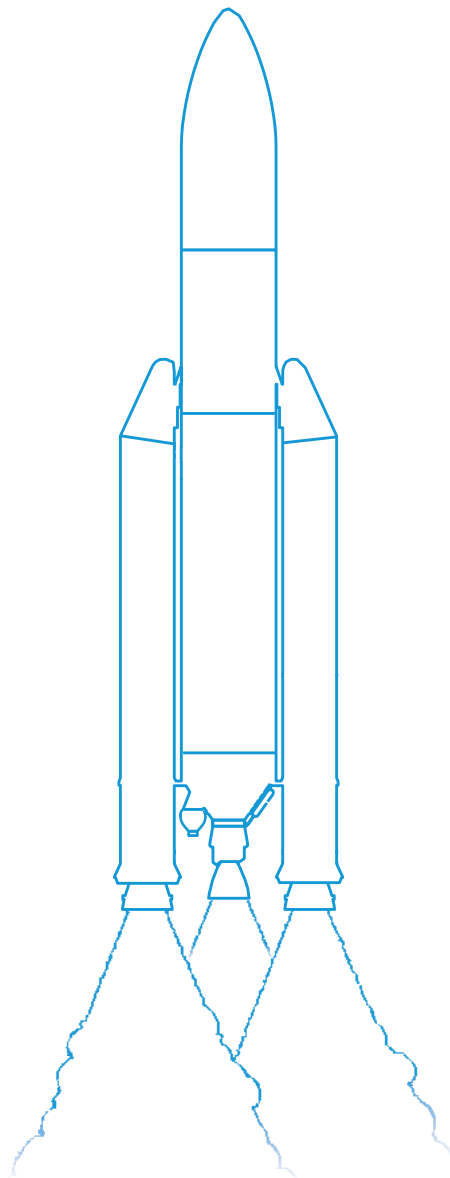
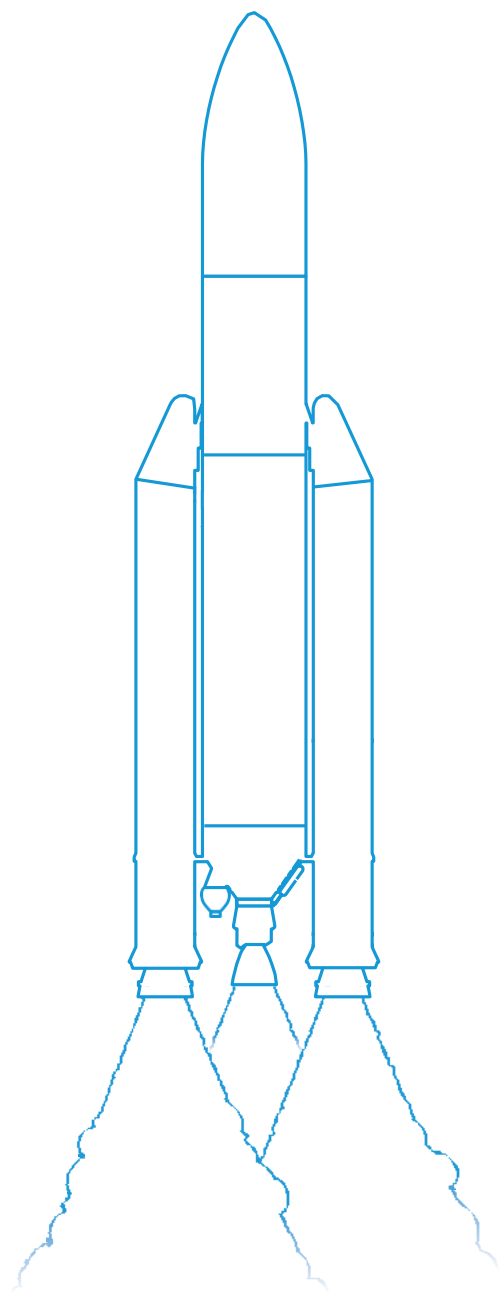


učenje z vesoljem

→ EKSPLOZIVNA PLASTENKA

Uporaba Newtonovih zakonov pri raketah





Pregled

stran 3

Dejavnost 1: Zgori, gorivo, zgori!

stran 4

Dejavnost 2: Uporaba Newtonovega drugega zakona pri raketah

stran 7

Povezave

stran 9

→ EKSPLOZIVNA PLASTENKA

Uporaba Newtonovih zakonov pri raketah

Pregled

Starostni razpon: 14–17 let

Tip: praktični prikaz ali dejavnosti za učence

Zahtevnost enostavno

Čas za pripravo učitelja: 20 minut za branje o dejavnosti

Potreben čas za izvedbo dejavnosti: 45 minut

Lokacija: laboratorij

Vključuje uporabo: lahko vnetljivih goriv (etanol ali drugi alkoholi)

Povzetek

Pri tej dejavnosti se alkohol in zrak pred vžigom premešata v veliki plastenki za vodo, da se simulirajo fizikalna načela kemičnih raketnih motorjev. Dejavnost se lahko izvaja kot predstavitev učitelja ali kot dejavnost za učence, za kar obstajajo ločeni protokoli. Učenci bodo opazovali hitro reakcijo, ki jo spremljajo dramatičen zvok »whoosh« in plameni. Pogovarjali se bodo o podobnostih in razlikah med laboratorijsko reakcijo in reakcijo, ki poteka v raketnih motorjih. Učenci bodo dejavnost zaključili, tako da bodo pri tem, kar so videli, uporabili Newtonove zakone gibanja.

Učenci bodo:

- spoznali, kako delujejo kemični raketni motorji;
- spoznali, kako uporabiti tri Newtonove zakone gibanja za raketne motorje;
- spoznali razmerje med potiskom in pospeškom;
- opravili izračune v zvezi s silami.

Učenci bodo izboljšali:

- svojo sposobnost uporabe znanja, pridobljenega z eksperimentalnimi opazovanji, za reševanje teoretičnih problemov;
- svojo sposobnost za varno delo v laboratoriju.

Potrebovali boste tudi



Povezave do učnega načrta

- Fizika – izstrelitve raket, akcijske/reakcijske sile, Newtonovi zakoni.
- Kemija – reakcije zgorevanja.

↑ Eksplozivna plastenka – predstavitveni videoposnetek v razredu. Oglejte si razdelek s povezavami.

→ DEJAVNOST 1: ZGORI, GORIVO, ZGORI!

Pri tej dejavnosti se v plastenki vžge mešanica zraka in alkohola, ki simulira dogajanje med vžigom goriva pri izstrelitvi rakete. Učenci bodo videli hitro reakcijo, ki jo spremljajo dramatičen zvok »whoosh« in plameni, kar kaže na veliko količino energije, ki se sprosti pri reakciji zgorevanja. Kemični raketni motorji uporabljajo visoke tlake in temperature zgorevanja, da pospešijo izpušne pline in raketo potisnejo navzgor.

Priprava poskusa

Predstavitveni videoposnetek »Whoosh bottle« za predstavitev v razredu je na voljo na spletni strani ESA Education in prikazuje celotno postavitve te dejavnosti ter opisuje, kako jo izvesti. Protokol, predstavljen v tem priročniku za učitelje, vsebuje informacije o opremi in navodila za izvajanje dejavnosti v obliki predstavitve s strani učiteljev (Slika 1). Učenci naj pri izvedbi te dejavnosti v obliki laboratorijske dejavnosti uporabljajo majhne plastenke, kot je predlagano v protokolu na listu dejavnosti za učence.

To predstavitev je najbolje izvesti v temni sobi.

Oprema:

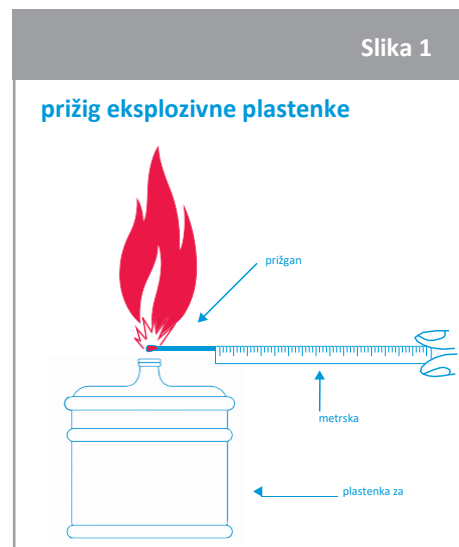
- 1 ali več velikih plastenk za vodo, ki se uporabljajo v avtomatih za vodo (približno 20 litrov);
- 15 ml industrijskega denaturiranega alkohola (cenejši) ali čistega etanola (dražji);
- vžigalica in trska;
- metrsko ravnilo (trsko je treba prilepiti na ravnilo, da pri prižiganju velike plastenke ohranite varno razdaljo);
- zaščitna očala;
- zaščitne rokavice.

Varnost in zdravje!

- Etanol (in drug alkohol, če se uporablja) je lahko vnetljiv. Ne uporabljajte ga v bližini odprtega ognja.
- Poskrbite, da bodo vnetljive kemikalije, vključno z vsemi alkoholi, shranjene v zaprtih posodah, ko niso v uporabi.
- Ves čas uporabljajte zaščitna očala.
- Preverite, da plastenke niso poškodovane. Če opazite razpoke, uporabite drugo plastenko.
- Pri prižiganju plastenke vedno nosite rokavice. Ne nagibajte se nad plastenko.
- Vse učence in opazovalce opozorite na možne ravni hrupa in tiste z občutljivim sluhom prosite, da si pokrijejo ušesa.
- Predstavitve ne izvajajte v obratnem položaju, da bi s tem skušali izstreliti plastenko.
- Upoštevajte splošne varnostne nadzorne ukrepe v laboratoriju.

Vaja

1. Nadenite si zaščitna očala.
2. Odstranite pokrov s plastenke za vodo in se prepričajte, da je popolnoma suha.
3. V platenko nalijte približno 15 ml goriva. Primerna goriva so denaturirani alkohol, metanol, etanol, propan-1-ol in propan-2-ol.
4. Namestite pokrov in dobro stresajte vsaj eno minuto. Tresenje bo pomagalo, da alkohol izhlapi.
5. Če je na dnu plastenke ostalo kaj goriva, ga izlijte in ponovno privijte pokrovček. Učenci naj vidijo, da ste to naredili.
6. Na konec merilnega ravnila pritrdite trsko in jo pod rahlim kotom držite navzdol. Trsko prižgite, odstranite tesnilo s plastenke in držite konec ravnila, tako da bo goreča trska nad vratom plastenke (Slika 1).
7. Reakcija je hitra in glasna! Ko je reakcija končana, obrnite platenko na glavo, da učencem pokažete kapljice padajoče brezbarvne tekočine. Platenko si lahko učenci med sabo podajajo, da občutijo, kako topla je – zlasti zgoraj.
8. Če je na voljo več plasten, je lahko zanimivo poskus ponoviti še z drugimi gorivi. Druga možnost je, da isto platenko ponovno uporabite po recikliranju zraka z vakuumsko črpalko, ki teče v obratni smeri, ali po črpanju svežega zraka v platenko s kolesarsko črpalko.



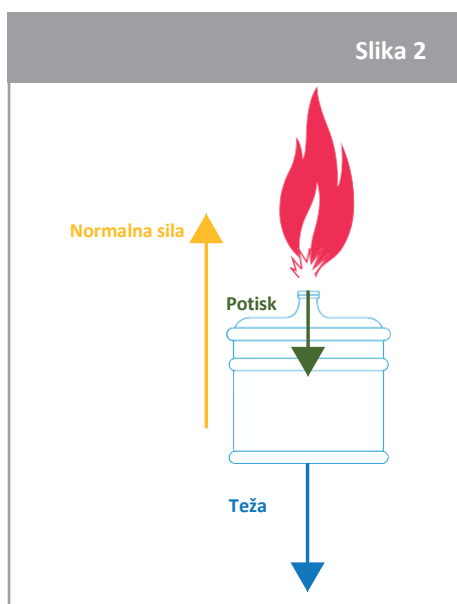
↑ Priprava plastenke »Whoosh« (za predstavitev učitelja).

Odgovori na vprašanja za pogovor

1. Pojasnite, zakaj je treba platenko pretresti, ko dodate alkohol.
Za pomoč pri izhlapevanju alkohola.
2. Reakcijo je spremljal piskajoči zvok. Pojasnite, od kod prihaja ta zvok.
Piskajoči zvok je posledica hitrega iztiskanja izpušnih plinov iz ozke odprtine plastenke. To je posledica širjenja vročega plina v platenki.
3. Ob upoštevanju tretjega Newtonovega zakona določite sile, ki delujejo na platenko med reakcijo zgorevanja.
Med reakcijo zgorevanja na platenko delujejo tri sile:
 - Teža plastenke.
 - Normalna sila (od tal).
 - Potisk, ki ga proizvajajo izpušni plini (ogljikov dioksid in vodna para). Ti plini se iz plastenke iztisnejo navzgor, zato nam tretji Newtonov zakon pove, da sta enaka in nasprotna reakcijska sila na platenko usmerjeni navzdol v tla.

4. Narišite diagram, ki prikazuje sile, ki med reakcijo zgorevanja delujejo na platenko.

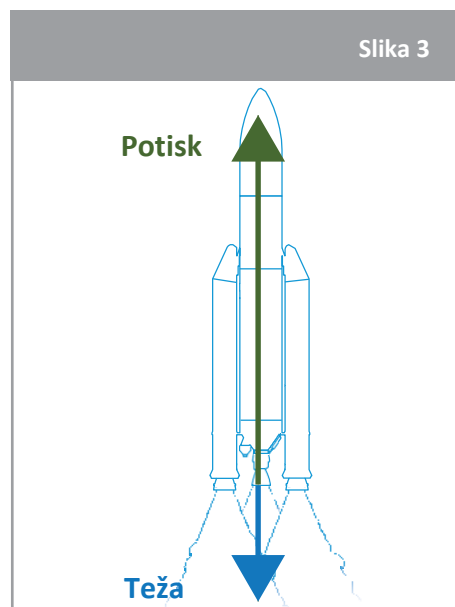
Upoštevajte, da mora biti puščica za normalno silo približno enaka skupni velikosti puščic teže in potiska (Slika 2).



↑ Sile, ki med reakcijo zgorevanja delujejo na platenko.

5. Narišite diagram, ki prikazuje sile, ki delujejo na raketo v trenutku izstrelitve – takoj po tem, ko zapusti tla. Zračni upor zanemarite.

Upoštevajte, da mora biti puščica za potisk večja od puščice za težo (Slika 3).



↑ Sile, ki delujejo na raketo med izstrelitvijo.

6. Opišite podobnosti in razlike med diagramoma, ki ste ju narisali.

Podobni sili sta teža in potisk, a obstajajo razlike. Na platenki je potisk, ki ga ustvarjajo izpušni plini, usmerjen navzdol v tla, medtem ko je v raketi potisk usmerjen navzgor.

7. Pojasnite učinke sil v obeh primerih (platenka in raketa).

»Eksplzivna« platenka predstavlja obratno različico izstrelitve rakete. V tem primeru izpušni plini povzročijo silo navzdol (potisk) zaradi tretjega Newtonovega zakona. Ker je platenka postavljena na tla ali na mizo, ta sunek dejansko deluje na celotno maso Zemlje, kar pomeni, da nima nobenega učinka.

V primeru rakete je potisk usmerjen navzgor in deluje samo na maso rakete, zato jo hitro pospešuje (prvi in drugi Newtonov zakon). Ko bo raketa pospeševala skozi nižje plasti atmosfere, bo prišlo do znatnega aerodinamičnega upora, zlasti v prvih dveh ali treh minutah po izstrelitvi, ko so hitrosti visoke in je atmosfera še razmeroma gosta. Nad nadmorsko višino 120 km postane atmosferski upor minimalen. Čeprav se gravitacijske sile z razdaljo zmanjšujejo, nikoli popolnoma ne izginejo.

→ DEJAVNOST 2: UPORABA NEWTONOVEGA DRUGEGA ZAKONA PRI RAKETAH

Za izstrelitev rakete v vesolje mora biti dovolj potiska, ki premaga gravitacijo. Pri tej dejavnosti učenci drugi Newtonov zakon uporabijo za rakete, da izračunajo količino goriva, ki ga raketa potrebuje za ustvarjanje potrebnega potiska za izstrelitev.

Odgovori za vajo

1. Raketa Ariane 5 ECA je na izstrelitveni ploščadi v Kourouju v Francoski Gvajani. Spodnji del Ariane 5 ECA je sestavljen iz glavne stopnje kriogenega jedra (EPC) in dveh ojačevalnikov na trdno gorivo (EAP) (glejte Sliko 4). Potisk, ki ga ustvarijo motorji, znaša 960 kN iz glavne kriogene stopnje EPC in 6450 kN iz vsakega od dveh pogonskih ojačevalnikov na trdno gorivo, ki sta nanj pritrjena. Skupna masa rakete na izstrelitveni ploščadi znaša 777 ton.

Gravitacijski pospešek (g) naj bo kot $9,8 \text{ N/kg}$ ali $9,8 \text{ m/s}^2$.

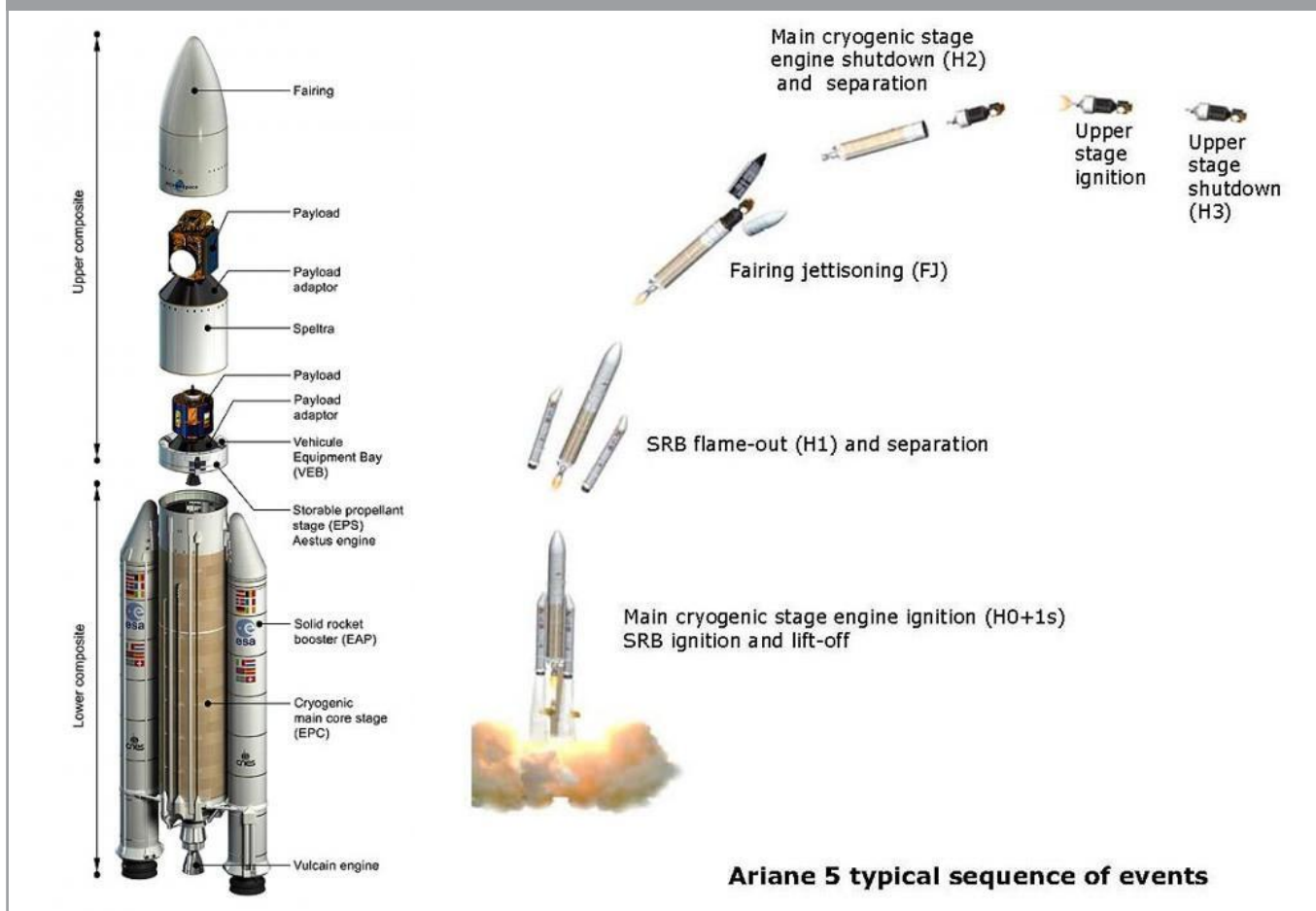
a. Izračunajte rezultanto sile na raketo. Pomagalo vam bo, če narišete diagram sil. Zračni upor zanemarite.

Sila rezultante na raketo = 6,25 MN

b. Izračunajte pospešek rakete v trenutku izstrelitve.

Pospešek = $8,04 \text{ m/s}^2$

Slika 4



↑ Tipično zaporedje izstrelitve rakete Ariane 5.

2. Recimo, da se raketa prvih dvajset sekund dviga navpično. Vsak ojačevalnik EAP porabi 1,8 tone pogonskega goriva na sekundo, glavna stopnja EPC pa 0,3 tone pogonskega goriva na sekundo.
- a. Izračunajte maso rakete po 20 sekundah in s tem izračunajte njen pospešek v tem času.

Masa rakete po 20 sekundah:

$$777.000 \text{ kg} - (2 \times 1,8 \text{ t} \times 1.000 \text{ kg} \times 20 \text{ s}) - (0,3 \text{ t} \times 1.000 \text{ kg} \times 20 \text{ s}) = 699.000 \text{ kg}$$

Trenutni pospešek:

$$\text{Potisk} = 13.860.000 \text{ kg m/s}^2$$

$$\text{Teža} = 699.000 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 6.850.200 \text{ kg m/s}^2$$

$$\text{Sila rezultante} = 13.860.000 \text{ kg m/s}^2 - 6.850.200 \text{ kg m/s}^2 = 7.009.800 \text{ kg m/s}^2$$

$$\text{Pospešek} = \text{sila/masa} = 10,03 \text{ m/s}^2$$

- b. V resnici bi bil pospešek rakete v tem trenutku drugačen od pospeška, ki ste ga izračunali. Mislite, da bi bila dejanska vrednost višja ali nižja? Utemeljite svoj odgovor. Pri tem vam lahko pomaga nov diagram sil.

Ko raketa pospešuje skozi atmosfero, se njena hitrost poveča in posledično se poveča tudi atmosferski upor. To je zato, ker je sila atmosferskega upora sorazmerna z gostoto zraka in tudi s kvadratom hitrosti. To pomeni, da atmosferski upor z naraščanjem hitrosti skozi atmosfero igra vse pomembnejšo vlogo. Posledično bo po 20 sekundah leta učinek sile upora tak, da bo rezultanta sile (potisk – upor – teža) manjša, kot bi bila rezultanta brez upora (potisk – teža), zato bo pospešek manjši od izračunanega. Ko raketa potuje naprej skozi atmosfero, se gostota zraka postopno zmanjšuje, hkrati pa se hitrost (in pospešek) rakete povečuje, medtem ko se teža rakete zaradi porabe pogonskih goriv v motorjih zmanjšuje.

3. Navodila za uporabo za Ariane 5 navajajo dve številki za potisk glavne stopnje EPC (ki deluje devet minut):
- 960 kN na morski gladini
 - 1390 kN v vakuumu

Pojasnite, zakaj se ti števili razlikujeta.

Potisk, ki ga proizvaja raketni motor, je odvisen od hitrosti izpuščenih plinov iz zgorevalne komore. Razlika v tlaku med plini v zgorevalni komori in atmosfero okolice je tista, ki izpušne pline potiska iz zgorevalne komore in ustvarja potisk. Ta razlika bo največja v vakuumu, zato je vakuumski potisk vedno večji od potiska na morski gladini.

→ POVEZAVE

Viri ESA

Eksplozivna plastenka – predstavitveni videoposnetek v razredu (VP01):

http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/Whoosh_bottle_-_classroom_demonstration_video_VP01

Viri učilnice EVA:

www.esa.int/Education/Classroom_resources

Rakete na trdna in tekoča goriva:

www.esa.int/Education/Solid_and_liquid_fuel_rockets

Predstavitev raket ESA Kids:

www.esa.int/esaKIDSen/SEMYWIXJD1E_Technology_0.html

Predstavitev rakete Ariane 5:

www.esa.int/Our_Activities/Launchers/Launch_vehicles/Ariane_5

Viri Ariane 5

Informacije o raketi Ariane 5:

www.arianespace.com/vehicle/ariane-5/

Članek o Ariane 5 v Wikipediji:

en.wikipedia.org/wiki/Ariane_5

učenje z vesoljem – eksplozivna platenka | P01a
www.esa.int/education

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

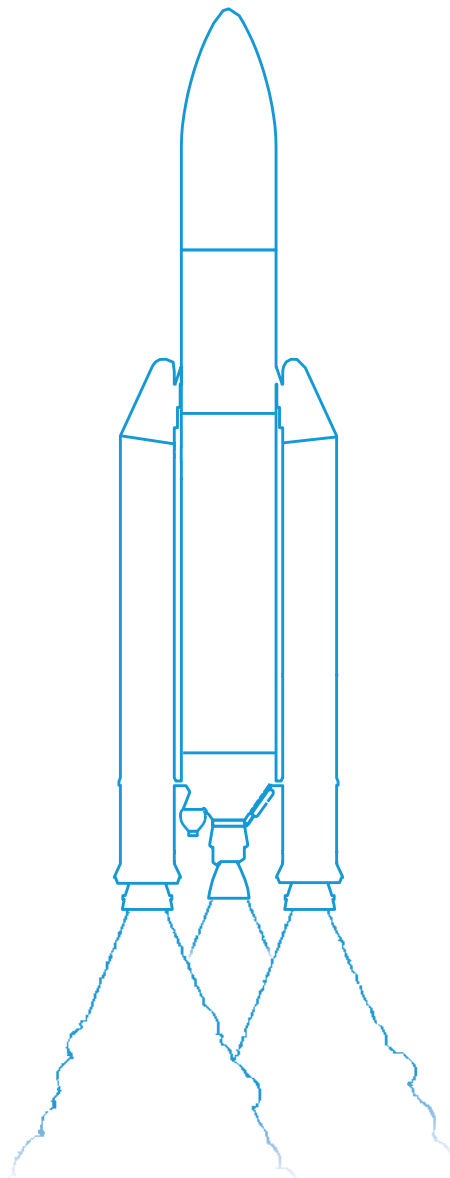
Koncept, ki so ga za ESA razvili pri National Space Academy (NSA), ZK

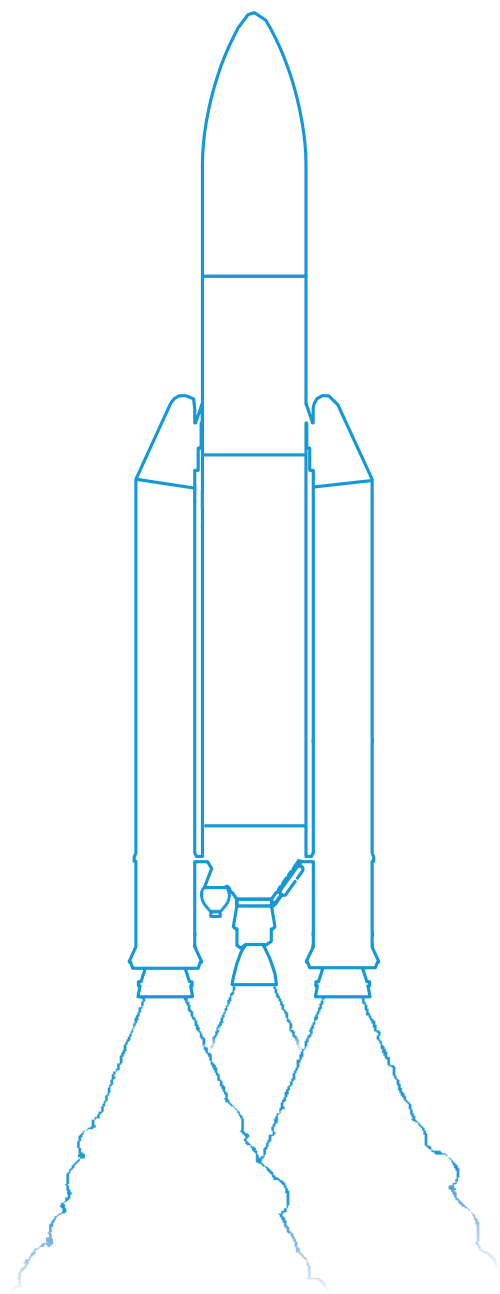
produkcija ESA Education
Copyright 2017 © European Space Agency

učenje z vesoljem

→ EKSPLOZIVNA PLASTENKA

Uporaba Newtonovih zakonov pri raketah





Osnovne informacije

stran 3

Dejavnost 1: Zgori, gorivo, zgori!

stran 5

Dejavnost 2: Uporaba Newtonovega drugega zakona pri raketah

stran 8

→ OSNOVNE INFORMACIJE

Razumevanje sil je ključno za razumevanje premikanja snovi v vesolju. Učinke sil lahko opišemo z Newtonovimi zakoni gibanja.

Prvi Newtonov zakon

Če na predmet ne deluje nobena splošna – ali REZULTANTNA – sila, bo predmet bodisi ostal v mirovanju bodisi se bo premikal s konstantno hitrostjo (tj. s konstantno hitrostjo potoval v ravni črti). Za spremembo hitrosti ali smeri katerega koli predmeta so potrebne sile.

Ravnovesje nastopi, ko je rezultantna (ali neto) sila na predmet enaka nič. Če predmet pospeši (tj. spremeni svojo smer gibanja ali hitrost – ali oboje), mora na predmet delovati rezultantna sila.

Drugi Newtonov zakon

Skupna sila, ki deluje na telo, je sorazmerna s hitrostjo spreminjanja njegove gibalne količine: $F = ma$, kjer se F meri v newtonih.

Drugi Newtonov zakon obravnava, kako posledična sila spremeni gibanje predmeta.

Tretji Newtonov zakon

Če telo A izvaja silo na telo B, bo skozi ta proces telo B izvajalo enako in nasprotno silo nazaj na telo A.

To pogosto opisujemo kot »vsako dejanje ima enako in nasprotno reakcijo«. Sile se pojavljajo v parih in noben predmet ne more izvajati sile sam nase.

V tej dejavnosti se Newtonovi zakoni uporabljajo za raketno znanost:

- **Prvi in drugi Newtonov zakon:** Sila rezultante na raketo (potisk minus vsota vseh sil, ki delujejo v nasprotni smeri) povzroči pospešek, ki ga je mogoče izračunati z uporabo drugega Newtonovega zakona » $F = ma$ « in nadomestitvijo mase rakete. Med vžigom motorja rakete se masa rakete zmanjša, saj se produkti kemične reakcije izločajo iz motorja. To pomeni, da se pospešek, ki nastane pri danem potisku, s časom povečuje za določeno stopnjo.
- **Tretji Newtonov zakon:** Ko raketni motor izpušča izpušne pline v eno smer, uhajajoči plini izvajajo enako in nasprotno silo nazaj na raketo. To se imenuje reakcijska sila ali potisna sila, ki jo proizvaja motor. Reakcija potisne raketo navzgor in od tal.

Bolj realistično modeliranje tega koncepta je mogoče raziskati z uporabo polne različice drugega Newtonovega zakona – sila je sorazmerna s hitrostjo spremembe gibalne količine. To skupaj s tretjim Newtonovim zakonom kaže, da je večji potisk mogoče doseči s:

- a. povečanjem mase izpušnih plinov, izpuščenih na sekundo;
- b. povečanjem hitrosti izpušnih plinov;
- c. skrajšanjem časa, v katerem se to zgodi.



↑ Za izstrelitev rakete v vesolje mora biti na voljo dovolj potiska. To je predstavitevni videoposnetek eksplozivne plastenke v učilnici, ki ga lahko najdete na spletni strani ESA Education.

→ DEJAVNOST 1: ZGORI, GORIVO, ZGORI!

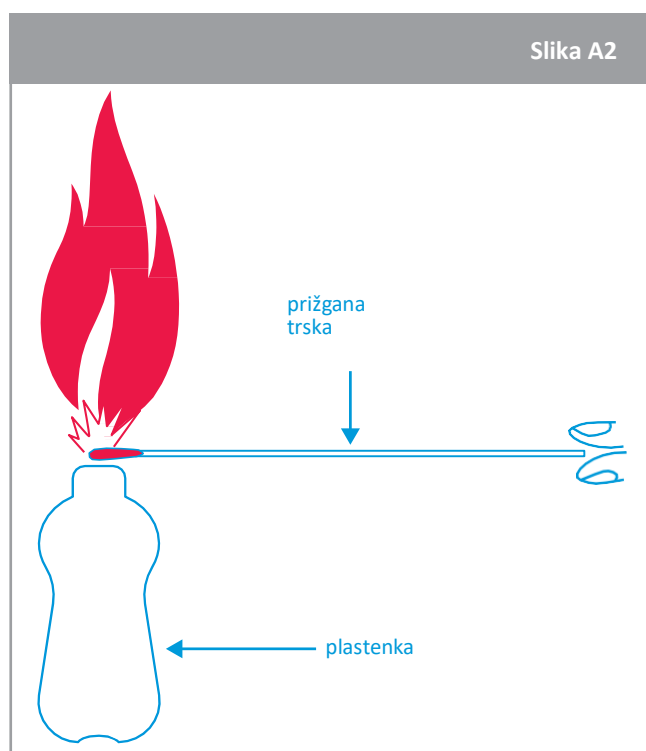
Rakete uporabljamo že stoletja. Prve rakete so pred skoraj 1000 leti na Kitajskem uporabili za ognjemete. Danes se rakete uporabljajo v številne druge namene, vključno s transportom astronautov na Mednarodno vesoljsko postajo, pošiljanjem sond v vesolje za raziskovanje sončnega sistema in izstrelitvijo satelitov v orbito okoli Zemlje. Pri tej dejavnosti se v plastenki vžge mešanica zraka in alkohola, ki simulira dogajanje med vžigom goriva pri izstrelitvi rakete. Videli boste hitro reakcijo, ki jo spremljajo dramatičen zvok »whoosh« in plameni, kar kaže na veliko količino energije, ki se sprosti pri reakcijah zgorevanja.

Oprema:

- 1 majhna plastenka s pokrovom, npr. 500-ml prazna plastenka za vodo;
- 1 ml denaturiranega alkohola/etanola (ali drugega izbranega goriva);
- zaščitna očala;
- 1 toplotna odporna podloga;
- dolge vžigalice (uporablja jih lahko samo učitelj).

Varnost in zdravje!

- Etanol (in drug alkohol, če se uporablja) je lahko vnetljiv. Ne uporabljajte ga v bližini odprtega ognja.
- Poskrbite, da bodo vnetljive kemikalije, vključno z vsemi alkoholi, shranjene v zaprtih posodah, ko niso v uporabi.
- Ves čas uporabljajte zaščitna očala.
- Preverite, da plastenke niso poškodovane. Če opazite razpoko, uporabite drugo plastenko.
- Ne nagibajte se nad plastenko.
- Upoštevajte splošne varnostne nadzorne ukrepe v laboratoriju.



↑ Priprava poskusa.

Vaja

1. Nadenite si zaščitna očala.
2. Odstranite pokrov s plastenke za vodo in se prepričajte, da je popolnoma suha.
3. V plastenko nalijte 1 ml goriva.
4. Privijte pokrovček in dobro pretresite.
5. Če je na dnu plastenke ostalo kaj goriva, ga zlijte na varno mesto in ponovno privijte pokrovček.
6. Plastenko postavite na podlogo, ki je odporna na toploto, na mizo in počakajte učitelja. Vaša miza naj bo vedno čista.
7. V prisotnosti učitelja odstranite pokrov, se umaknite in opazujte, kako učitelj prižgano vžgalico prisloni na ustje plastenke.
8. Opazujte, kaj se zgodi. Opazujte tudi, kaj se zgodi, ko prižge plastenke drugih učencev.

Razprava

1. Pojasnite, zakaj je treba plastenko pretresti, ko dodate alkohol.

2. Reakcijo je spremljal piskajoči zvok. Pojasnite, od kod prihaja ta zvok.

3. Ob upoštevanju tretjega Newtonovega zakona določite sile, ki delujejo na plastenko med reakcijo zgorevanja.

4. Narišite diagram, ki prikazuje sile, ki delujejo na plastenko med reakcijo zgorevanja.

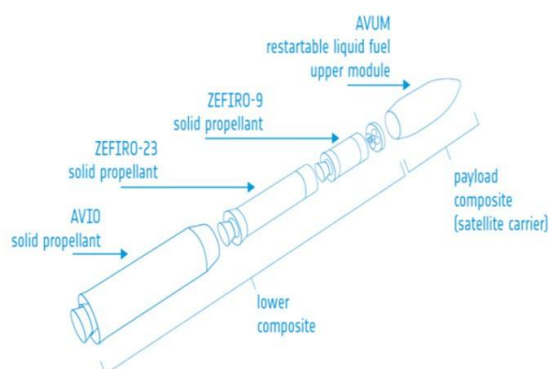
5. Narišite diagram, ki prikazuje sile, ki delujejo na raketo v trenutku izstrelitve – takoj po tem, ko zapusti tla. Zračni upor zanemarite.

6. Opišite podobnosti in razlike med diagramoma, ki ste ju narisali.

7. Pojasnite učinke sil v obeh primerih (plastenka in raketa).

Ali veš?

Potisk rakete pospeši vso njeno maso (tovor, gorivo, oksidant in strukturo rakete). Rakete so pogosto izdelane v več stopnjah, da se omeji količina dodatne mase na celotnem potovanju in tako poveča pospešek. Običajno dve ali več stopenj odklopijo s plovila (s čimer se znatno zmanjša masa), ko se zgorevanje v motorjih zaključi. Na diagramu na desni je prikazan Vega, mali lansirnik ESA. Vega ima tri stopnje s pogonom na trdna goriva in en zgornji modul na tekoči pogon za krmiljenje rakete, ko je v orbiti.



→ DEJAVNOST 2: UPORABA NEWTONOVEGA DRUGEGA ZAKONA PRI RAKETAH

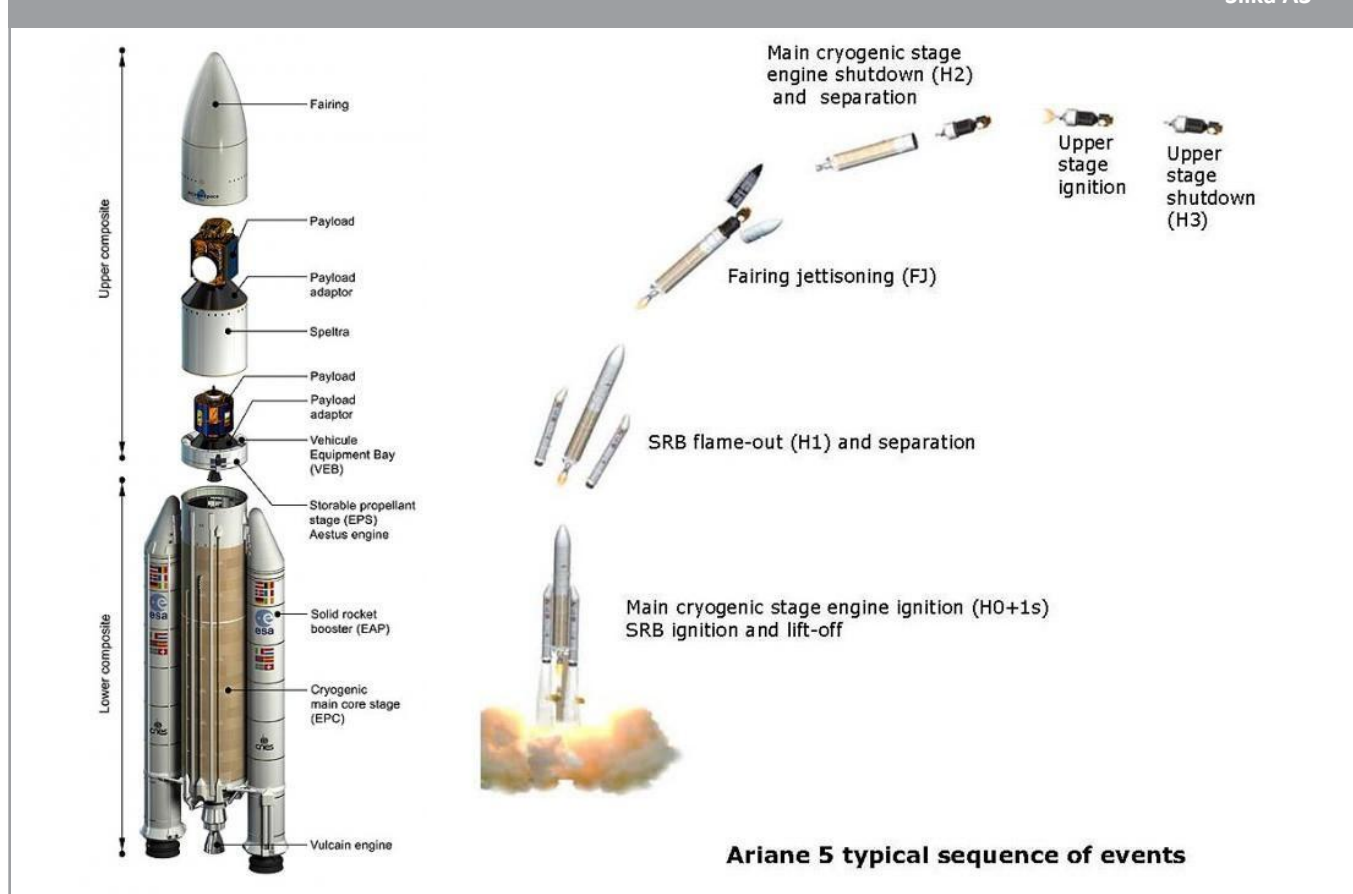
Za izstrelitev rakete v vesolje mora biti dovolj potiska, ki premaga gravitacijo. V tej dejavnosti boste ESA raketni znanstvenik ali inženir. Uporabili boste drugi Newtonov zakon za rakete, da izračunate količino goriva, ki ga raketa potrebuje za ustvarjanje potrebnega potiska za izstrelitev.

Vaja

1. Raketa Ariane 5 ECA je na izstrelitveni ploščadi v Kourouju v Francoski Gvajani. Spodnji del Ariane 5 ECA je sestavljen iz glavne stopnje kriogenega jedra (EPC) in dveh ojačevalnikov na trdno gorivo (EAP) (glejte Sliko A3). Potisk, ki ga ustvarijo motorji, znaša 960 kN iz glavne kriogene stopnje EPC in 6450 kN iz vsakega od dveh pogonskih ojačevalnikov na trdno gorivo, ki sta nanj pritrjena. Skupna masa rakete na izstrelitveni ploščadi znaša 777 ton.

Gravitacijski pospešek (g) naj bo kot 9,8 N/kg ali 9,8 m/s².

Slika A3



↑ Tipično zaporedje izstrelitve rakete Ariane 5.

- a. Izračunajte rezultanto sile na raketo in njen začetni pospešek. V pomoč vam bo, če narišete diagram sil. Zračni upor zanemarite.

Izračun:

b. Izračunajte pospešek rakete v trenutku izstrelitve.

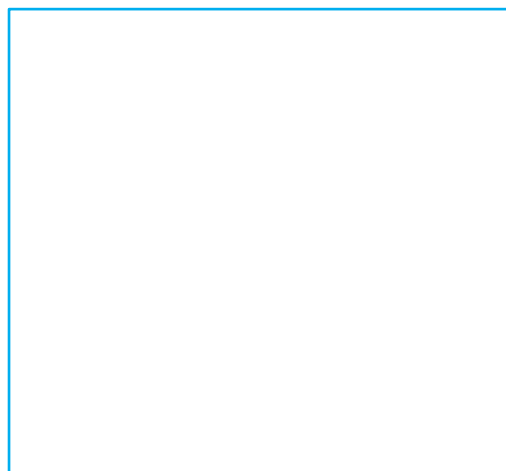
Izračun:

2. Recimo, da se raketa prvih dvajset sekund dviga navpično. Vsak ojačevalnik EAP porabi 1,8 tone pogonskega goriva na sekundo, glavna stopnja EPC pa 0,3 tone pogonskega goriva na sekundo. Zračni upor zanemarite.

a. Izračunajte maso rakete po 20 sekundah in s tem izračunajte njen pospešek v tem času.

Izračun:

b. V resnici bi bil pospešek rakete v tem trenutku drugačen od pospeška, ki ste ga izračunali. Mislite, da bi bila dejanska vrednost višja ali nižja? Utemeljite svoj odgovor. Pri tem vam lahko pomaga nov diagram sil.



3. Navodila za uporabo Ariane 5 navajajo dve številki za potisk glavne stopnje EPC (ki deluje devet minut):

- 960 kN na morski gladini
- 1390 kN v vakuumu

Pojasnite, zakaj se ti števili razlikujeta.

učenje z vesoljem – eksplozivna platenka | P01b
www.esa.int/education

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

Koncept, ki so ga za ESA razvili pri National Space Academy (NSA), ZK

produkcija ESA Education
Copyright 2017 © European Space Agency