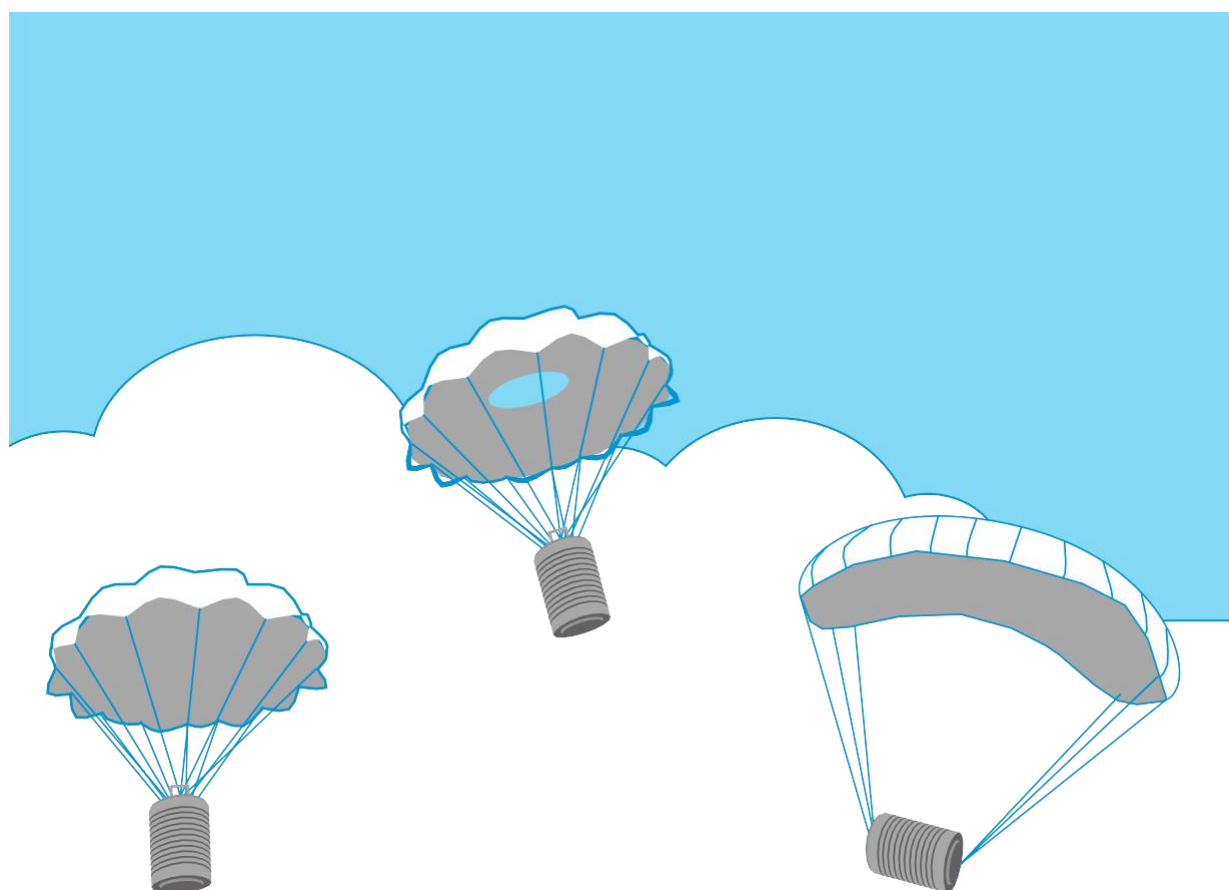
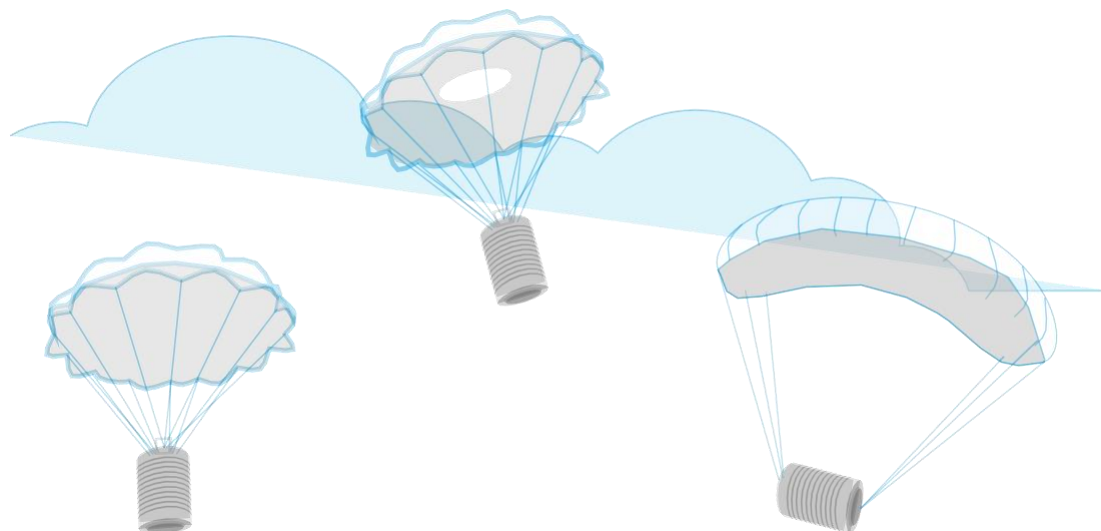


učenje z vesoljem

→ OBLIKUJ SVOJE PADALO

Vodnik za varni pristanek vašega CanSat-a





Vodnik za učitelje

Pregled	stran 3
Povzetek dejavnosti	stran 4
Dejavnost 1: Prosti pad	stran 5
Dejavnost 2: Padala – pravi upor!	stran 6
Dejavnost 3: Pomen oblike	stran 7
Dejavnost 4: 'Počasi in zanesljivo' zmaga	stran 9
Delovni list	stran 10
Povezave	stran 22

učenje z vesoljem – oblikuj svoje padalo | T10
www.esa.int/education

ESA Education Office bo vesela povratnih informacij in komentarjev
na teachers@esa.int

Produkt ESA Education v sodelovanju z ESERO Irska
Copyright 2018 © European Space Agency

→ OBLIKUJ SVOJE PADALO

Vodnik za varni pristanek vašega CanSat-a

Hitra dejstva

Starostno obdobje: 14–20 let

Povezave s kurikulumom: Fizika – hitrost, pospešek, težnostni pospešek, končna (terminalna) hitrost

Zahtevnost: Srednja

Predviden zahtevan čas: 120 minut

Podporni dokumenti: Pričeti s CanSatom

Metodologija: učenje na osnovi raziskovanja

Ključne besede: padalo, upor, zračni upor, gravitacija, teža, CanSat

Povzetek

To gradivo dijakom omogoča kratek pregled različnih možnosti, ki so na voljo pri izdelavi padala za CanSat. Dijaki se bodo naučili osnov fizike padal in njihovega načrtovanja ter kako nadzorovati hitrost CanSata.

Učni cilji

- Razumevanje razlike med težo in maso.
- Prepoznavanje različnih vrst padal in razpravljanje o njihovem načrtovanju in izdelavi.
- Razumevanje pomembnosti testiranja padala.
- Razumevanje koncepta končne (terminalne) hitrosti.
- Prikazovanje grafov z ustreznimi enotami in oznakami.

→ Povzetek dejavnosti

Povzetek dejavnosti					
	Naslov	Opis	Rezultat	Zahteve	Čas
1	Prosti pad	Dijaki opravijo preprost poskus, da raziščejo koncept končne (terminalne) hitrosti.	Dijaki bodo znali opisati, kaj je končna hitrost.	Brez posebnih zahtev	25 minut
2	Padala – pravi upor	V tej dejavnosti dijaki spoznajo osnovno fiziko načrtovanja padal.	Dijaki bodo znali opisati pomembne dejavnike prostega pada.	Predhodna dejavnost	15 minut
3	Pomembnost površine in oblike	Obravnavajo različne vrste padal in njihov vpliv na padajoče telo.	Dijaki bodo znali izbrati ustrezno obliko padala za svoj CanSat.	Predhodna dejavnost	25 minut
4	'Počasi in zanesljivo' zmaga	Dijaki si ogledajo izstrelitev in spust CanSata ter preizkusijo svoje padalo.	Dijaki bodo znali prikazati grafe razdalja-čas in hitrost-čas izstrelitve in spusta CanSata.	Predhodne dejavnosti in padalo za testiranje padanja.	25 minut

→ Uvod

Padala so ključnega pomena za vsako misijo CanSat. Čeprav so v primerjavi s kompleksno elektroniko v CanSatu pogosto smatrani kot preprosti kosi tkanine, bi bila velika napaka, če bi jih prezrli! Brez dobro načrtovanega padala vaš CanSat morda nima dovolj časa za dokončanje svojih znanstvenih ciljev ali še huje, lahko strmoglavi!

V tem gradivu bomo raziskali osnovno fiziko spuščajočega padala in spoznali odločitve, ki jih je treba sprejeti pri izbiri primerne padala za misijo CanSata. Do konca gradiva morate biti prepričani, da lahko varno izstrelite in pristanete svoj CanSat!

→ Dejavnost 1: Prosti pad

V tej dejavnosti dijaki raziskujejo koncept končne hitrosti in prostega pada s preprostim kvalitativnim poskusom, spuščanjem kroglic v olje in vodo. S to dejavnostjo bodo razumeli pomembnost tekočin v situacijah prostega pada.

Vaja

1. Kakšen je razpon dovoljene teže za CanSat?

Dovoljeni razpon **teže** je od **2,9 do 3,4 N**.

*Pogosta napaka je, da dijaki zamenjujejo **maso** in **težo** ter odgovorijo 300-350 g!*

2. Poskus s kladivom in peresom sproži zanimivo vprašanje: kako bi se izstrelitev CanSata razlikovala, če bi jo izvedli na Luni?

Na Luni je gravitacijski učinek močno zmanjšan, težnost je približno 1/8 moči zemljine težnosti! To pomeni, da je na raketo veliko manjša sila. Ob izstrelitvi rakete na Luni se lahko zgodi veliko stvari. Če je raketa dovolj močna, bo imela dovolj hitrosti, da se izmuzne gravitacijskemu vplivu Lune in lahko gre v orbito. Ob predpostavki, da se to ne zgodi, pa je tudi spust nazaj na površje Lune zelo drugačen. Ker je na Luni veliko manj zraka, je manjši upor. To bi lahko delno nadomestilo zmanjšano gravitacijsko silo in posledično povzročilo izjemno hitrost spusta!

Pri tem vprašanju ne pričakujte podrobnih količinskih analiz, saj je potrebno kompleksno razumevanje fizike, vendar iščite upravičene miselne procese in razumevanje ključnih razlik med okoljema Zemlje in Lune.

3. Kako se spreminja hitrost frnikole med potovanjem navzdol po merilnem valju?

Če je valj dovolj dolg, bi morali dijaki ugotoviti, da frnikole dosežejo končno (terminalno) hitrost. Sprva frnikole pospešujejo, nato pa nekaj časa potujejo s konstantno hitrostjo, preden dosežejo dno valja.

Tudi tu je eksperiment zasnovan tako, da se ga dojame na kvalitativni ravni. Cilj je, da dijaki vizualno prepoznajo, ali frnikola doseže končno hitrost, ali se ji približa med padom.

4. Kaj bi pričakovali, da se spremeni, če bi olje zamenjali z vodo? Napišite svojo napoved in jo preizkusite!

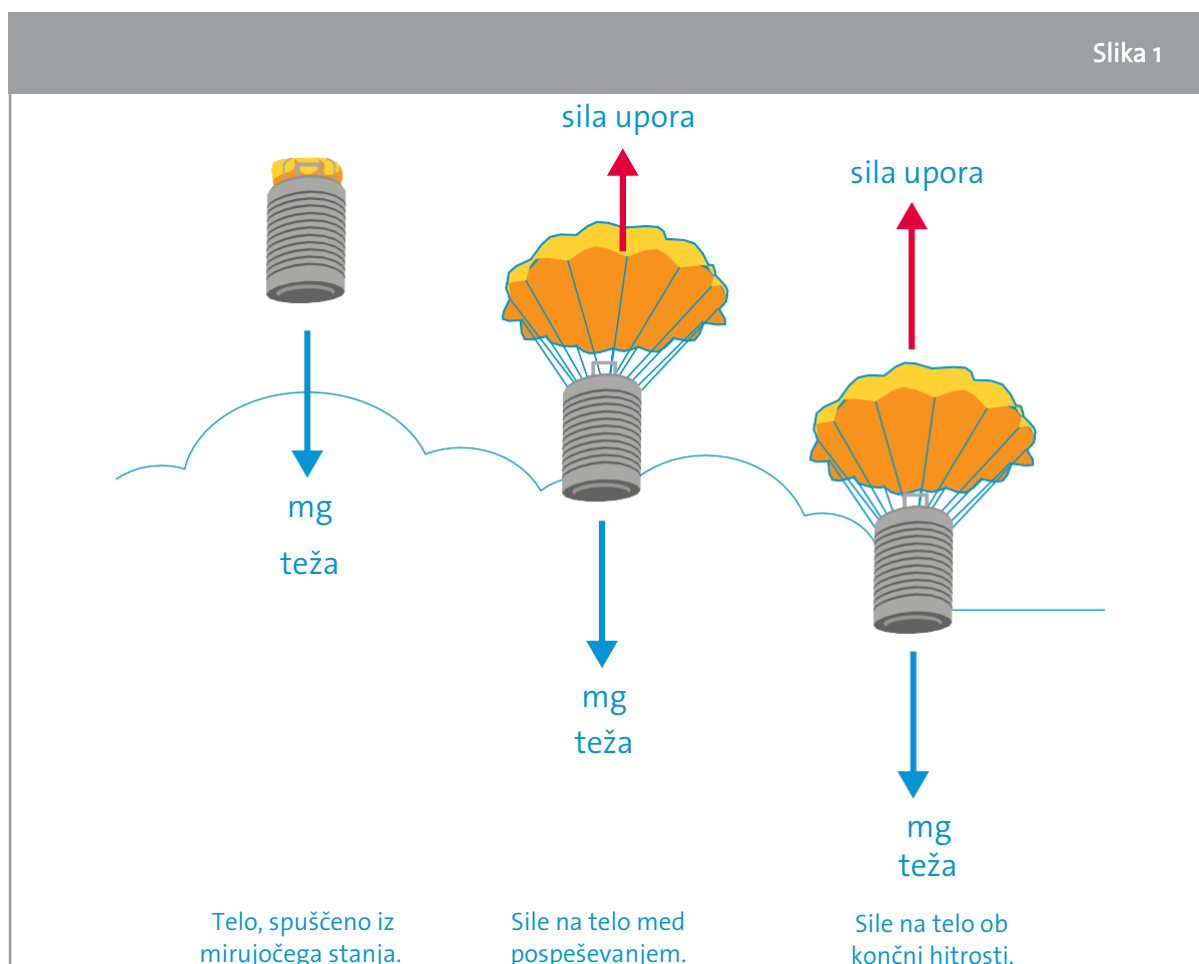
Ko poskusijo s padanjem v vodi, bi morali dijaki opaziti povečano hitrost spusta in višjo končno hitrost. To je posledica manjših upornih sil v vodi v primerjavi z oljem.

→ Dejavnost 2: Padala – pravi upor!

V tej dejavnosti dijaki spoznavajo osnovno fiziko padal. Naučili se bodo, kako izračunati sile, ki delujejo na padalo in kako določiti potrebno površino padala. To je mogoče izračunati s pomočjo drugega Newtonovega zakona in uravnoveženjem sil v stacionarnem stanju. Pomembno je opozoriti na poenostavitve, ki se izvajajo pri tem izračunu.

Vaja

1. Z novim znanjem iz poskusa s kroglico na slikah spodaj označite in poimenujte sile, ki delujejo na CanSat med spustom. Z dolžino puščic označite njihovo relativno velikost.



↑ Sile na CanSat med padanjem.

2. Predpostavimo, da raketa izstreli CanSat na višini 1000 m. V skladu s predpisano hitrostjo spusta v smernicah tekmovanja CanSat, kolikšen čas naj mine med sprostitvijo CanSata in pristankom (brez upoštevanja obdobja pospeševanja)?

Predpostavljajoč razdaljo 1000 m in omejitve hitrosti spusta, vključenih v smernice tekmovanja CanSat (8-11 m/s), lahko dijaki izračunajo obseg pričakovanih časov spusta. **Opomba:** Za poenostavitev zanemarjamo vsako obdobje pospeševanja in predpostavljamo konstantno hitrost v celotnih 1000 m. V praksi seveda to ne bo povsem res!

$$t = s/v$$

$$t_{min} = \frac{1000m}{v_{max}} = \frac{1000m}{11 \frac{m}{s}}$$

$$t_{min} = 90s$$

$$t_{max} = \frac{1000m}{v_{min}} = \frac{1000m}{8 \frac{m}{s}}$$

$$t_{max} = 125s$$

→ Dejavnost 3: Pomembnost oblike

V tej dejavnosti dijaki spoznavajo glavne vrste padal, ki se pogosto uporabljajo v misijah CanSat. Razpravlja se o oblikovanju in pozitivnih ter negativnih vidikih različnih oblik. Na voljo so povezave do dodatnih virov, kjer se različne vrste podrobneje razpravljajo.

Vaja

1. Katere faktorje v enačbi 3 (na delovnem listu) lahko spremenite skupaj z oblikovanjem vašega CanSata?
Površina se lahko spremeni tako, da naredimo padalo manjše ali večje. Koeficient zračnega upora se lahko spremeni z uporabo druge vrste padala.
2. Glede na koeficiente zračnega upora zgoraj (tabela 1 na učnem listu), kakšna oblika padala bo zagotovila najnižjo hitrost spusta? Kakšna oblika bo zagotovila najvišjo hitrost spusta?
S pomočjo enačbe 3 bodo dijaki lahko ugotovili, da je koeficient zračnega upora obratno sorazmeren s hitrostjo, kar pomeni, da višji koeficient zračnega upora pomeni **nižjo** hitrost spusta – kar je logično! *To pomeni, da bo okroglo padalo zagotovilo najnižjo hitrost spusta, medtem ko bosta padali v obliki križa in ravnem padalu zagotovila najvišjo hitrost spusta.*
3. Oblikovanje padala v obliki križa je enostavno, vendar je hitrost spusta v primerjavi s padalom okrogle oblike previsoka. Kaj bi lahko naredili, da bi to nadzorovali?
S preučitvijo enačbe 3 in z uporabo svojega razumevanja bodo dijaki lahko predlagali, da bi lahko to težavo rešili s povečanjem površine padala.
4. S preoblikovanjem enačbe 3 poišči S.

$$\text{Dodaj } \frac{1}{2}k_U\rho Sv^2: \quad mg - \frac{1}{2}k_U\rho Sv^2 = 0$$

$$mg = \frac{1}{2}k_U\rho Sv^2$$

$$\text{Pomnoži z 2: } \quad 2mg = k_U\rho Sv^2$$

$$\text{Deli s } k_U\rho v^2: \quad S = \frac{2mg}{k_U\rho v^2}$$

Učenci lahko nato uporabijo to enačbo za izračun površine padala, ki je potrebna za dano hitrost spusta.

5. Sedaj, ko imate enačbo za površino padala (S), izračunajte obseg dovoljenih površin za različne oblike padal, ki smo jih preučevali, pri predpostavljene masi CanSata 350g. Vrednosti vnesite v spodnjo tabelo (tabela 2 na učnem listu).

Pomnite: Obseg dovoljene hitrosti je 8-11 m/s.

Učenci naj uporabijo enačbo, ki so jo izračunali v nalogi 4, da odgovorijo na to vajo.

Za izračun najmanjše in največje površine lahko uporabijo podane omejitve glede hitrosti spusta.

Tabela 1			
Oblika padala	Koeficient zračnega upora	Minimalna površina [m ²]	Maksimalna površina [m ²]
Okrogla	0.62	0.08	0.14
Križna	0.8	0.06	0.11
Ploščata, šestkotna	0.8	0.06	0.11

Pomembno je omeniti, da so to številke za našo poenostavljeno fizično predstavitev. V praksi naj dijaki prikažejo svoje padalo, da določijo najmanjše in največje površine.

6. Če zamenjate križno padalo z okroglim, koliko bi morali spremeniti njegovo površino, da bo padalo padalo z isto hitrostjo kot prej?

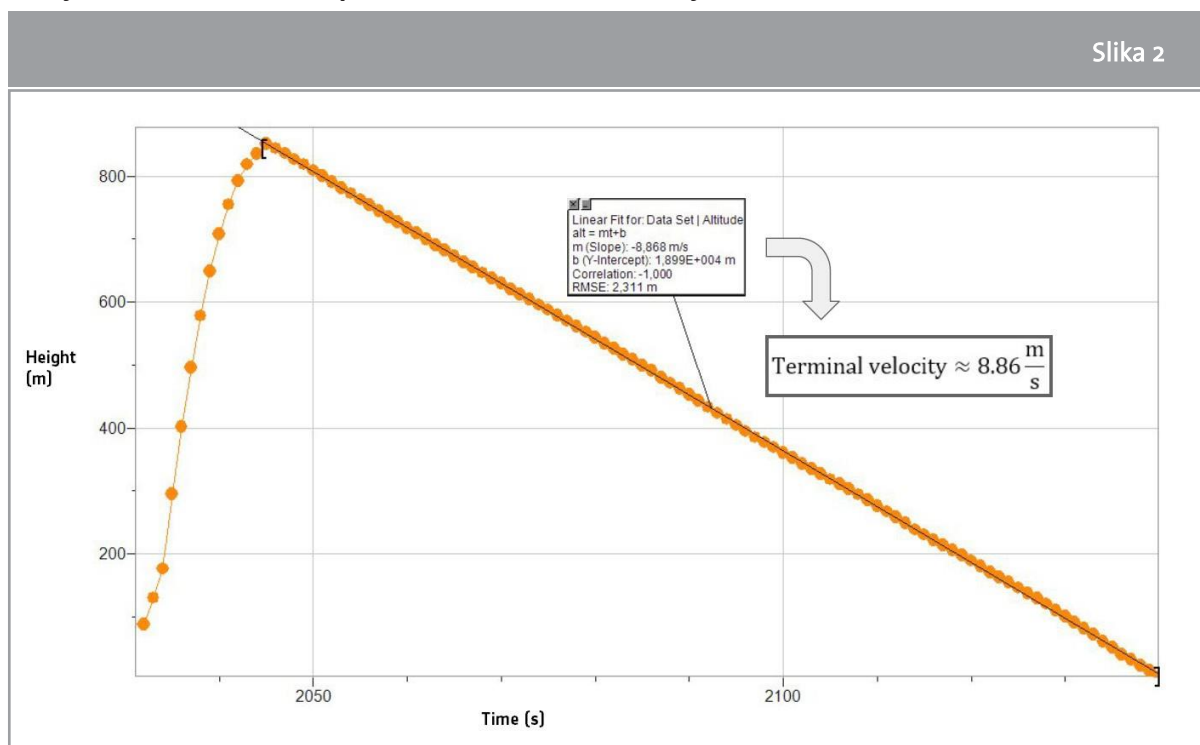
*Zadnja vaja v tej dejavnosti pomaga dijakom utrditi njihovo razumevanje. Morali bi prepoznati, da zamenjava padala s križne oblike na okroglo **poveča** koeficienta zračnega upora in da je za ohranjanje iste hitrosti spusta potrebno **zmanjšanje** površine padala. Učenci lahko gredo še korak naprej in kvantificirajo potrebno zmanjšanje s pomočjo enačbe, vendar to ni nujno.*

→ Dejavnost 4: 'Počasi in zanesljivo' zmaga

V zadnji dejavnosti dijaki dobijo ustrezna navodila za izvedbo testnega spusta njihovega padala. Pomembno je, da pri testiranju padala upoštevajo smernice projekta CanSat, da padalo zagotovo ustreza tekmovalnim kriterijem.

Vaja

1. Na spodnji graf dodajte krivuljo pričakovanega spreminjanja višine s časom od izstrelitve CanSata do pristanka, če predpostavljamo, da ni bočne hitrosti zaradi stabilnosti. Najprej premislite, kako se spreminja hitrost in kakšen vpliv ima to na obliko krivulje.



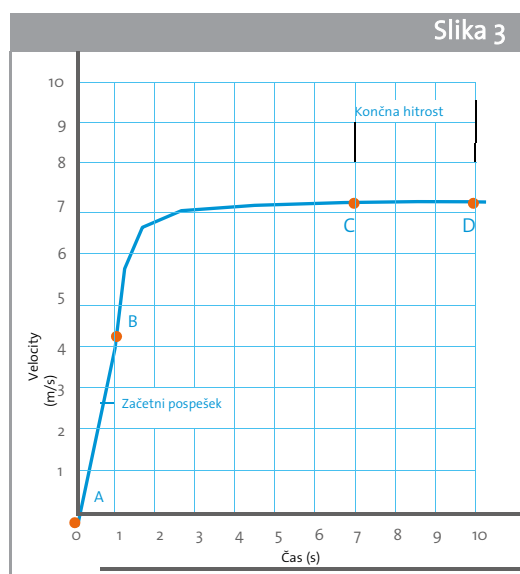
↑ Graf višine v odvisnosti od časa, predstavljen na Evropskem tekmovanju CanSat 2018, ekipa AnaCan Skywalker iz Danske

Prvi del krivulje ustreza vzponu s pomočjo rakete. Pri približno 800 m je CanSat izpuščen in pada s približno konstantno hitrostjo (končna hitrost).

Končno hitrost lahko izračunamo kot naklon premice padanja.

2. Kot ste naredili za višino, na spodnji grafikon narišite krivuljo pričakovanega spreminjanja hitrosti CanSata s časom med spustom (tukaj ne bomo upoštevali vzpona z raketo). Torej, $t = 0$ predstavlja trenutek izpusta CanSata iz rakete.

Po izpustu pri največji višini bo imel CanSat trenutek breztežnosti, v katerem bosta tako hitrost kot pospešek enaka 0. Po tem bo CanSat začel pospeševati (A–B), dokler ne doseže končne hitrosti. Zaradi padala je faza pospeševanja izjemno majhna (zanemarljiva pri izračunu hitrosti). V preostalem delu padanja bo CanSat s padalom imel konstantno končno hitrost (B–C).



→ OBLIKUJ SVOJE PADALO!

Vodnik za varen pristanek vašega CanSata

→ Povzetek

Ko je CanSat izstreljen, je ena najpomembnejših stvari, da varno pristane. Brez varnega pristanka lahko CanSat potencialno utрпи nepopravljivo škodo. Najbolj očiten način za zagotavljanje varnega pristanka je pritrditev padala, naprave, ki zmanjšuje hitrost padajočega predmeta in zagotavlja blažji pristanek. Prednost padala je dvojna: z zmanjšanjem hitrosti CanSata povečate čas, ki je na voljo za zbiranje podatkov! Sedaj bomo raziskali, kako deluje padalo in katere dejavnike je treba upoštevati pri načrtovanju in izdelavi padala.

→ Dejavnost 1: Prosti pad

Končna ali terminalna hitrost je ena izmed najpomembnejših konceptov, ki jih moramo razumeti, preden začnemo razmišljati o gradnji padala. V tej dejavnosti bomo izvedli preprost poskus, ki nam bo pomagal razumeti, kaj pravzaprav pomeni končna hitrost.

Kar gre gor, mora priti dol

Vse na Zemlji se premika navzdol zaradi sile gravitacije, ki jo povzroča masa Zemlje.

Teža nečesa je sila, ki jo predmet doživlja zaradi gravitacije, ki deluje na njegovo maso:

$$\text{teža} = \text{masa} \times \text{gravitacija}; (t=mg).$$

V skladu s smernicami projekta CanSat mora biti masa CanSata v razponu od 300–350 g ali 0.3–0.35 kg.

Vaja

1. Kakšen je razpon dovoljene mase za CanSat?

Ko predmet pade pod vplivom gravitacije, pridobiva hitrost ali se pospešuje. Na Zemlji se pospešuje s hitrostjo $9,81 \text{ m/s}^2$. Predstavljajmo si, da vržemo dva predmeta z zgradbe, kjer je vakuum. Ker ni tekočine, ki bi izvajala upirajočo silo, bosta oba predmeta padla s hitrostjo, ki se povečuje enako (čeprav imata popolnoma različne mase)! To dejstvo je mogoče nelogično, saj na Zemlji zrak izvaja uporno silo na padajoče predmete. Zato na primer pero pade počasneje kot žoga.

Ključno je okolje, skozi katerega predmeti padajo – ali gre za zrak, olje ali vakuum.

Ali veš?

Astronavt David Scott je med misijo Apollo 15 izvedel znani poskus s kladivom in peresom med pristankom na Luni. Spustil je geološko kladivo in pero z enake višine na površje Lune. Ker na Luni praktično ni atmosfere, tam ni zaznavnega zračnega upora, zato sta oba predmeta padla s povsem enako hitrostjo! Na tej sliki lahko vidite kladivo in pero, ki sta osvetljena na površini Lune.



Ed Hengeveld

2. Poskus s kladivom in peresom sproža zanimivo vprašanje: kako bi se izstrelitev CanSat-razlikovala, če bi jo izvedli na Luni?

Preučevanje učinka tekočin na padajoče predmete?

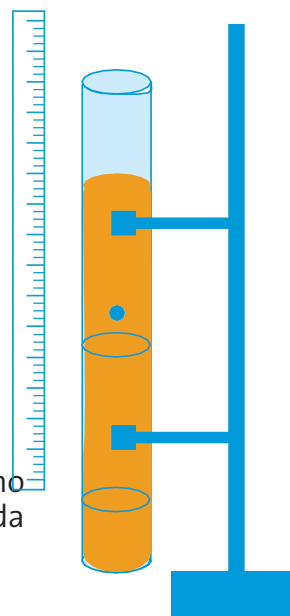
Kaj se zgodi s predmetom, ko pada v tekočini? Naredimo enostaven eksperiment, da ugotovimo.

Eksperiment

Za ta eksperiment boste potrebovali:

- stojalo z objemko
- merilni valj ali stekleno cev (višja in širša kot je, bolje bo)
- olje (dobro deluje glicerol) ali tapetniško lepilo
- ravnilo
- kroglice za ležaje ali frnikole različnih velikosti
- Elastike
- štoparica
- magnet (če uporabljate kovinske kroglice)
- voda

Opomba: Če uporabljate stekleni merilni valj, je dobra ideja na dno valja postaviti gumijasto podlogo ali kepo bombažne volne, da preprečite, da bi kroglica prebila steklo. Magnet lahko pomaga pri izvleku kroglice iz valja.



Koraki:

a. Če imate iPhone:

1. Postavite opremo, kot je prikazano na zgornji sliki.
2. Prenesite aplikacijo 'Vernier Video Physics': <https://itunes.apple.com/us/app/vernier-video-physics/id389784247>
3. Med spuščanjem kroglice v valj snemajte.
4. Uporabite funkcije aplikacije za izračun hitrosti kroglice pri vsaki točki.
5. Ponovite poskus!

b. Če imate Androida telefon:

1. Postavite opremo, kot je prikazano na zgornji sliki.
2. Prenesite aplikacijo 'VidAnalysis Free': <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vidanalysis.free>
3. Med spuščanjem kroglice v valj snemajte.
4. Uporabite aplikacijo za izračun hitrosti kroglice pri vsaki točki.
5. Ponovite poskus!

c. Na staromodni način:

1. Postavite opremo, kot je prikazano na zgornji sliki.
2. Začnite štoparico, ko spustite kroglico v valj.
3. Štopajte, ko kroglica prepotuje določeno razdaljo – odvisno od hitrosti kroglice, je mogoče vsakih 5 cm. Verjetno boste morali te meritve opraviti večkrat.
4. Uporabite te meritve za izračun hitrosti kroglice pri vsaki točki.
5. Ponovite poskus!

Vaja

1. Kako se spreminja hitrost frnikole med potovanjem navzdol po merilnem valju?

2. Kaj bi pričakovali, da se spremeni, če bi olje zamenjali z vodo? Napišite svojo napoved in jo preizkusite!

Za razliko od vakuma bo predmet, ki pada v tekočini, dosegel končno hitrost. Končna hitrost nastopi, ko uporne ali zaviralne sile, ki delujejo na padajoči predmet, izenačijo silo gravitacije, ki deluje na maso predmeta.

Padajoči predmet v zraku ima veliko manj stika s sosednjimi delci kot predmet, ki pada skozi olje. Zaradi tega je manj upora za njegovo gibanje in lahko pada hitreje. V zraku temu uporu pravimo zračni upor; s tem izrazom ste verjetno zelo seznanjeni.

Količina upora (ali zaviralnih sil pri padanju skozi drugo tekočino, kot je olje), je odvisna od:

1. Gostote tekočine (ρ)
2. Hitrosti predmeta (V)
3. Prečnega prereza (S)
4. Koeficienta upora (k_u)

V naslednjem odseku bomo raziskali, kako vse te spremenljivke vplivajo na padanje CanSata.

→ Dejavnost 2: Padala – pravi upor!

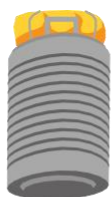
Obstajajo načini za zmanjšanje končne hitrosti v tekočinah, ki niso zelo viskozne, kot je zrak – na primer povečanje površine, ki je v stiku z zrakom – z uporabo padala.

Vaja

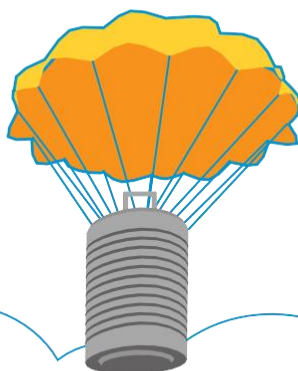
1. Z novim znanjem iz poskusa s kroglicami označite in poimenujte sile, ki delujejo na vaš CanSat med spustom na spodnjih slikah.

S puščicami prikažite njihovo relativno velikost.

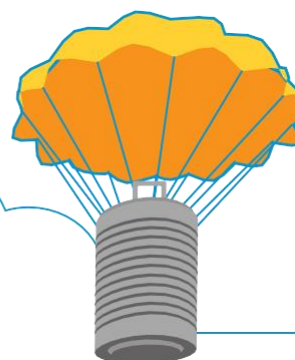
CanSat izstreljen iz rakete



Trenutek po odprtju padala



Dosežena končna hitrost



Naj sila spremlja vaše padalo

Sedaj bomo analizirali sile, ki sodelujejo v tem procesu, pri čemer bomo smer CanSata (navzdol) izbrali kot pozitivno smer sile. Prva sila, ki nam pride na misel, je teža CanSata, sila, ki je usmerjena navzdol (saj je posledica privlačnosti Zemlje).

$$F_{teže} = m g \quad \text{enačba 1}$$

m = masa CanSata (običajno 0,35 kg)

g = težnostni pospešek = $9,81 \text{ m/s}^2$

Ko CanSat pada skozi zrak, doživlja zaviralno silo (ki nasprotuje teži) padala:

$$F_{upora} = -\frac{1}{2} k_U \rho S v^2 \hat{z} \quad \text{enačba 2}$$

S = površina padala

k_U = koeficient upora padala – ta vrednost je odvisna od oblike/geometrije padala; primerne vrednosti so navedene v naslednjem odseku;

ρ = gostota zraka, ki je predstavljena kot konstantna pri $1,225 \text{ kg/m}^3$

v = hitrost padanja CanSata v m/s

Drugi Newtonov zakon pravi:

$$F_{vsota} = \Sigma F = ma$$

Opomba: Med padanjem vsota sil ne bo ves čas nič (kratkotrajno bo CanSat pospeševal in zaviral), vendar bomo to trenutno zanemarili, saj bo večino padanja pri končni hitrosti.

Če predpostavimo, da je $a = 0$, ko dosežemo končno hitrost, je zato $F_{vsota} = 0$. Iz tega sledi:

$$F_{teže} + F_{upora} = 0$$

Zato, ko uravnotežimo sile v osi z, dobimo naslednjo enačbo:

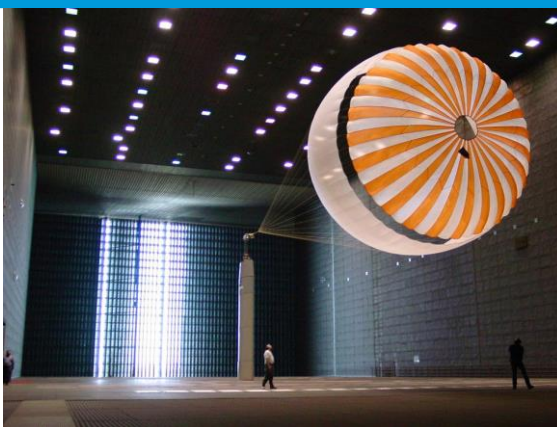
$$mg - \frac{1}{2}k_U \rho S v^2 = 0 \quad \text{enačba 3}$$

Ko boste enkrat določili obliko padala, lahko to enačbo preuredite in uporabite omejitve hitrosti spusta, da izračunate potrebno površino vašega padala. Imejte v mislih, da smo uporabili nekaj približkov; še vedno morate testirati in izmeriti dejansko hitrost spuščanja vašega padala

Ali veš?

Vesoljsko plovilo Viking, je leta 1976 na površje Marsa uspešno poslalo pristajalno sondo. Le-ta je imela padalo, izdelano na zelo podoben način kot padala, ki jih boste oblikovali vi. Edinstven izziv na Marsu je predstavljala njegova atmosfera. V manj kot 1 % debeline Zemljine atmosfere in z nadzvočno hitrostjo padalo samo ni bilo dovolj za zagotovitev počasnega in stabilnega pristanka. Da bi rešili ta problem, so inženirji NASA uporabili rakete za pomoč pri pristanku - na žalost ne boste mogli storiti enako, zato morate popolnoma izpopolniti obliko padala!

Padalo vesoljskega plovila Viking med testiranjem →



V skladu s smernicami tekmovanja CanSat mora imeti satelit CanSat nekaj sekund po razprostranitvi padala (tj. po izstrelitvi) hitrost spusta (končno hitrost) med 8 in 11 m/s. Ne sme biti prepočasen, da se ne oddalji od izstrelitvenega mesta in ne sme biti prehiter, da ima dovolj časa za zbiranje podatkov in ne tvega trdega pristanka.

Opomba: Letališče/izstrelišče lahko določi dodatne omejitve hitrosti spusta.

Vaja

1. Predpostavljamo, da raketa izstrelji CanSat na višini 1000 m. Koliko časa naj mine med izpustom CanSata in pristankom, glede na zahtevano hitrost spusta v smernicah tekmovanja CanSat? (zanemarimo obdobje pospeševanja?)

→ Dejavnost 3: Pomen površine in oblike

V tej dejavnosti si bomo ogledali nekaj osnovnih načel načrtovanja padala. Poleg tega bomo razpravljali o glavnih oblikah padal, s katerimi se boste srečali pri načrtovanju lastnega, ter pregledali prednosti in slabosti vsakega.

Izbira materialov za vaše padalo

Pri razpršitvi padala bo to doživelo relativno močan sunek, zato morajo biti tkanina in vlakna, ki jih uporabljate, močna. Upoštevajte, da je sila, ki jo doživi padalo (in tudi tovor, na katerega je pritrjen), lahko do dvakrat večja od sile med končno hitrostjo! V tej analizi se bomo osredotočili na vpliv padala na končno hitrost. Vendar imejte v mislih, da ni pomembna samo končna hitrost (razumljeno kot navpična hitrost): različne oblike padala imajo različno "stabilnost" in moramo upoštevati tudi bočno hitrost. Na splošno – večji upor pomeni manj stabilno padalo.

Primerni materiali so najlonska žica in tkanina z ojačitvijo proti trganju, ki ju lahko kupite v trgovinah za kajtanje. Ti materiali so idealni za padalo. Glavna šibka točka je točka pritrditve vrvice in materiala padala. Ne uporabljajte ribiške vrvice.

Pri rezanju tkanine morate upoštevati, da mora biti nekaj tkanine podvojene, da jo lahko zašijete.

Izbira oblike vašega padala

Poglejmo si enačbo za spust CanSata:

$$mg - \frac{1}{2}k_U\rho S v^2 = 0 \quad \text{enačba 3}$$

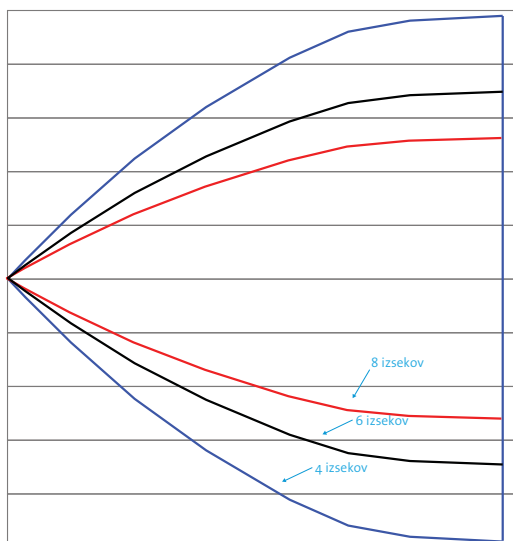
Vaja

1. Katere faktorje v enačbi 3 lahko spremenite skupaj z oblikovanjem vašega CanSata?

Oblike padala

Najpreprostejši tipi padal so ploščati krog in sferična padala. Problem teh oblik je, da se napolnijo z zrakom in se nagibajo na eno stran, da izpustijo zrak. Včasih lahko odprtina za izpust zraka pomaga stabilizirati padalo. V nadaljevanju bomo na kratko raziskali nekaj različnih vrst padal, ki jih lahko oblikujete za svoj CanSat.

Okroglo padalo



Okroglo padalo je najverjetneje oblika, ki vam takoj pride na misel, ko si predstavljate padalo. Ko je napolnjeno z zrakom, tkanina tvori kupolo. Sestavljeno je iz več delov, izsekov. Vsi izseki so zašiti skupaj, da tvorijo popolno polkrožno obliko. Če uporabite več izsekov, ste bližje obliki prave polkrogle, vendar je postopek izdelave bolj zapleten.

Kot, ki ga omejujeta dva stranici izsekov, se zmanjšuje s povečevanjem števila izsekov. Kot lahko izračunate s spodnjo formulo:

$$kot = \frac{360^\circ}{n}$$

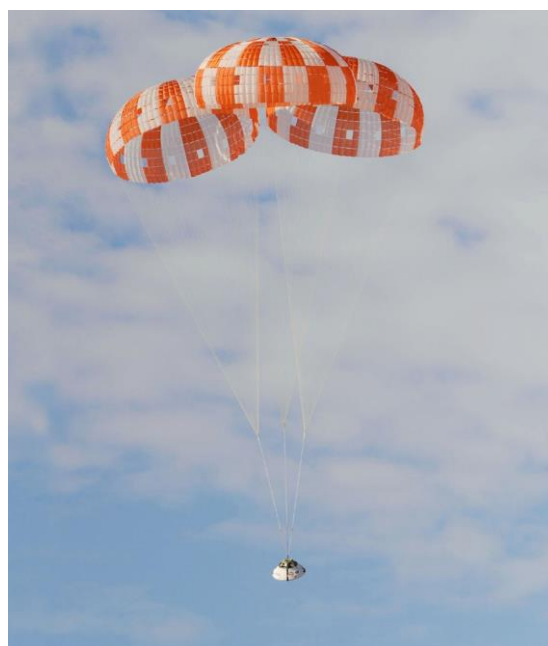
$n = \text{š t. izsekov}$

Tu lahko vidite tri tipična okrogla padala, ki pomagajo pri spuščanju modula Orion. Opazite lahko različne barve in kako se posamezni izseki prilegajo skupaj in tvorijo kupolo oziroma polkroglasto obliko.

Postopek izdelave okroglega padala je naslednji:

- Najprej narišite izseke na materialu in jih izrežite, pri čemer pustite približno 2 cm obrobe za rob.
- Izseke po daljših robovih zašijte skupaj, da oblikujete padalo.
- Na koncu še zašijte vrvice na padalo*, da ga lahko pritrdite na svoj CanSat.

* Pomembno je opozoriti, da običajno obremenitev (zraka) ne prevzame izsek sam, temveč vrvice. Običajno gre ena vrvica od točke, kjer je privezan tovor, teče vzdolž enega izseka, gre skozi nasproti ležeč izsek in se vrne nazaj do tovara.



Križno padalo

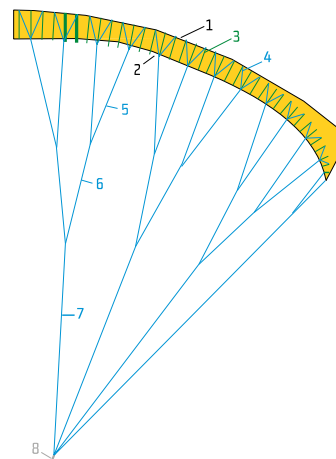


Križno padalo je lažje zašiti kot krožno, saj je pravokotna oblika lažja za ročno izdelavo.

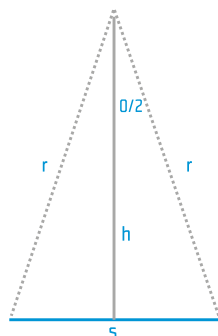
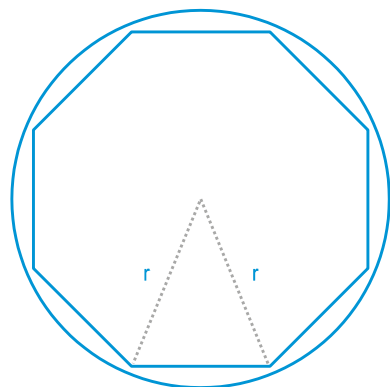
Informacije o izdelavi križnega padala najdete tukaj: <http://www.nakka-rocketry.net/xchute1.html>

Jadrarno padalo

Če vas zanima jadrarno padalstvo, ste morda že slišali za obliko jadrarnega padala. Največja prednost tega padala je, da ga je mogoče krmiliti, vendar ga je težje načrtovati in izdelati v primerjavi s preprostejšimi zasnovami.



Ploščato padalo



Ploščata padala so najpogostejša vrsta padal, izdelana iz različnih geometrijskih oblik, kot so šest- ali osemkotniki. Na sliki lahko vidite, da je osemkotno padalo sestavljeno iz 8 enakih trikotnikov.

To so nekateri tipi padal, primerni za CanSat. Koeficienti upora za vsakega so prikazani v spodnji tabeli. Če želite raziskovati več o koeficientih upora, glejte prilogo I.

Tabela		
Oblika padala	Koeficient upora k_U	Komentarji
Okroglo	0.62-0.77	Zelo pogosto; časovno zahtevno izdelovanje
Križno	0.6-0.8	Enostavna izdelava; popularno za CanSat
Jadrarno	0.75-1.10	Zapleteno oblikovanje; možno vodenje
Ploščato, šestkotno	0.75-0.8	Enostavna izdelava; popularno za CanSat

Če želite izdelati lastno ploščato padalo, boste potrebovali:

- Ustrezen material – najbolje je rip-stop tkanina.
- Vrvi/vrvice za povezavo CanSata s padalom.
- Nitko za šivanje robov padal in vrvic.

Postopek je precej preprost. Vzamete tkanino in jo izrežete na želeno velikost in obliko, pri čemer uporabite šablono kot vodilo. Najbolje je pustiti nekaj centimetrov okoli roba, da jih lahko prepognete in okrepite strukturo. Vrvi za povezavo razrežite na ustrezno dolžino, jih zašijte na padalo in ste pripravljeni za testiranje!

Vaja

1. Glede na koeficiente upora zgoraj, kakšna oblika padala bo zagotovila najpočasnejšo hitrost spuščanja? Katera bo zagotovila najhitrejšo hitrost spuščanja?

2. Križno padalo je enostavno izdelati, vendar je hitrost spuščanja v primerjavi z okroglo obliko prehitra. Kaj bi lahko naredili, da bi to nadzorovali?

Določanje površine

Ko imamo najvišjo in najnižjo hitrost (8-11 m/s) ter koeficiente upora različnih vrst padal, lahko izračunamo zahtevano površino našega padala.

Vaja

3. S preoblikovanjem enačbe 3 poišči S!

4. Sedaj ko imate enačbo, kjer je površina (S) odvisna od drugih spremenljivk, izračunajte obseg dovoljenih površin za različne oblike padal, ki smo jih obravnavali. Predpostavite, da je masa CanSata 350 g. Vrednosti vnesite v spodnjo tabelo.

Ne pozabite: obseg dovoljene hitrosti je 8-11 m/s

Tabela 2

Oblika padala	Koeficient zračnega upora	Minimalna površina [m ²]	Maksimalna površina [m ²]
Okroglo	0.62		
Križno	0.8		
Jadrarno	0.8		
Ploščato, šest-kotno	0.8		

5. Če spremenite obliko padala iz križnega v okroglo, koliko bi morali spremeniti površino tkanine, da bi se padalo spuščalo z enako hitrostjo kot prej?

→ Dejavnost 4: 'Počasi in zanesljivo' zmaga

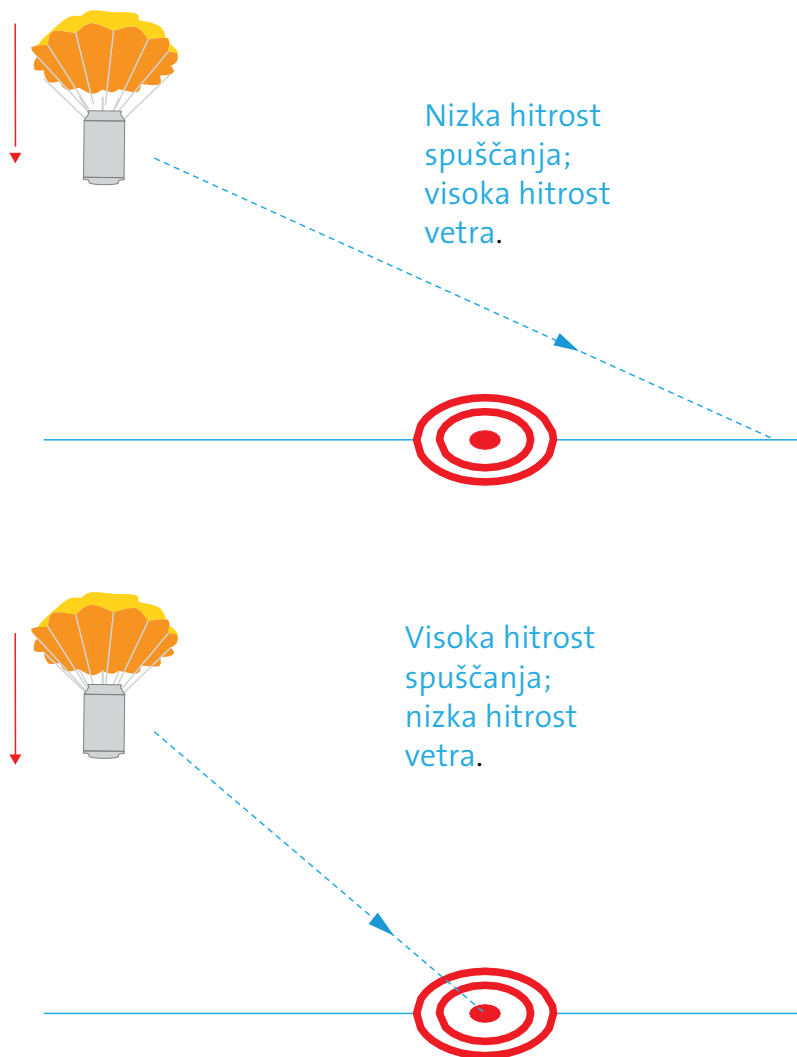
Ko ste se odločili za obliko padala, je ključnega pomena, da ga preizkusite. Čeprav vam enačbe, ki smo jih predstavili zgoraj, lahko dajo predstavo o tem, kaj pričakovati, bi morali vedno preizkusiti svoje zasnove v resničnem svetu. Pred tem pa morate razmisliti o poletu vašega CanSata in o tem, kako se sile, ki nanj delujejo, spreminjajo čez čas.

Kar gre gor, mora priti dol

Najprej razmislite o tem, kako se bosta višina in hitrost vašega CanSata spreminjala med celotnim poletom. Ko bomo to naredili, bomo združili vse svoje razumevanje, da boste pripravljeni zgraditi in preizkusiti svoje lastno padalo!

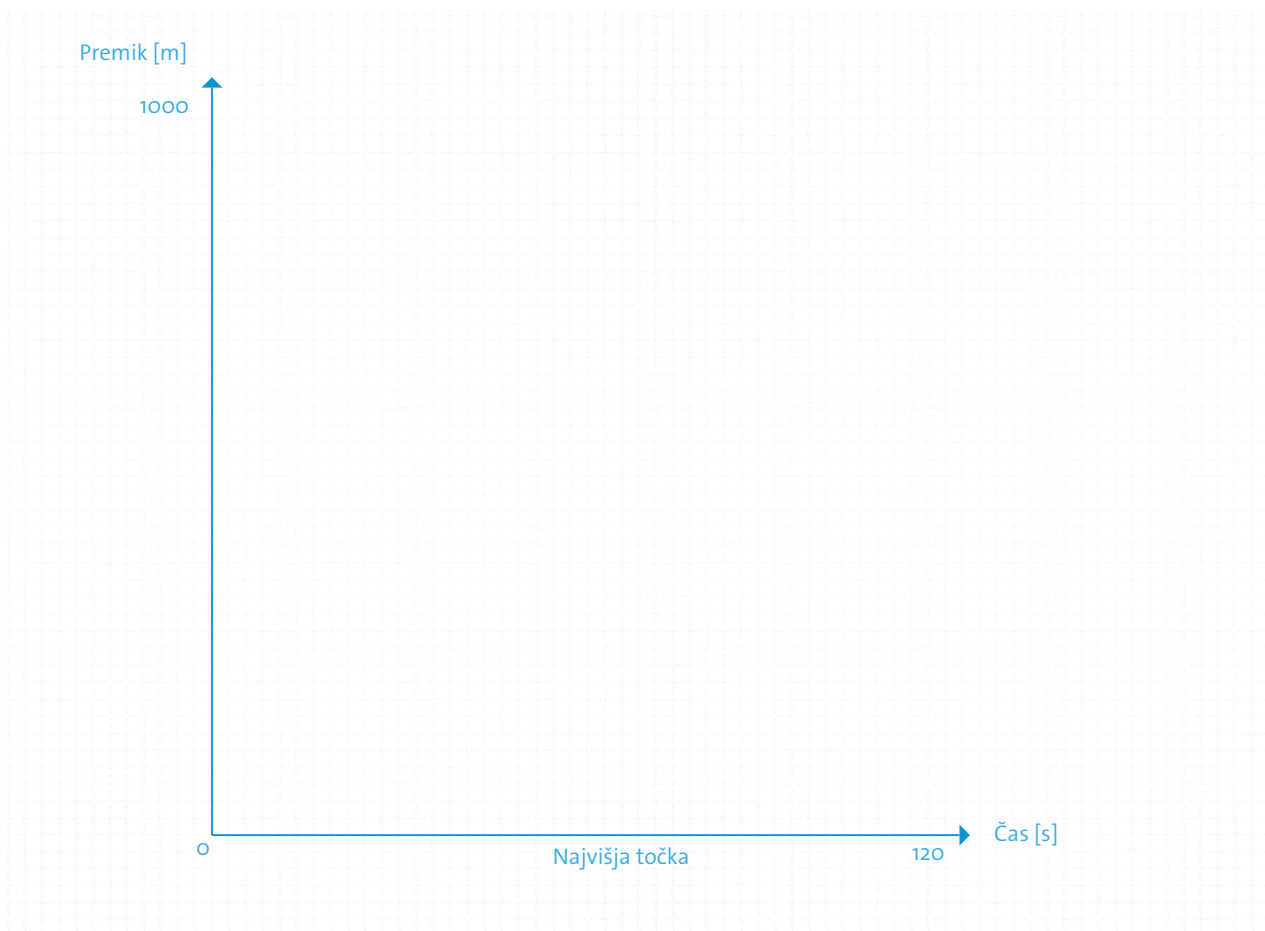
Ne pozabite upoštevati, kako lahko veter vpliva na let vašega CanSata. Ko ta pade navpično, lahko vodoravni veter zapiha CanSat v vodoravno smer. Poleg tega upoštevajte, da lahko nekatere vrste padal (npr. križna oblika) zaradi svoje stabilnosti dobijo veliko vodoravno hitrost. Odvisno od hitrosti spusta in hitrosti vetra se lahko zgodi, da CanSat pristane na tleh v znatni oddaljenosti od mesta vzleta – to je eden od razlogov, da je hitrost spusta tako pomembna. Če se CanSat spušča prepočasi, ga lahko veter odpihne od mesta vzleta in ga je težko povrniti!

Da bi bolje razumeli ta učinek, pogledajte spodnji diagram



Vaja

1. Na spodnji graf dodajte krivuljo pričakovanega spreminjanja višine s časom od izstrelitve CanSata do pristanka, če predpostavljamo, da ni bočne hitrosti zaradi stabilnosti. V pomoč najprej premislite, kako se spreminja hitrost in kakšen vpliv ima to na obliko krivulje.



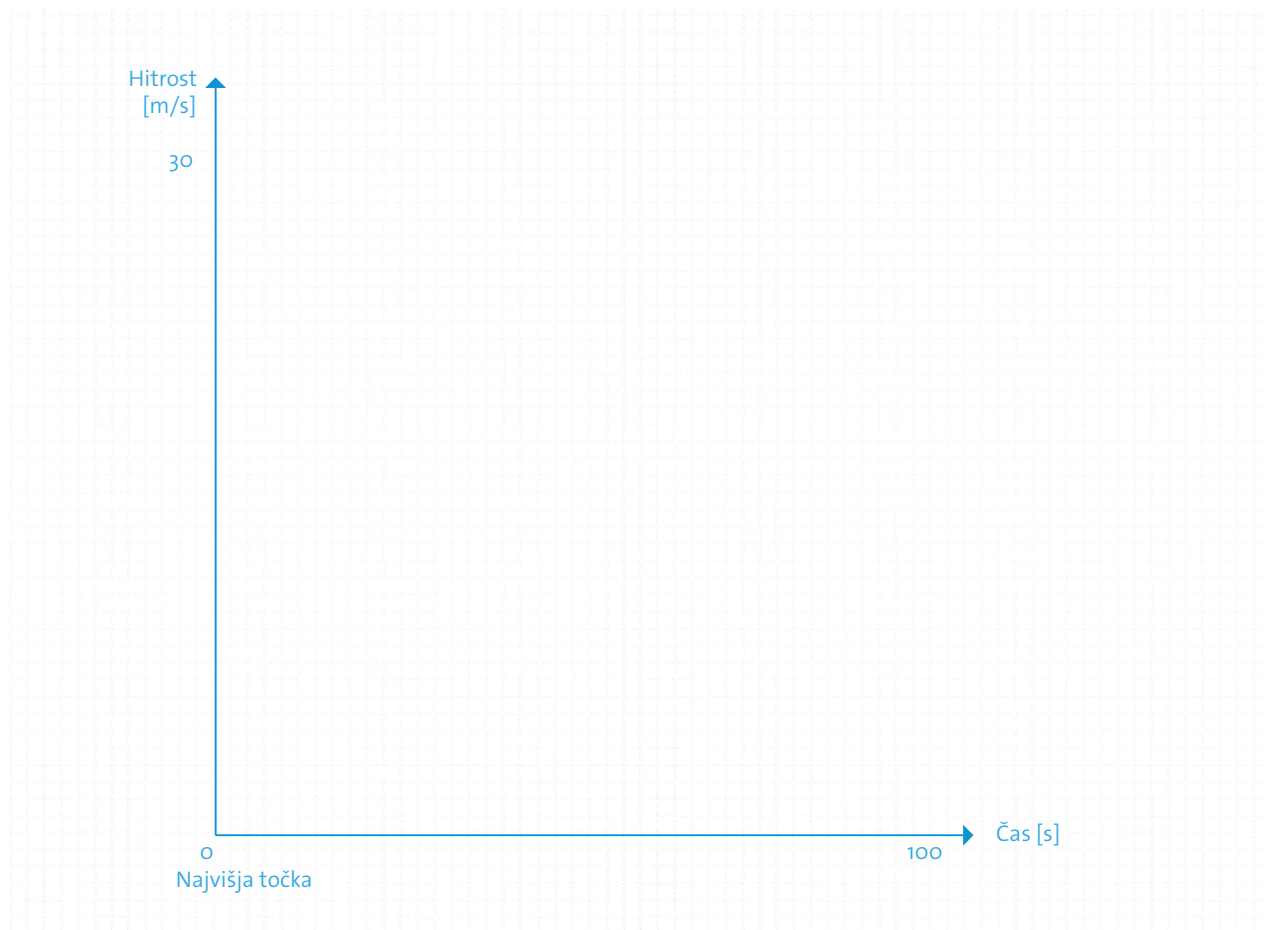
Najpomembnejši del za nas je spust z najvišje točke do pristanka, saj takrat pride v igro padalo.

Premislimo, kako se hitrost CanSata spreminja s časom med spustom.

2. Kot ste naredili za višino, na spodnji grafikon narišite krivuljo pričakovanega spreminjanja hitrosti CanSata s časom med spustom (tukaj ne bomo upoštevali vzpenjanja z raketo). Torej, $t=0$ bi bil trenutek izpusta CanSata iz rakete.

Premislite o naslednjih vprašanjih, preden narišete krivuljo:

- Kakšna je hitrost CanSata ob izpustu?
- Kako hitro CanSat pospešuje proti Zemlji?
- Kaj se zgodi, ko se odpre padalo?



Čas za preizkus?

Zdaj ko imate dobro razumevanje obnašanja CanSata med poletom in sil, ki nanj delujejo, bi morali razmisliti o preizkusu vašega padala. Da ne bi tvegali truda in časa, ki ste ju vložili v izdelavo CanSata, najprej preizkusite padalo s testnim CanSatom!

Varnost

Preden začnete s testiranjem, se prepričajte, da ste pod nadzorom vašega učitelja. Spuščanje padala in konzerve z višine, na primer z okna v drugem ali tretjem nadstropju, bo dober prvi test za padalo, vendar se prepričajte in poskrbite, da na območju pod vami ni mimoidočih ali predmetov, ki bi jih lahko poškodovali!

Z vsakim zaporednim testom lahko izboljšate svojo zasnovo padala, preučite učinke vsakega vidika padala, vključno s/z:

- uporabljenim materialom,
- načinom pritrditve na Cansat,
- površino padala
- načinom zlaganja padala.

Ko se približujete končni zasnovi padala, poskrbite, da se testna obremenitev čim bolj ujema z maso in velikostjo vašega dejanskega CanSata. Če je vse skladno s smernicami tekmovanja CanSat, je vaše padalo pripravljeno!!

→ Povezave

Spletna stran Fruitychutes vsebuje dodatne informacije o oblikovanju padala:
https://fruitychutes.com/help_for_parachutes/how_to_make_a_parachute.htm

Informacije o oblikovanju križnega padala:
<http://www.nakka-rocketry.net/xchute1.html>

Matematična razprava o ploščatih padalih:
[https://www.sunward1.com/imagespara/The%20Mathematics%20of%20Parachutes\(Rev2\).pdf](https://www.sunward1.com/imagespara/The%20Mathematics%20of%20Parachutes(Rev2).pdf)

Več informacij o različnih oblikah padal: <http://www.hsl.org.au/articles/parachutes.pdf>

Wikipedija – osnovne informacije o padalih: <https://en.wikipedia.org/wiki/Parachute>