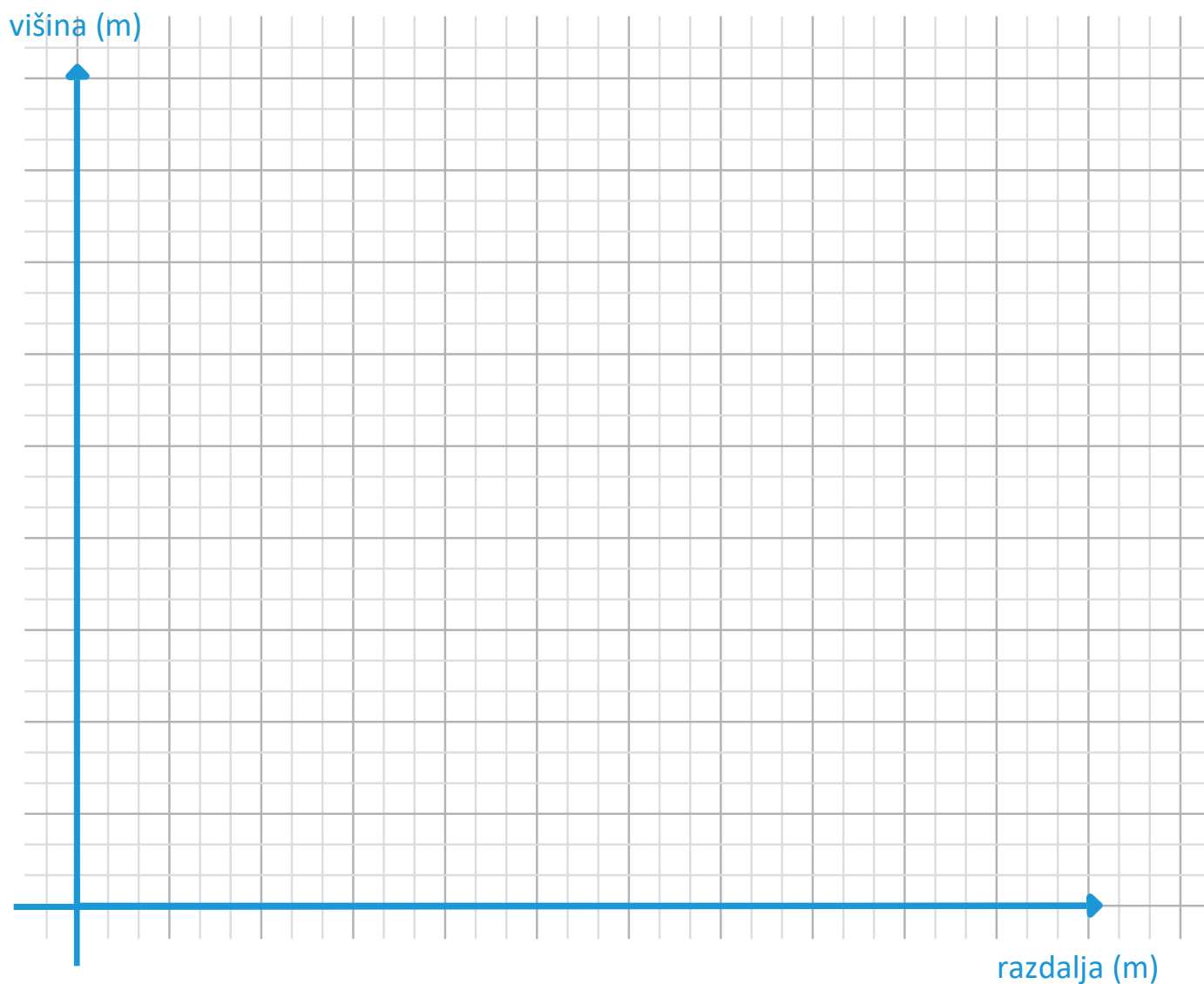


→ Dejavnost 2: Izstrelite svojo raketo

Zdaj ste pripravljeni na izstrelitev svoje rakete! Dobro izdelana papirnata raketa lahko doseže razdaljo 30 m ali več. V tej dejavnosti boste svoje rezultate uporabili pri izstrelitvi rakete, da izračunate njeno hitrost in ugotovite, kako hitro bi morala potovati na Luno.

Vaja

1. Pred izstrelitvijo narišite trajektorijo, po kateri bo po vaših predvidevanjih potovala vaša raketa, ko jo izstrelite.



2. Pod kakšnim kotom glede na tla bi morali izstreliti raketo, da bi povečali prepotovano razdaljo?

3. Kako daleč od izstrelišča v metrih je pristala vaša raketa?

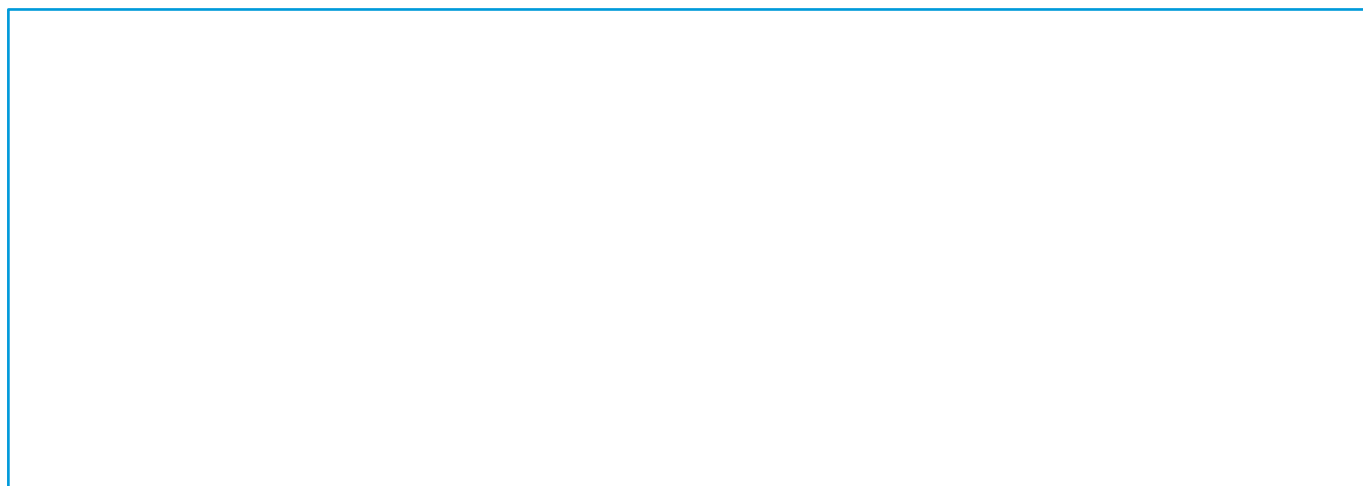
4. Je vaša raketa sledila trajektoriji, ki ste jo pričakovali? Da./Ne.
S pomočjo rezultatov določite tri možne začetne pogoje, ki so pri vaši izstrelitvi rakete vplivali na trajektorijo.

a. _____

b. _____

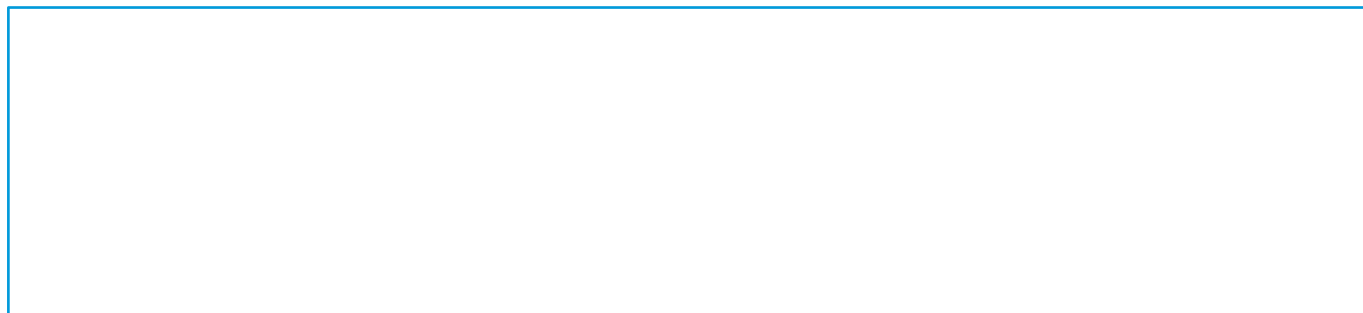
c. _____

5. Narišite diagram, ki prikazuje sile, ki bi po vašem delovale na raketo med fazo gnanega vzleta (ko pogon deluje).



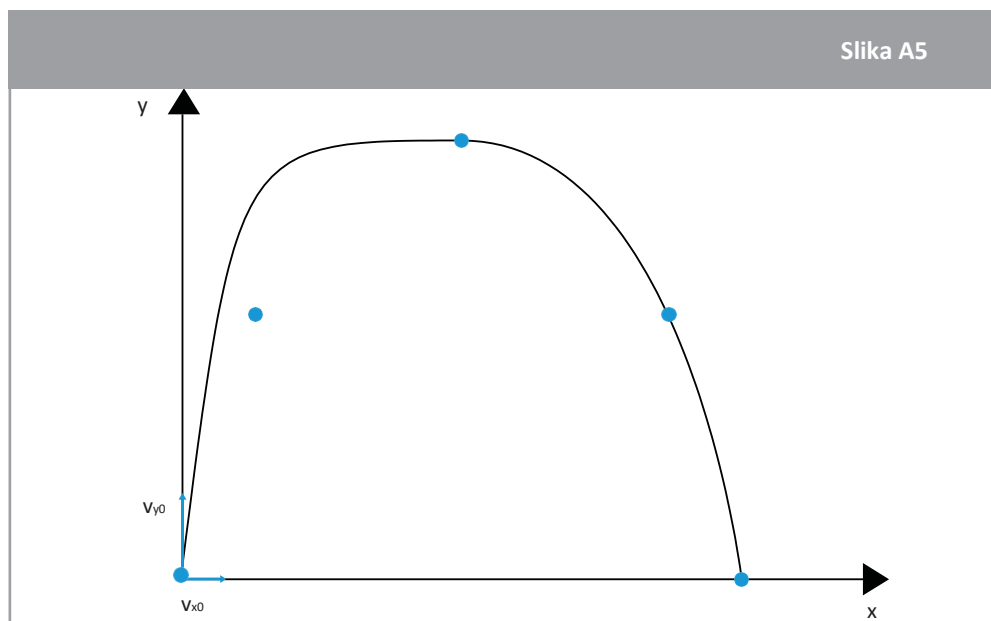
6. a. Kako dolgo po vašem mnenju traja faza gnanega vzleta pri pravi raketi? Kaj pa pri vaši papirnati raketi?

- b. Napišite enačbo sil rakete (upoštevajte samo sile v smeri gibanja rakete).



c. Poiščite izraz za pospešek rakete.

7. a. Dopolnite graf z vodoravno komponento hitrosti (v_x) in navpično komponento hitrosti (v_y) rakete v točkah, označenih na spodnji paraboli. V pomoč so narisani vektorji začetne hitrosti v_{x0} in v_{y0} . Upoštevati morate tudi sile, ki delujejo na raketo med letom, in pomisliti, zakaj sledi taki trajektoriji. Pri tem vprašanju zanemarjamo učinek zračnega upora.



↑ Ilustracija paraboličnega gibanja papirne rakete.

b. Na grafu opišite spremembo hitrosti.

8. Da bi objekt sledil parabolični trajektoriji blizu Zemljine površine (kjer lahko domnevamo, da je gravitacijsko polje enotno), je mogoče prikazati, da so razdalja, hitrost in izstrelitveni kot odvisni drug od drugega, kot sledi:

$$d = \frac{v^2 \sin(2\alpha)}{g}$$

kjer je:

d = razdalja [m]

v = hitrost [m/s]

α = izstrelitveni kot

g = gravitacijski pospešek v [m/s²]

Preuredite zgornjo enačbo za hitrost:

9. Uporabite meritve za razdaljo leta vaše rakete (v metrih) iz zadnje vaje. Uporabite enačbo iz vprašanja 8 za izračun hitrosti, ko zapusti izstrelitveno ploščad. Uporabite $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

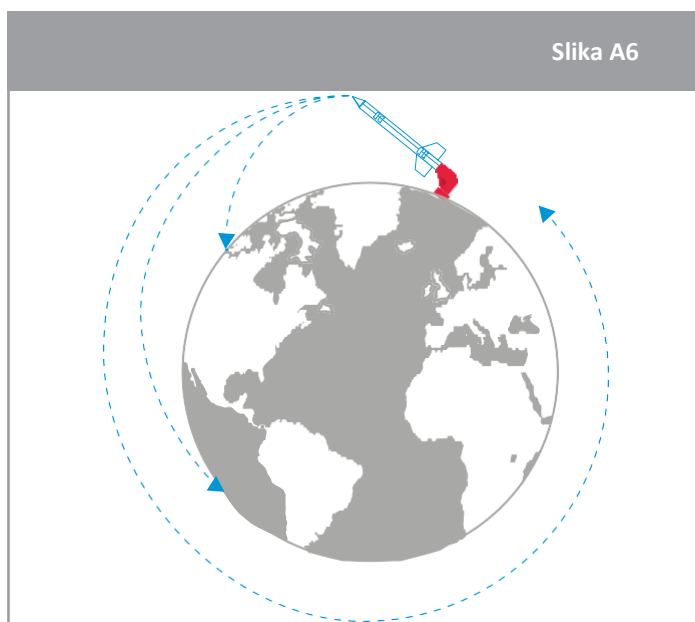
10. Pretvorite rezultat v km/h. _____.
11. Zdaj, ko imate hitrost svoje rakete, raziščimo, kako priti na Luno!
Doseči morate **ubežno hitrost**, ki je opredeljena kot:

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

G je gravitacijska konstanta, $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$, pri čemer M predstavlja maso Zemlje, $M = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$, r pa polmer Zemlje, $r = 6.371 \text{ km}$.

Izračunajte ubežno hitrost Zemlje.

Ker je ubežna hitrost na Zemlji visoka, trenutno izstreljujemo rakete v orbite, preden izvedemo manevre za potovanje dlje v vesolje. Če izstrelimo raketo naravnost navzgor, bo hitro padla nazaj na Zemljo. Namesto tega je raketo treba izstreliti z veliko tangencialno hitrostjo (tj. hitrost, ki je vzporedna s površjem Zemlje).



↑ Ilustracija izstrelitve z veliko tangencialno hitrostjo (tj. hitrost, ki je vzporedna s površjem Zemlje). Pri izstrelitvi z dovolj visoko hitrostjo lahko raketa doseže Zemljino orbito.

12. Večja, kot je hitrost rakete, daljšo razdaljo prepotuje, preden pade na Zemljo. Na neki točki je tako hitra, da nikoli ne pade nazaj, ampak gre v orbito! Hitrost, ki je potrebna za to, se imenuje orbitalna hitrost, ki jo je mogoče izračunati s to enačbo:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

G = gravitacijska konstanta

r = polmer orbite (prištejte polmer Zemlje nadmorski višini orbite) M = masa Zemlje

Izračunajte hitrost, ki jo potrebujemo za prehod vesoljskega plovila v Zemljino orbito na višini 300 km.

13. Kolikokrat višja je ta hitrost od hitrosti vaše rakete?

14. Po pristanku na Luni bi se radi vrnil domov na Zemljo oziroma uporabili Luno za potovanje dlje v vesolje. Za to mora obstajati možnost vzleta z Lune. Ubežna hitrost je premo sorazmerna z maso predmeta in obratno sorazmerna s polmerom predmeta.

$$M_{\text{Moon}} = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$r_{\text{Moon}} = 1737 \text{ km}$$

Ali je ubežna hitrost Lune večja ali manjša od Zemljine? _____

15. Izračunajte ubežno hitrost Lune:

16. Pogovorite se, zakaj bi bilo priročno uporabiti Luno kot odskočno desko za potovanje dlje v vesolje.

Ali veš?

Evropsko vesoljsko pristanišče se nahaja v Francoski Gvajani v Južni Ameriki, blizu ekvatorja. Rotacija Zemlje je največja na ekvatorju in rakete lahko izkoristijo učinek »frače«. S tem se poveča hitrost rakete za 460 m/s, s čimer prihranimo gorivo in denar. Ta lokacija je idealna tudi za izstrelitve v geostacionarno prenosno orbito, saj je na poti satelita potrebnih nekaj sprememb.



→ Dejavnost 3: Vesoljski polet ljudi

V tej dejavnosti boste raziskali, zakaj so pospešek in sile pomembni za polete ljudi v vesolje.

Vaja

Podrobneje analizirajmo izstrelitev papirnate rakete. Pri 9. vprašanju v Dejavnosti 2 ste izračunali hitrost v rakete, ko ta zapusti izstrelitveno ploščad. Pred izstrelitvijo je bila raketa še na izstrelitveni cevi, kar pomeni, da je njena začetna hitrost $u = 0 \text{ m/s}$. Zdaj bomo ocenili pospešek rakete v tem zelo kratkem časovnem obdobju.

$$(1) \quad a = \frac{v-u}{t}$$

kjer je

u = začetna hitrost

v = izstrelitvena hitrost

a = pospešek

t = čas

Težko je izmeriti čas, ki je potreben, da raketa zapusti cev.

Enačbo bi zato radi zapisali ponovno in brez vključitve časovne komponente. Uporabimo lahko približek, da je prevožena razdalja (s , ki v tem primeru ustreza dolžini izstrelitvene cevi) enaka povprečni hitrosti, pomnoženi s časom:

$$(2) \quad s = \frac{(u+v)}{2} t$$

1. Uporabite enačbi (1) in (2), da poiščete izraz za pospešek a .

2. Ob predpostavki konstantnega pospeška uporabite enačbo za izračun pospeška rakete, tik preden zapusti izstrelitveno ploščad. Upoštevajte, da je dolžina 'izstrelitvene cevi' (s) 30 cm in uporabite hitrost, izračunano v Dejavnosti 2 (če niste izračunali vrednosti za hitrost, uporabite vrednost $19,81 \text{ ms}^{-1}$).

Ali veš?

Gravitacijska sila ni sila, temveč razmerje med skupnim pospeškom predmeta in pospeškom zaradi gravitacije Zemlje. Izpostavljenost visokim gravitacijskim silam lahko na nas vpliva na različne načine. Npr. udarec po obrazu lahko za kratek čas pomeni lokalno obremenitev z več sto enotami gravitacijske sile in povzroči malo škode, konstantna enominutna izpostavljenost 16 G pa je lahko smrtonosna. Običajno lahko astronauti med izstrelitvijo izkusijo silo med 3 G in 6 G! Tako visoke sile G so sposobni prenesti zaradi vadbe v centrifugi, kot je ta na sliki.



3. Izračunajte silo G, ki bi jo astronaut v vaši papirnati raketi doživel med izstrelitvijo. To lahko storite tako, da pospešek, ki ste ga izračunali pri vprašanju 2, delite z $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

→ Povezave

Viri ESA

Model preprostega izstrelitvenega loka, ki ga je mogoče natisniti s 3D-tiskalnikom:

<https://esamultimedia.esa.int/docs/edu/1PBL.zip>

Izziv Moon Camp:

esa.int/Education/Moon_Camp

Animacije o tem, kako priti na Luno:

[esa.int/Education/Teach with the Moon/Travelling to the Moon](https://esa.int/Education/Teach_with_the_Moon/Travelling_to_the_Moon)

Viri za učilnice ESA:

[esa.int/Education/Classroom resources](https://esa.int/Education/Classroom_resources)

Kako delujejo rakete:

[esa.int/kids/en/learn/Technology/Rockets/How does a rocket work](https://esa.int/kids/en/learn/Technology/Rockets/How_does_a_rocket_work)

Odprave ESA

Orion:

[esa.int/Our Activities/Human and Robotic Exploration/Orion](https://esa.int/Our_Activities/Human_and_Robotic_Exploration/Orion)

Nosilne rakete ESA:

[esa.int/Our Activities/Space Transportation/Launch vehicles/Europe s launchers](https://esa.int/Our_Activities/Space_Transportation/Launch_vehicles/Europe_s_launchers)

Vesoljski transport ESA:

[esa.int/Our Activities/Space Transportation](https://esa.int/Our_Activities/Space_Transportation)

Ariana 6:

ariane6.esa.int

Evropsko vesoljsko pristanišče:

blogs.esa.int/spaceport

Dodatne informacije

Open rocket, brezplačno orodje za simulacijo raket:

<http://openrocket.info>

V vesolje! Toda na kateri raketi?

[esa.int/spaceinimages/Images/2019/06/To space! But on which rocket](https://esa.int/spaceinimages/Images/2019/06/To_space!_But_on_which_rocket)

→ Priloga 1: Priprava preprostega izstrelitvenega sistema

Uporabite plastično steklenico in 3D-natisnjen izstrelitveni lok, da izdelate izstrelitveno ploščad, ki jo lahko učenci uporabijo za izstrelitev papirnate rakete. Za tiskanje loka, s katerim je steklenica pritrjena na raketo, boste morali uporabiti 3D-tiskalnik. Za tiskanje (<https://esamultimedia.esa.int/docs/edu/1PBL.zip>) lahko uporabite bodisi svoj 3D-tiskalnik – 3D tiskalnik storitve MakerSpace (ali podobnega), bodisi spletno storitev, kjer lahko natisnete predmet iz datoteke. Ta lok lahko nadomestite z lastno različico (DIY), npr. z uporabo loka iz kartona ali plastične cevi.

Oprema:

- 1 list papirja A4;
- 1 izstrelitveni lok, natisnjen s 3D-tiskalnikom;
- 1 plastenka za vodo 500 ml.

Sestavite preprosto izstrelitveno ploščad

1. Kos papirja zvijte v tesen valj.
2. Valj vstavite v izstrelitveni lok in ga spustite tako, da se razpre in bo enake velikosti kot odprtina v izstrelitvenem loku.
3. Platenko privijte na drugo stran izstrelitvenega loka.
4. Vaš sistem za izstrelitev raket je pripravljen.

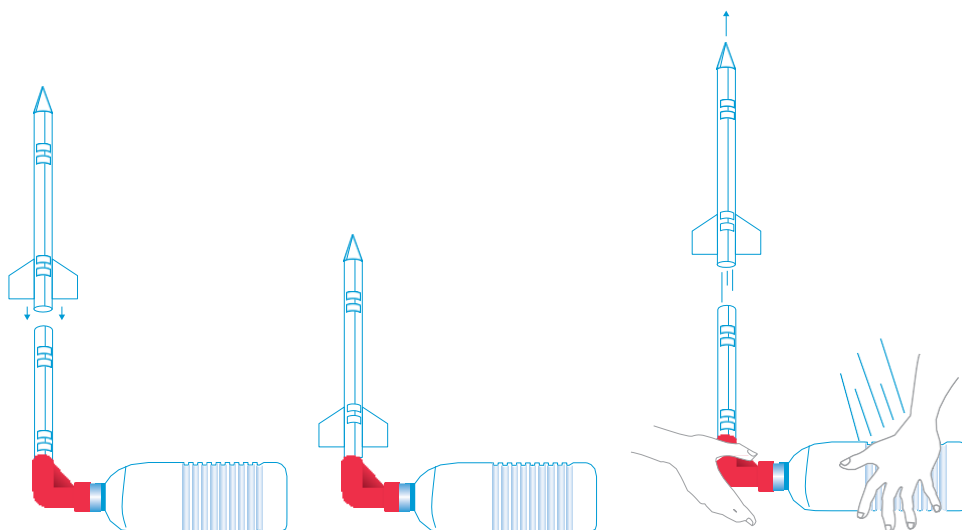


Slika 1

↑ Sistem za izstrelitev raket.

Uporaba izstrelitvenega sistema

1. Potisnite raketo na papirno cev, ki je povezana z izstrelitvenim lokom.
2. Sistem za izstrelitev raket in raketo postavite na tla.
3. Stopite ali močno pritisnite na steklenico, da izstrelite svojo raketo.



→ Priloga 2: Priprava tlačne izstrelitvene ploščadi

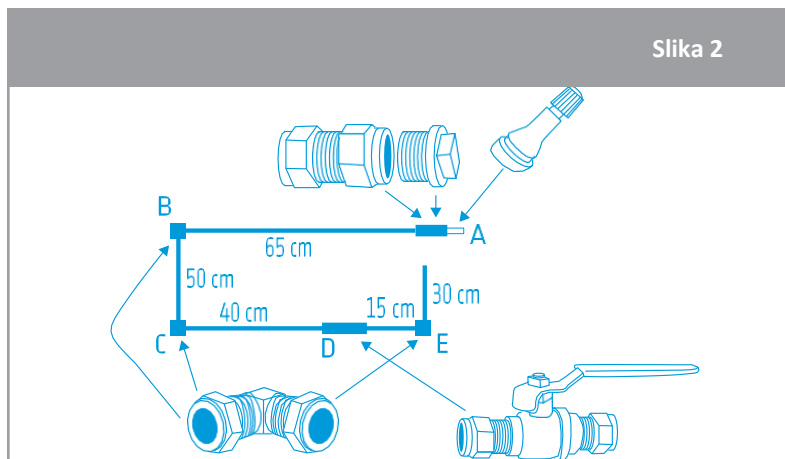
Navodila za izdelavo ploščadi za izstrelitev rakete na stisnjen zrak.

Oprema:

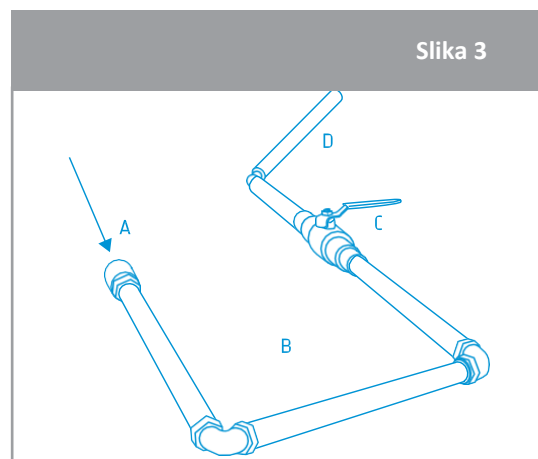
- bakrene cevi (premer: 22 mm, dolžine: 65 cm, 50 cm, 40 cm, 30 cm, 15 cm);
- 3 kotni spoji;
- 1 spoj cevi (običajni priključek na enem delu in notranji priključek na drugem);
- 1 čep za cev;
- 1 kroglični ventil;
- 1 zračni ventil;
- zračna črpalka ali zračni kompresor.

Sestavite izstrelitveno ploščad:

1. V čep cevi izvrtajte luknjo in vstavite ventil.
2. Ventil priključite na spoj cevi.
3. Tretjega kotnega spoja ne zategnite preveč, saj boste tako lahko spremenili kot izstrelitve rakete.
4. Povežite preostale cevi in spoje cevi, kot je prikazano spodaj:



↑ Predstavitev sestavljenega sistema za izstrelitev raket. A – ravni spoj, čep in ventil pnevmatike; B – kotni spoj; C – kotni spoj; D – kroglični ventil za sprostitve tlaka v izstrelitveni ploščadi; E – tretji kotni spoj.



↑ Diagram sestavljenega sistema za izstrelitev raket.

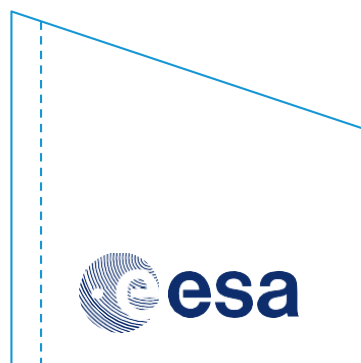
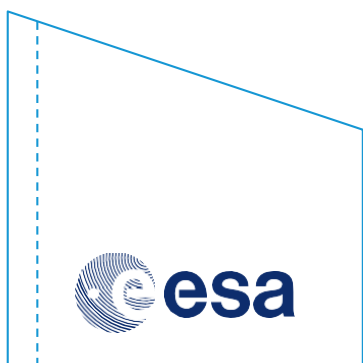
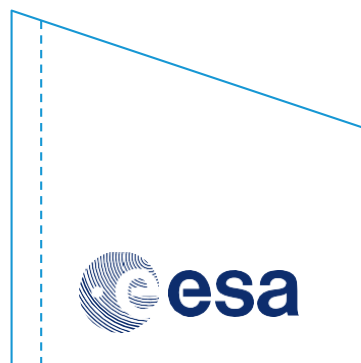
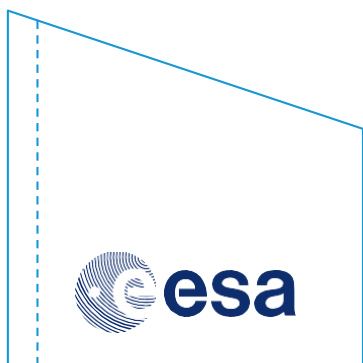
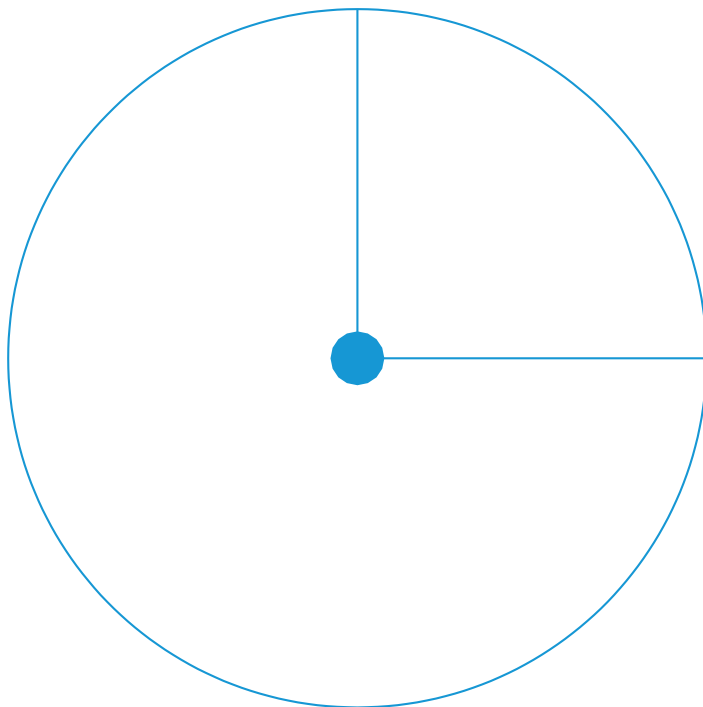
Uporaba izstrelitvenega sistema

1. Prilagodite kot izstrelitvene ploščadi.
2. Zaprite ventil, da zrak ne more uhajati.
3. S črpalko za kolo napolnite sistem na največ 7 barov.
4. Odprite ventil in spustite stisnjen zrak v sistem (to raketo izstreliti).

Varnost in zdravje

- Redno preverjajte in zategnite povezane cevi, saj se med uporabo lahko sprostijo.
- Z nogo stopite na izstrelitveno ploščad, da preprečite premikanje.
- Prepričajte se, da nihče ne stoji pred izstrelitveno ploščadjo, ko je pod pritiskom.
- Najvišji tlak ob izstrelitvi je 7 barov ali 101 psi.

→ Priloga 3: Krilca in nos za Dejavnost 1



→ Priloga 4: Tabela za beleženje razdalje leta

[illegible]