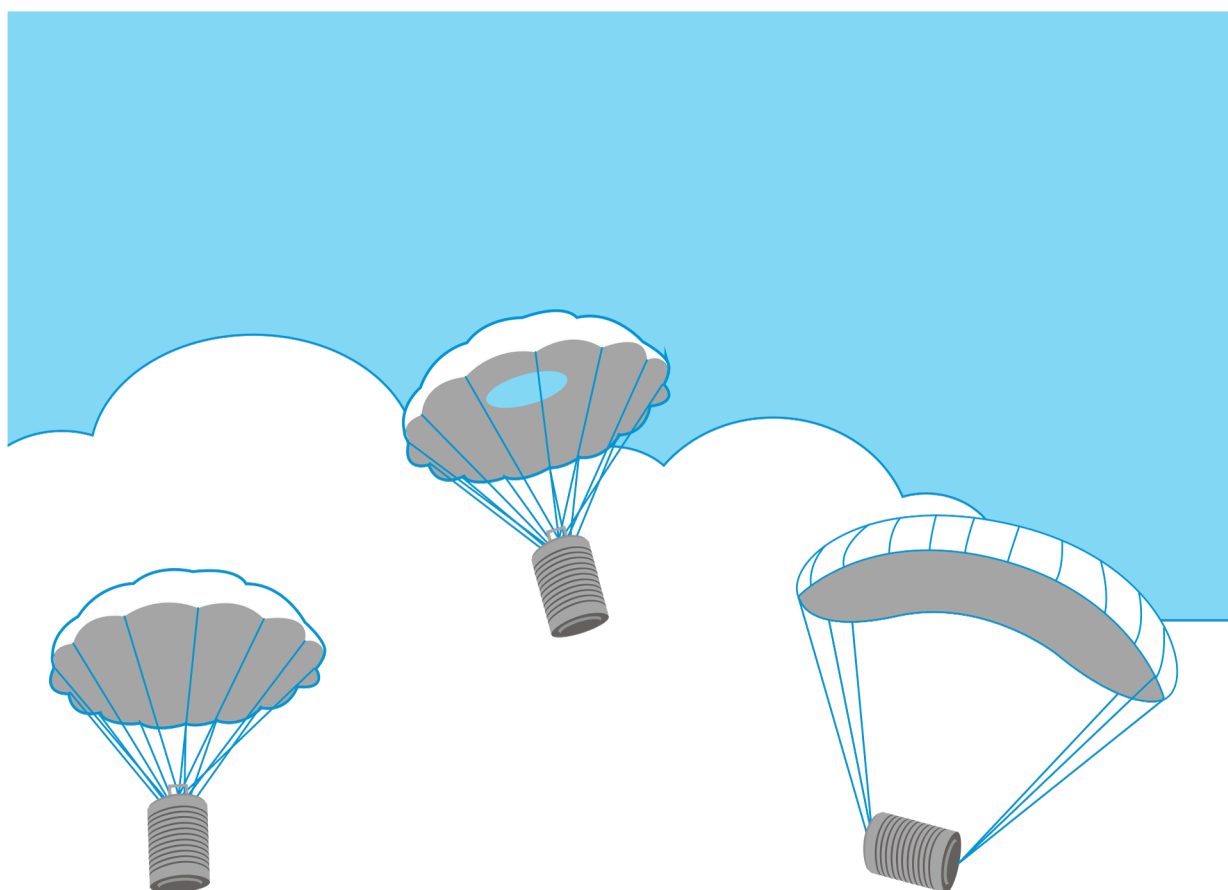
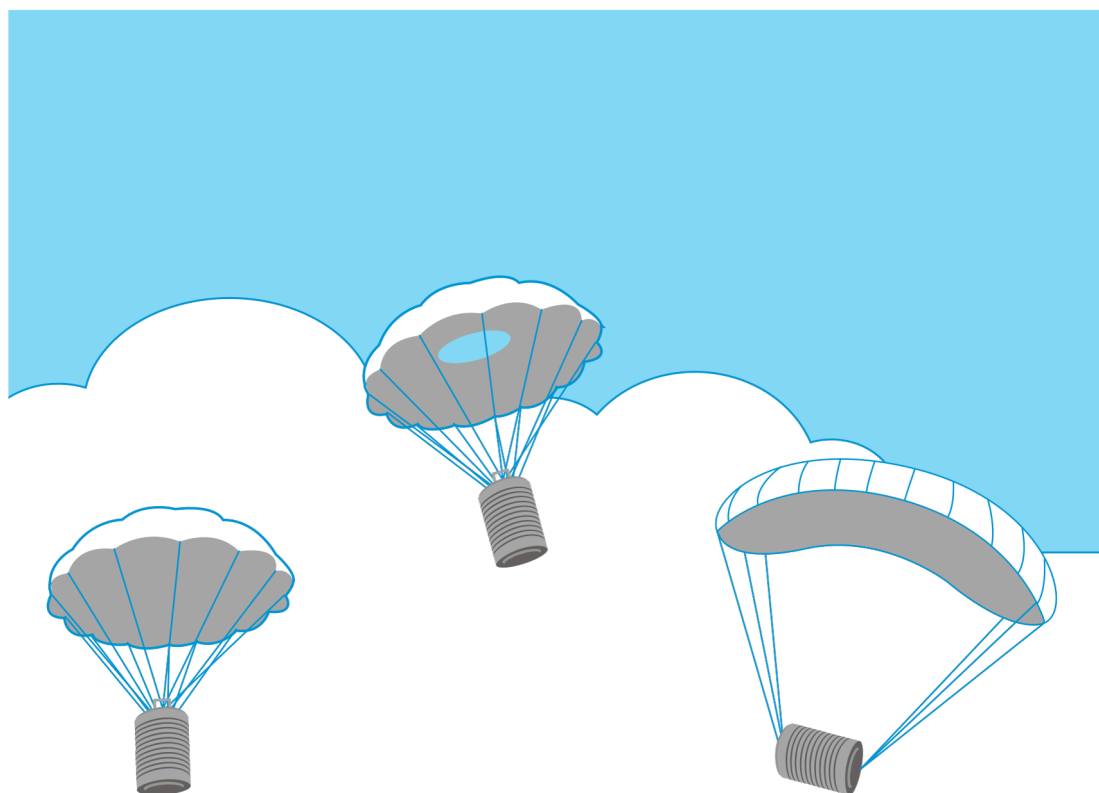


Să învățăm prin spațiu

→ PROIECTEAZĂ-ȚI PARAȘUTA

Un ghid pentru aterizarea în siguranță a CanSat-ului tău





Ghidul profesorului

Informații generale	pag 3
Rezumatul activităților	pag 4
Activitatea 1: Cădere liberă	pag 5
Activitatea 2: Parașute: ce este rezistența la înaintare?	pag 6
Activitatea 3: Importanța suprafeței și a formei	pag 7
Activitatea 4: Încetinirea și stabilitatea în timpul coborârii	pag 9
Fișa de lucru pentru elevi	pag 10
Linkuri	pag 22

Să învățăm prin spațiu – proiectează-ți parașuta | T10
www.esa.int/education

Biroul de educație ESA primește cu plăcere feedback și comentarii
teachers@esa.int

O producție educațională ESA realizată în colaborare cu ESERO Ireland 2018
© European Agenția Spațială Europeană

→ PROIECTEAZĂ-ȚI PARAȘUTA

Un ghid pentru aterizarea în siguranță a CanSat-ului tău

Informații generale

Grupa de vârstă: 14–20 de ani

Curriculum: Fizică – Viteză, accelerație, accelerație datorată gravitației, viteză terminală

Complexitate: Medie

Durata necesară a lecției: 120 de minute

Documente-suport: Inițierea lucrului cu CanSat

Metodologie: Învățare bazată pe investigare

Cuvinte-cheie: Parașută, rezistența la înaintare, rezistența aerului, gravitație, greutate, CanSat

Prezentare generală

Această resursă oferă elevilor o prezentare generală a diferitelor opțiuni disponibile atunci când își construiesc parașuta pentru CanSat. Elevii vor învăța despre fizica parașutelor și apoi vor proiecta și construi una, precum și despre modul în care pot controla viteza CanSat-ului lor.

Obiective de învățare

- Să înțeleagă diferența dintre greutate și masă.
- Să identifice diferite tipuri de parașute și să discute despre proiectarea și construcția acestora.
- Să înțeleagă de ce este important să testeze o parașută.
- Să înțeleagă conceptul de viteză terminală.
- Să reprezinte grafice cu unități de măsură și etichete corecte.

→ Rezumatul activităților

Rezumatul activităților					
	Titlu	Descriere	Rezultat	Cerințe	Timp
1	Cădere liberă	Elevii efectuează un experiment simplu pentru a explora viteza terminală.	Elevii vor putea descrie ce este viteza terminală.	Niciuna	25 minute
2	Parașute: ce este rezistența la înaintare?	În această activitate, elevii sunt introduși în fizica de bază a proiectării parașutelor.	Elevii vor putea descrie factorii importanți ai căderii libere.	Activitățile anterioare	15 minute
3	Importanța suprafeței și a formei	Sunt discutate o serie de modele de parașute și consecințele pe care acestea le au asupra unei sarcini aflate în cădere.	Elevii vor putea identifica un model de parașută potrivit pentru CanSat-ul lor.	Activitățile anterioare	25 minute
4	Încetiniți și rămâneți stabili în timpul coborârii	Lansarea și coborârea unui CanSat sunt studiate mai detaliat, iar elevii au ocazia să își testeze parașuta.	Elevii vor putea reprezenta grafic distanța-timp și timpul-viteza pentru lansarea și coborârea unui CanSat.	Activitățile anterioare; o parașută pentru efectuarea unei aruncări de test	25 minute

→ Introducere

Parașutele sunt o parte esențială a oricărei misiuni CanSat. S-ar putea să fie surprinzător faptul că sunt adesea trecute cu vederea, având în vedere că sunt adesea simple bucăți de material textil în comparație cu componentele electronice complexe care se află în interiorul unui CanSat, dar fără o parașută bine concepută și fiabilă, misiunea CanSat-ului dumneavoastră s-ar putea să nu aibă timp să își îndeplinească obiectivele științifice sau, mai rău, acesta s-ar putea prăbuși!

În această resursă, vom explora fizica de bază a coborârii cu parașuta și vom începe să înțelegem deciziile care trebuie luate atunci când proiectăm o parașută pentru o misiune CanSat. Până la sfârșitul resursei, ar trebui să aveți încredere că puteți lansa și ateriza în siguranță CanSat-ul!

→ Activitatea 1: Cădere liberă

In this activity, students explore the concept of terminal velocity and free fall by completing a simple qualitative experiment, dropping marbles in oil and water. By completing this activity, they will begin to understand the importance of the fluid in free fall situations.

Exercițiu

1. Care este intervalul de greutate permis pentru CanSat?

Intervalul de greutate permis este 2,9–3,4 N. O neînțelegere frecventă este că elevii vor confunda masa cu greutatea și vor răspunde 300–350 g!

2. Experimentul cu ciocanul și pana ridică o întrebare interesantă: cum ar fi lansarea unui CanSat dacă ar fi transportat pe Lună?

Pe Lună, efectele gravitaționale sunt reduse semnificativ, gravitația fiind de aproximativ $1/8$ din valoarea de pe Pământ! Aceasta înseamnă că există o forță mult mai mică ce acționează asupra rachetei. Multe lucruri s-ar putea întâmpla în cazul lansării unei rachete pe Lună. Dacă racheta este suficient de puternică, va avea suficientă viteză pentru a scăpa de atracția gravitațională a Lunii și ar putea intra pe orbită. Presupunând că acest lucru nu se întâmplă, coborârea spre suprafața Lunii este, de asemenea, foarte diferită. Deoarece acolo există mult mai puțin aer, există mai puțină rezistență. Acest lucru ar putea compensa într-o anumită măsură forța gravitațională redusă și ar avea ca rezultat o viteză de coborâre semnificativă!

În această întrebare nu ar trebui să vă așteptați la o analiză cantitativă detaliată, deoarece înțelegerea fizicii necesare este complexă, dar ar trebui să căutați procesele corecte și să înțelegeți diferențele esențiale dintre mediile de pe Pământ și de pe Lună.

3. Cum se modifică viteza mărelei pe măsură ce aceasta se deplasează în jos prin cilindru?

Dacă cilindrul pe care îl folosesc elevii este suficient de lung, aceștia ar trebui să poată identifica faptul că mărelele ating o viteză terminală. Inițial, mărelele accelerează înainte de a se deplasa pentru scurt timp cu o viteză constantă înainte de a ajunge la fundul cilindrului.

Din nou, experimentul este conceput pentru a fi înțeles la nivel calitativ, scopul fiind ca elevii să poată identifica vizual faptul că viteza terminală este atinsă sau aproape atinsă în timpul coborârii.

4. Ce v-ați aștepta să se schimbe dacă ați înlocui uleiul cu apă? Scrieți-vă predicția înainte de a o testa!

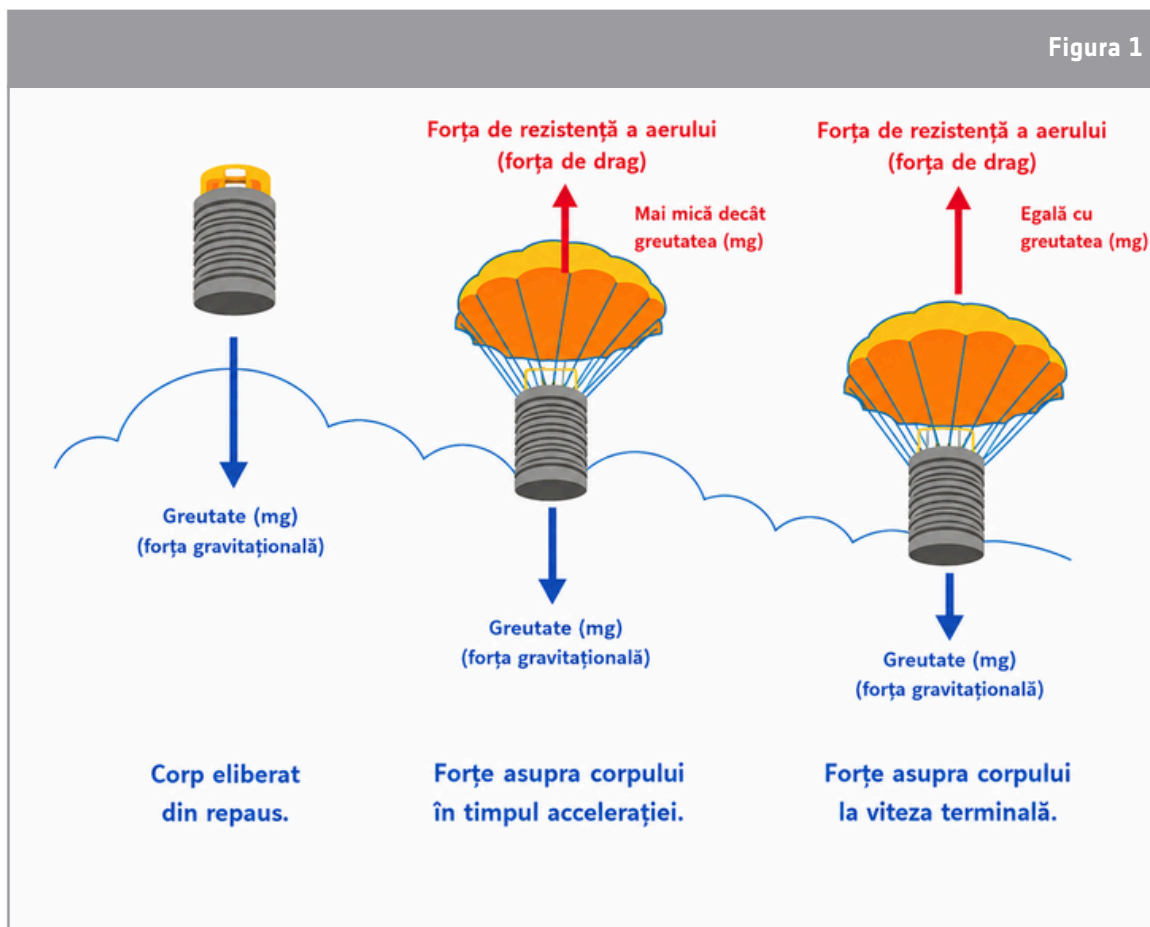
Atunci când experimentul este repetat cu apă, elevii ar trebui să poată identifica o viteză de coborâre mai mare și o viteză terminală mai mare. Acest lucru se datorează forțelor rezistive mai mici exercitate de apă în comparație cu uleiul.

→ Activitatea 2: Parașute – ce este rezistența la înaintare?

În această activitate, elevii sunt introduși în fizica de bază a parașutelor. Vor învăța cum să calculeze forțele care acționează asupra unei parașute și cum să decidă aria de care au nevoie pentru parașuta lor. Activitatea se concentrează pe înțelegerea modului în care aceste forțe acționează în stare staționară. Este important să se rețină simplificările făcute în acest exercițiu.

Exercițiu

1. Folosind ceea ce ați înțeles din experimentul cu mărgelile, etichetați și denumiți forțele care acționează asupra CanSat-ului în timpul coborârii sale, așa cum este prezentat în imaginea de mai jos. Ar trebui să indicați mărimea lor relativă în raport cu dimensiunea săgeții.



↑ Forțele asupra unui CanSat în timpul coborârii..

2. Presupunând că racheta va lansa CanSat-ul la o altitudine de 1000 m, conform vitezei de coborâre necesare prevăzute în orientările CanSat, care este timpul necesar între momentul în care CanSat-ul este eliberat și aterizare (ținând cont de accelerația inițială)?

Presupunând că 1 din 1000 m este neglijabil și ignorând orice accelerație în timpul coborârii, putem calcula o serie de timpi estimați de coborâre. Din motive de simplitate, neglijăm orice accelerație inițială și presupunem o viteză constantă pe toată durata coborârii. În practică, desigur, acest lucru nu va fi exact cazul!

Note: Pentru simplitate, neglijăm orice perioadă de accelerare și presupunem o viteză constantă pe toată distanța de 1000 m. În practică, desigur, situația nu va fi exact aceasta!

$$As\ t = s/v$$

$$t_{min} = 1000/v_{max} \\ = 1000/11$$

$$t_{min} = 90s$$

$$t_{max} = 1000/v_{min} \\ = 1000/8$$

$$t_{max} = 125s$$

→ Activitatea 3: Importanța formei

În această activitate, elevii sunt familiarizați cu principalele tipuri de parașute utilizate în mod obișnuit în misiunile CanSat. Sunt discutate aspectele legate de proiectare, precum și avantajele și dezavantajele diferitelor modele. Sunt oferite linkuri către resurse suplimentare, în care diferitele tipuri sunt discutate mai detaliat.

Exercițiu

1. Ce factori din ecuația 3 (din fișa de lucru pentru elevi) pot fi modificați odată cu proiectarea CanSat-ului?

Suprafața cupolei poate fi modificată prin realizarea unei parașute mai mici sau mai mari.

Coeficientul de rezistență la înaintare poate fi modificat prin utilizarea unui model diferit de parașută.

2. Dintre coeficienții de rezistență la înaintare de mai sus (Tabelul 1 din fișa de lucru), care tip de parașută va avea cea mai mică viteză de coborâre? Care va avea cea mai mare viteză de coborâre?

Folosind ecuația 3, elevii vor putea identifica faptul că coeficientul de rezistență la înaintare este invers proporțional cu viteza de coborâre, astfel încât cu cât este mai mare coeficientul de rezistență la înaintare, cu atât viteza de coborâre este mai mică – are sens!

Aceasta înseamnă că parașuta semisferică va avea cea mai mică viteză de coborâre, în timp ce parașutele în cruce și plate vor avea cea mai mare viteză de coborâre.

3. Parașuta în cruce este ușor de realizat, dar cum se compară viteza de coborâre cu cea a parașutei semisferice? Este prea rapidă sau prea lentă pentru CanSat?

Analizând din nou ecuația 3 și folosindu-și intuiția, elevii ar trebui să poată sugera că ar putea acoperi cupola cu ajutorul unei suprafețe mai mari a parașutei.

4. Faceți ca subiectul să fie ecuația 3.

$$\text{Adaugă } \frac{1}{2} C_D \rho A v^2: \quad mg - \frac{1}{2} C_D \rho A v^2 = 0$$

$$mg = \frac{1}{2} C_D \rho A v^2$$

$$\text{Înmulțind cu 2: } 2mg = C_D \rho A v^2$$

$$\text{Împărțind la } C_D \rho v^2: \quad A = \frac{2mg}{C_D \rho v^2}$$

Elevii pot utiliza apoi această ecuație pentru a calcula suprafața unei parașute necesare pentru a obține o anumită viteză de coborâre.

5. Acum că aveți ecuația având suprafața drept necunoscută, calculați intervalul de suprafețe permis pentru diferitele tipuri de parașute discutate, presupunând o masă a CanSat-ului de 350 g. Completați valorile din tabelul de mai jos (Tabelul 2 din fișa de lucru pentru elevi).
Rețineți: Intervalul vitezei permise este de 8–11 m s⁻¹.

Elevii ar trebui să utilizeze ecuația folosită în exercițiul 4 pentru a răspunde la acest exercițiu. Pentru a calcula suprafețele minime și maxime, aceștia pot utiliza limitele date pentru viteza de coborâre.

Tabelul 1			
Tipul parașutei	Coeficient de rezistență	Suprafața minimă (m ²)	Suprafața maximă (m ²)
Semisferică	0.62	0.08	0.14
În cruce	0.8	0.06	0.11
Plată, hexagonală	0.8	0.06	0.11

Este important de reținut că aceste valori sunt pentru expresia noastră fizică simplificată; în practică, elevii ar trebui să efectueze calculele pentru a determina suprafețele minime și maxime permise.

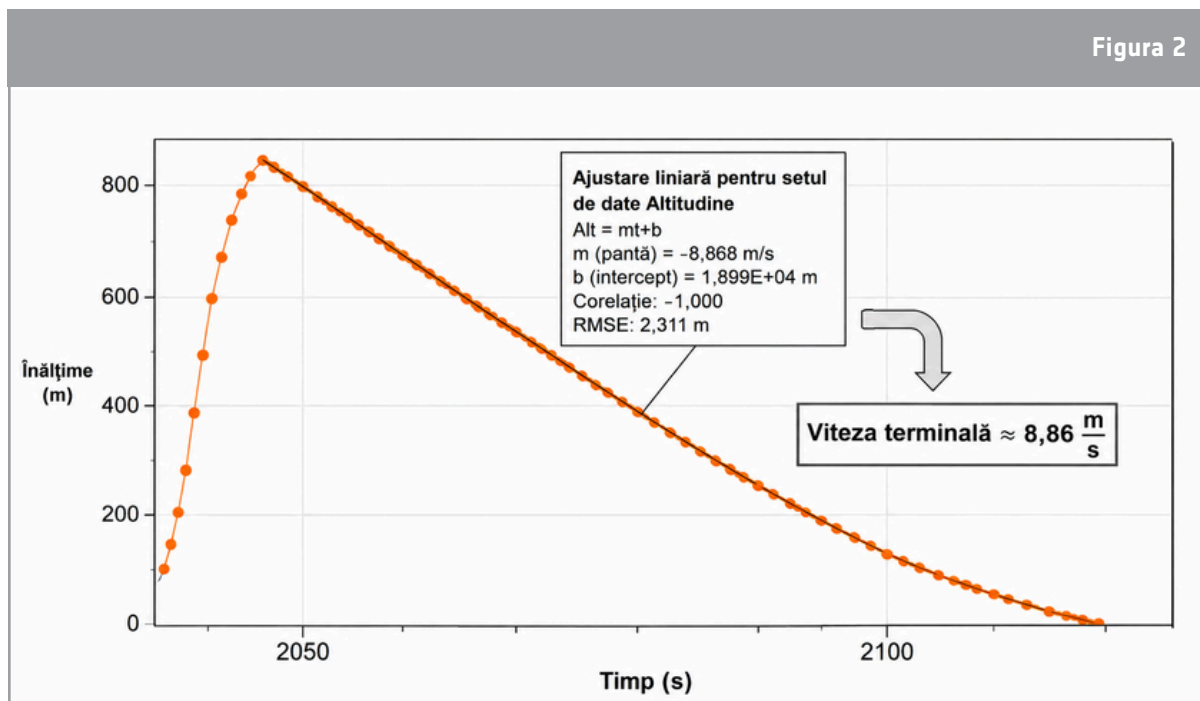
6. Dacă vă schimbați parașuta dintr-o parașută în cruce într-una semisferică, cum ar trebui să modificați suprafața parașutei, astfel încât aceasta să cadă cu aceeași viteză ca înainte?
 Acest exercițiu este o activitate de consolidare pentru elevi. Aceștia ar trebui să poată identifica faptul că trecerea de la o parașută în cruce la una semisferică reprezintă o creștere a coeficientului de rezistență la înaintare și, prin urmare, pentru a menține aceeași viteză de coborâre, este necesară o suprafață mai mică a parașutei.
 Elevii pot merge un pas mai departe și pot cuantifica reducerea necesară folosind ecuația, dar acest lucru nu este necesar.

→ Activitatea 4: Încet și constant câștigă cursa

În această activitate, elevii primesc îndrumări despre cum să efectueze o aruncare de test pentru parașuta lor. Este important să țină cont de CanSat atunci când își testează parașuta, pentru a se asigura că respectă regulile competiției.

Exercițiu

1. Pe graficul de mai jos, adăugați o curbă care să arate cum v-ați aștepta să se modifice înălțimea în timp, de la lansarea CanSat-ului până la aterizare, presupunând că nu există viteză laterală datorată stabilității. Pentru a vă ajuta să desenați curba, gândiți-vă la modul în care se schimbă viteza și la efectul pe care acesta îl are asupra formei curbei.

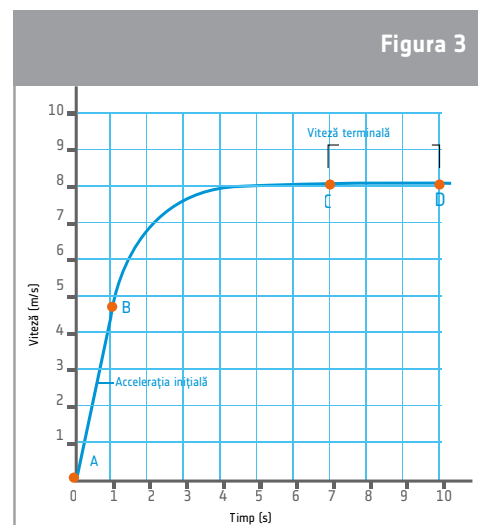


↑ Grafic înălțime–timp prezentat la competiția CanSat din 2018 de echipa AnaCan Skywalker, din Danemarca

Prima parte a curbei corespunde urcării cu racheta. La aproximativ 800 m, CanSat-ul este eliberat și cade cu o viteză aproximativ constantă (viteza terminală). Viteza terminală poate fi calculată din panta ultimei părți a graficului.

2. Așa cum am procedat pentru înălțime, acum desenați o curbă pe graficul de mai jos care să arate cum v-ați aștepta să se modifice viteza CanSat-ului în timpul coborârii, ținând cont de viteza rachetei la lansare (în acest caz, $t = 0$ ar reprezenta momentul eliberării CanSat-ului).

După ce CanSat-ul este eliberat la altitudinea maximă, acesta va avea inițial o viteză de coborâre aproximativ zero. De la acest moment, CanSat-ul va accelera (A–B) până când va atinge viteza terminală. Datorită accelerării, panta (gradientul) acestei părți este mare (neglijabilă atunci când se calculează viteza). În restul căderii, CanSat-ul va coborî cu o viteză terminală constantă (C–D).



↑ Grafic viteză–timp pentru un CanSat după desfășurare

→ PROIECTEAZĂ-ȚI PARAȘUTA!

Un ghid pentru aterizarea în siguranță a CanSat-ului tău

→ Prezentare generală

Odată ce CanSat-ul tău a fost lansat, unul dintre cele mai importante lucruri este ca acesta să aterizeze în siguranță. Fără o aterizare sigură, CanSat-ul poate fi deteriorat iremediabil. Cea mai evidentă modalitate de a permite o aterizare sigură pentru CanSat-ul tău este atașarea unei parașute, un dispozitiv care funcționează prin reducerea vitezei obiectului aflat în cădere, rezultând într-o aterizare mai lentă. Beneficiul unei parașute este dublu: prin reducerea vitezei CanSat-ului, mărești timpul disponibil pentru colectarea datelor! Vom analiza acum modul în care funcționează o parașută și câteva dintre aspectele pe care ar trebui să le iei în considerare atunci când îți proiectezi și construiești parașuta.

→ Activitatea 1: Cădere liberă

Viteza terminală este unul dintre cele mai importante concepte pe care trebuie să le înțelegem înainte de a ne gândi la construirea unei parașute. În această activitate, vom realiza un experiment simplu care ne va ajuta să înțelegem ce este, de fapt, viteza terminală.

Ce urcă trebuie să și coboare

Tot ceea ce se află pe Pământ este tras în jos de forța gravitației, care este cauzată de masa Pământului.

Greutatea unui obiect este forța pe care acesta o resimte datorită gravitației care acționează asupra masei sale:

greutate = masă x gravitație; ($w=mg$).

Conform regulilor CanSat, **masa** CanSat-ului trebuie să se încadreze în intervalul 300–350 g, sau 0,3–0,35 kg.

Exercițiu

1. Care este intervalul de greutate permis pentru CanSat?

Când un obiect cade sub acțiunea gravitației, acesta capătă viteză, adică accelerează. Pe Pământ, aceasta este de $9,8 \text{ m/s}^2$. Să ne imaginăm că aruncăm două obiecte de pe o clădire în care există vid. Deoarece nu există niciun fluid care să exercite o forță de rezistență, ambele obiecte vor cădea cu aceeași viteză crescătoare, chiar dacă au mase complet diferite!

Acest fapt poate fi contrar intuiției, deoarece, pe Pământ, aerul exercită o forță de rezistență asupra obiectelor aflate în cădere. De aceea, de exemplu, o pană cade mai încet decât o minge. Ideea esențială este mediul prin care cad obiectele – fie că este aer, ulei sau vid.

Știi că?

Astronautul David Scott a demonstrat acest principiu în timpul misiunii Apollo 15 pe Lună. El a scăpat un ciocan geologic și o pană de la aceeași înălțime deasupra suprafeței Lunii. Deoarece pe Lună există vid, nu există rezistență a aerului și, prin urmare, ambele obiecte au căzut cu aceeași viteză! Aici puteți vedea ciocanul și pana în timp ce ating suprafața Lunii.



2. Experimentul cu ciocanul și pana ridică o întrebare interesantă: cum ar fi lansarea unui CanSat diferit dacă ar fi transportat pe Lună?

Investigarea efectului unui fluid asupra obiectelor aflate în cădere

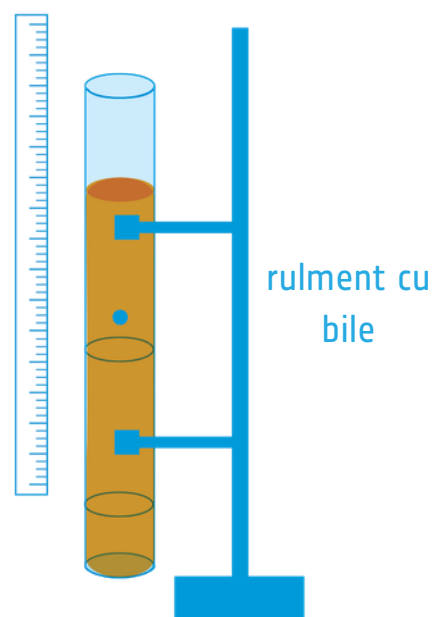
Ce se întâmplă cu un obiect atunci când cade într-un fluid? Să realizăm un mic experiment pentru a afla.

Experiment

Pentru acest experiment, veți avea nevoie de:

- Un suport cu clemă
- Un cilindru gradat sau un tub de sticlă (cu cât este mai înalt și mai lat, cu atât mai bine!)
- Ulei (ulei de gătit obișnuit) sau pastă de tapet
- Apă
- Rulmenți cu bile, bile sau mărele de diferite dimensiuni
- Benzi elastice
- Un cronometru (puteți folosi cronometrul telefonului)
- Un magnet (dacă folosiți rulmenți cu bile)
- Apă

Notă: Dacă folosiți un cilindru de sticlă gradat, este o idee bună să puneți o bandă de cauciuc sau o bucată de carton în partea de jos a cilindrului. Acest lucru va împiedica rulmenții cu bile sau mărelele să crape sticla.



Magnetul poate fi folosit pentru a scoate rulmenții cu bile din cilindru după ce au căzut.

Pași:

a. Dacă ai un iPhone:

1. Configurează echipamentul așa cum este prezentat în figura de mai sus.
2. Descarcă aplicația „Vernier Video Physics”:
<https://itunes.apple.com/us/app/vernier-video-physics/id389784247>
3. Înregistrează cât durează până când mărgeaua ajunge în partea de jos a cilindrului.
4. Folosește funcțiile aplicației pentru a calcula viteza mărgelei în fiecare punct.
5. Repetă experimentul.

b. Dacă ai un telefon Android:

1. Set up the equipment like shown in the figure above.
2. Descarcă aplicația „Vidalysis Free”:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vidanalysis.free>
3. Înregistrează cât durează până când mărgeaua ajunge în partea de jos a cilindrului.
4. Folosește aplicația pentru a calcula viteza mărgelei în fiecare punct.
5. Repetă experimentul.

c. Varianta de modă veche:

1. Configurează echipamentul așa cum este prezentat în figura de mai sus.
2. Cronometrează cu un cronometru cât durează până când mărgeaua ajunge în partea de jos a cilindrului.
3. Oprește cronometrul pe măsură ce mărgeaua se deplasează în josul cilindrului, în funcție de viteza mărgelei, ar trebui să fie posibil să faci acest lucru la fiecare 5 cm. Probabil va trebui să efectuezi aceste măsurători de mai multe ori.
4. Folosește aceste măsurători pentru a calcula viteza mărgelei în fiecare punct.
5. Repetă experimentul.

Exercițiu

3. Cum se modifică viteza mărgelei pe măsură ce aceasta se deplasează în josul cilindrului?

4. Ce v-ați aștepta să se schimbe dacă ați înlocui uleiul cu apă? Scrieți-vă predicția și apoi testați-o!

Spre deosebire de vid, într-un fluid, un obiect aflat în cădere va ajunge în cele din urmă la o viteză terminală. Viteza terminală apare atunci când rezistența, sau forța de rezistență la înaintare, exercitată asupra obiectului aflat în cădere este egală cu forța gravitațională care acționează asupra masei obiectului.

Un obiect care cade în aer are un contact mai redus cu particulele din jur decât dacă ar cădea prin ulei. Prin urmare, există o rezistență mai mică la mișcarea sa și va cădea mai repede. În aer, această rezistență se numește rezistență la înaintare (drag); puteți observa acest lucru în filme.

Mărimea rezistenței (sau a forței de rezistență la înaintare) atunci când un obiect cade printr-un fluid precum uleiul depinde de:

1. Densitatea fluidului (ρ)
2. Viteza obiectului (V)
3. Suprafața transversală (A)
4. Coeficientul de rezistență la înaintare (C_d)

În secțiunea următoare vom explora modul în care toate aceste variabile influențează căderea CanSat-ului.

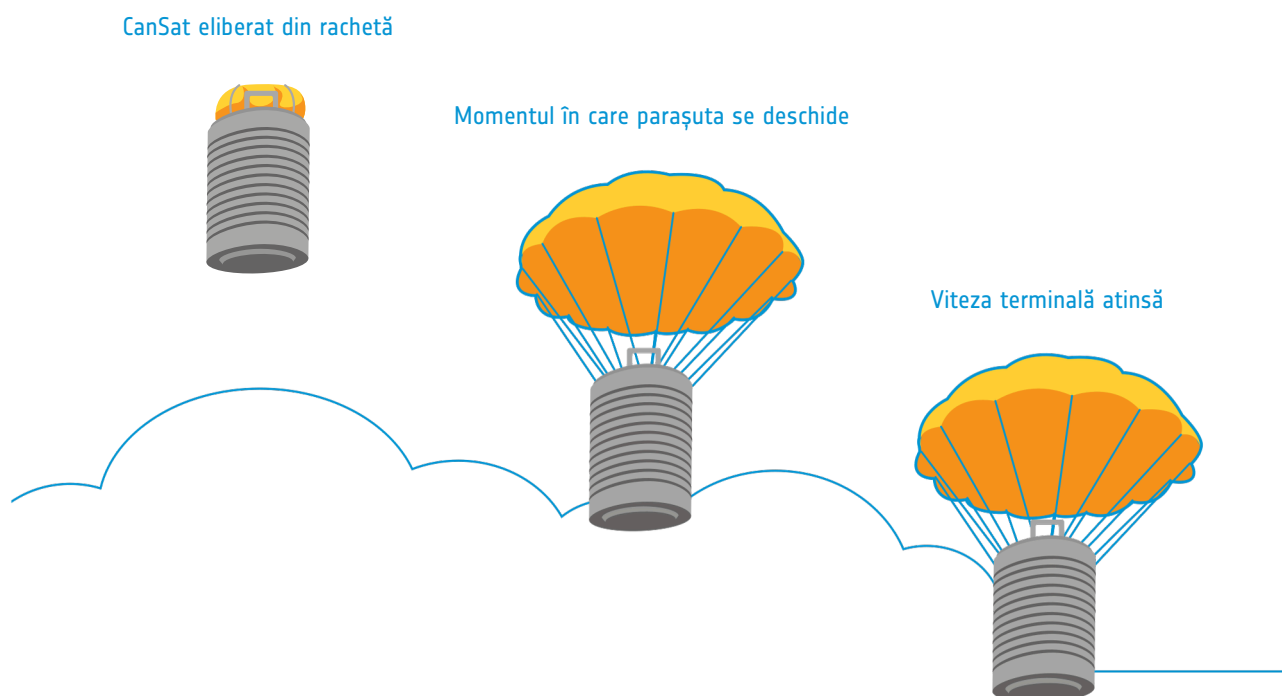
→ Activitatea 2: Parașute – ce este rezistența la înaintare?

Există două modalități de a reduce rezistența unui fluid care nu este foarte vâscos, precum aerul, de exemplu, prin mărirea suprafeței proiectate care intră în contact cu aerul — sau prin utilizarea unei parașute.

Exercițiu

1. Folosind ceea ce ați înțeles din experimentul cu mărgelile, etichetați și denumiți forțele care acționează asupra CanSat-ului în timpul coborârii sale, așa cum este prezentat în imagine.

Indicați mărimea lor relativă prin dimensiunea săgeții.



Lăsați forța să fie cu parașuta voastră

Acum vom analiza forțele implicate în acest proces, alegând direcția CanSat-ului (în jos) ca direcție pozitivă a forței. Prima forță care ne vine în minte este greutatea CanSat-ului, o forță orientată în jos (deoarece este rezultatul atracției Pământului).

$$F_{\text{gravitație}} = m g \quad \text{ecuația 1}$$

unde

m = masa CanSat-ului (de obicei 0,35 kg)

g = accelerația datorată gravitației = $9,81 \text{ m/s}^2$

Pe măsură ce CanSat-ul coboară prin aer, acesta este supus unei forțe de rezistență la înaintare (care se opune gravitației), datorată parașutei:

$$F_{\text{Drag}} = -\frac{1}{2} C_D \rho A v^2 \quad \text{ecuația 2}$$

A = suprafața cupolei

C_D = coeficientul de rezistență la înaintare al parașutei — această valoare depinde de **forma/geometria** parașutei; valorile exemplificative sunt prezentate în secțiunea următoare.

ρ = densitatea locală a aerului, considerată constantă la 1.225 kg/m^3 .

v = viteza de coborâre a CanSat-ului în m/s

Conform celei de-a doua legi a lui Newton:

$$F_{\text{net}} = \sum F = ma \hat{z}$$

Notă: La început, această forță netă nu va fi zero pentru câteva secunde (va exista o perioadă de accelerare și decelerare pentru o perioadă scurtă), dar vom neglija acest lucru deoarece CanSat-ul va fi la viteza terminală în cea mai mare parte a coborârii.

Presupunând acest lucru, atunci când se atinge viteza terminală, $a=0$ și, prin urmare, $F_{\text{net}}=0$. Astfel:

$$F_{\text{gravitație}} + F_{\text{drag}} = 0$$

Prin urmare, echilibrând forțele pe axa z , obținem următoarea ecuație:

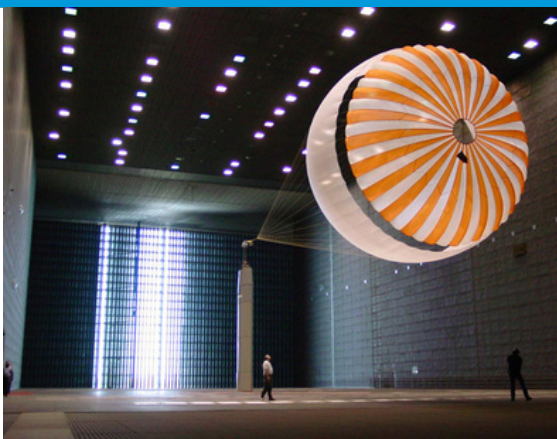
$$mg - \frac{1}{2}C_D \rho A v^2 = 0 \quad \text{ecuația 3}$$

Mai târziu, după ce vă decideți asupra proiectării parașutei, puteți rearanja această ecuație și utiliza valorile cunoscute ale vitezei de coborâre pentru a calcula aria necesară a parașutei. Nu uitați, am menționat deja câteva aproximări aici; vom continua să testăm și să măsurăm viteza de coborâre a parașutei!

Știi că?

Nava spațială Viking, care a trimis cu succes un modul de aterizare pe suprafața lui Marte în 1976, a fost construită într-un mod foarte asemănător cu parașutele pe care le veți proiecta voi. Provocarea unică pe care o reprezintă atmosfera de pe Marte este că aceasta are mai puțin de 1% din grosimea atmosferei Pământului și, având o viteză supersonică, o parașută singură nu era suficientă pentru a asigura o aterizare lentă și stabilă. Pentru a rezolva problema, inginerii NASA au folosit rachete pentru a ajuta la aterizare – din păcate, voi nu veți putea face același lucru, așa că trebuie să vă perfecționați proiectarea parașutei!

[Parașuta navei spațiale Viking în timpul testării. →](#)



Conform orientărilor CanSat, în câteva secunde după desfășurarea parașutei (adică după lansare), aceasta ar trebui să aibă o viteză de coborâre (viteza terminală) între 8 și 11 m/s. Rețineți că acest lucru este diferit de viteza de lansare și nu de aceeași cu viteza cu care CanSat-ul nu poate ateriza și, prin urmare, nu poate ateriza în siguranță.

Notă: Terenul de aterizare poate impune restricții suplimentare obligatorii asupra vitezei de coborâre.

Exercițiu

- Presupunând că racheta va lansa CanSat-ul la o altitudine de 1000 m, conform vitezei de coborâre necesare din orientările CanSat, care este timpul care ar trebui să treacă între eliberarea și aterizarea CanSat-ului (neglijând perioada de accelerație)?

→ Activitatea 3: Importanța suprafeței și a formei

În această activitate vom analiza câteva dintre principiile de bază ale proiectării parașutelor. De asemenea, vom discuta principalele tipuri de parașute pe care le veți întâlni atunci când o proiectați pe a voastră, precum și avantajele și dezavantajele fiecăreia.

Alegerea materialelor pentru parașuta voastră

Desfășurarea parașutei va fi relativ violentă, așa că materialul textil și firele pe care le folosiți trebuie să fie rezistente. Țineți cont de faptul că forța exercitată asupra parașutei (și, prin urmare, asupra încărcăturii de care este atașată) poate fi de până la de două ori mai mare decât forța care acționează în timpul vitezei terminale!

În această activitate ne vom concentra asupra comportamentului parașutei la viteza terminală. Totuși, trebuie să fiți conștienți că nu doar viteza terminală (înțeleasă ca viteză verticală) este importantă. Performanța parașutei depinde de „stabilitate” (performanță de deformare), iar noi trebuie să ținem cont de factorul de stabilitate. În general, cu cât parașuta are o suprafață mai mare, cu atât este mai stabilă.

Materialele potrivite sunt firele de nailon și materialul anti-ruptură (rip-stop), care pot fi cumpărate dintr-un magazin de articole pentru zmeie.

Aceste materiale sunt ideale pentru parașută. Un punct important care poate ceda este punctul de prindere al corzii și al materialului parașutei. Nu folosiți fir de pescuit.

Atunci când tăiați materialul textil, trebuie să țineți cont de faptul că o parte din material trebuie îndoită de aproximativ două ori pentru a fi cusută.

Alegerea designului parașutei voastre

Să analizăm ecuația pentru coborârea CanSat-ului nostru:

$$mg - \frac{1}{2}C_D \rho A v^2 = 0 \quad \text{ecuația 3}$$

Exercițiu

1. Care factori din ecuația 3 pot fi modificați odată cu proiectarea CanSat-ului vostru?

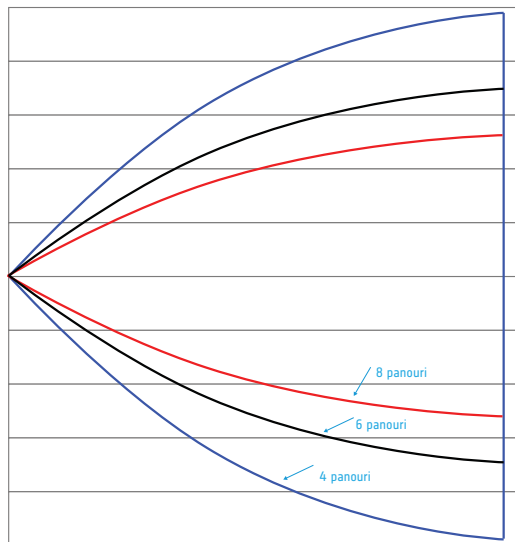
Formele parașutelor

Cele mai simple tipuri de parașute sunt parașuta circulară plată și parașuta sferică.

Problema cu aceste modele este că se umplu cu aer și tind să se încline și să se deplaseze într-o parte pentru a lăsa aerul să iasă.

Uneori, o gaură centrală poate ajuta la stabilizarea unei parașute. Vom analiza pe scurt câteva dintre tipurile de parașute pe care le puteți proiecta pentru CanSat.

Parașuta semisferică



O parașută semisferică este probabil modelul care vă vine imediat în minte atunci când vă gândiți la o parașută. Materialul formează o emisferă atunci când este umplut cu aer. Este realizată din secțiuni numite „segmente”. Fiecare segment este decupat pentru a forma forma completă a emisferei. Cu cât sunt folosite mai multe segmente, cu atât forma este mai apropiată de o emisferă adevărată, dar cu atât procesul de producție este mai complex.

Unghiul subtins de cele două laturi ale segmentului scade pe măsură ce adăugați mai multe segmente. Unghiul poate fi calculat folosind:

$$\text{unghi} = 360^\circ / n$$

n = numărul de segmente

Aici puteți vedea trei parașute semisferice tipice, alături de diagrama segmentului. Observați culorile diferite; puteți vedea cum segmentele separate se îmbină pentru a forma parașuta.

Procedura pentru construirea unei parașute semisferice este următoarea:

- Mai întâi, trasați forma segmentelor pe materialul ales, asigurându-vă că lăsați aproximativ ~2 cm pentru tiv.
- Coaseți marginile astfel încât să formeze forma parașutei.
- În cele din urmă, coaseți ghidajele/cordoanele pe parașută pentru a permite atașarea acesteia la CanSat.

Notă: în mod normal, liniile care trec prin segmente: bucla (de pe margine) nu este luată de firul folosit pentru liniile de suspendare. De obicei, o linie formează punctul de convergență, trece de-a lungul unui segment, apoi trece prin segmentul opus și continuă pe aceeași linie.



Parașuta în cruce

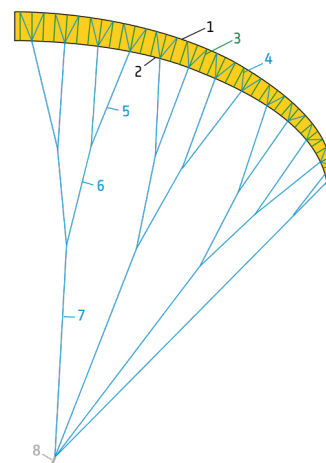


O parașută în cruce este mai ușor de cusut decât o parașută semisferică, deoarece forma regulată este mai ușor de realizat manual.

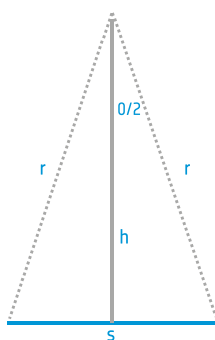
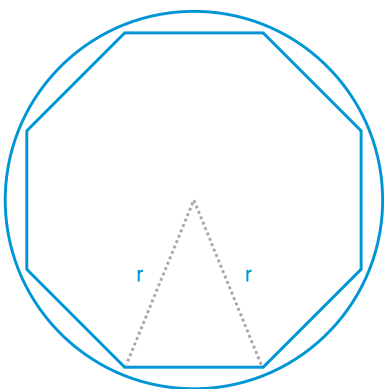
Informații despre realizarea unei parașute în cruce pot fi găsite aici: <http://www.nakka-rocketry.net/xchute1.html>

Parapantă

Este posibil să fi întâlnit un design de parapantă înainte de a fi interesat de parașută. Cel mai mare avantaj al unui design de parapantă este că este posibil să virezi. Totuși, este mai dificil de proiectat și realizat în comparație cu modelele mai simple de mai sus.



Parașută plată



Parașutele plate sunt cel mai frecvent disponibile parașute, create din forme geometrice plate, cum ar fi hexagoane sau octogoane. Figura arată că parașuta octogonală este realizată din 8 triunghiuri echilaterale.

Există câteva tipuri de parașute potrivite pentru un CanSat. Coeficienții de rezistență la înaintare pentru fiecare sunt prezentați în tabelul de mai jos. Dacă doriți să faceți cercetări suplimentare cu privire la coeficienții de rezistență la înaintare, consultați Anexa I.

Tabelul 1

Tipul parașutei	Coeficient de rezistență C_p	Observații
Semisferică	0.62-0.77	Foarte frecventă; necesită timp pentru a fi realizată
În cruce	0.6-0.8	Ușor de realizat; populară pentru CanSat
Parapantă	0.75-1.10	Design complicat; este posibilă aterizarea ghidată
Plată, hexagonală	0.75-0.8	Ușor de realizat, populară pentru CanSat

Dacă doriți să vă realizați propria parașută plată, veți avea nevoie de:

- Material potrivit – material rip-stop este cel mai bun
- Corzi/cordoane pentru conectarea CanSat-ului la parașută
- Ață pentru a coase marginile parașutei și cordoanele

Procesul este destul de simplu. Luați materialul textil și tăiați-l la dimensiunea și forma dorite, folosind un ghid pentru a vă asigura că tăiați corect câteva centimetri în jurul fiecărei margini și îndoiți materialul pentru a consolida structura. Tăiați cordoanele de legătură la o lungime potrivită și coaseți-le de parașută pentru a fi gata de testare!

Exercițiu

2. Dintre coeficienții de rezistență la înaintare de mai sus, ce tip de parașută va produce cea mai mică viteză de coborâre? Care va produce cea mai mare viteză de coborâre?

3. Designul în cruce este ușor de realizat, dar viteza de coborâre comparativ cu designul semisferic este prea mare; ce ați face pentru a o controla?

Determinarea suprafeței

Acum că avem vitezele minimă și maximă (8–11 m/s) și diferiții coeficienți de rezistență la înaintare ai diferitelor tipuri de parașute, putem calcula suprafața necesară a parașutei noastre.

Exercițiu

4. Rearanjați ecuația 3 astfel încât A să fie necunoscută.

5. Acum că aveți ecuația având suprafața ca necunoscută, calculați intervalul suprafețelor permise pentru diferitele tipuri de parașute discutate, presupunând o masă a CanSat-ului de 350 g. Completați valorile din tabelul de mai jos.

Rețineți: Intervalul vitezei permise este de 8–11 m/s'.

Tabelul 2

Tipul parașutei	Coeficient de rezistență (de ex.)	Suprafața minimă	Suprafața maximă
Semisferică	0.62		
În cruce	0.8		
Parapantă	0.8		
Plată, hexagonală	0.8		

6. Dacă vă schimbați parașuta dintr-o parașută în cruce într-una semisferică, cum ar trebui să modificați suprafața parașutei astfel încât aceasta să cadă cu aceeași viteză ca înainte?

→ Activitatea 4: Încet și constant câștigă cursa

Odată ce v-ați decis asupra unui design pentru parașută, este esențial să îl testați. Deși ecuațiile introduse mai sus vă pot oferi o idee despre ceea ce ar trebui să vă așteptați, ar trebui să vă testați întotdeauna designurile în condiții reale. Înainte de a face acest lucru, trebuie să vă gândiți la faptul că CanSat-ul vostru și modul în care acționează forțele asupra lui se vor schimba în timp.

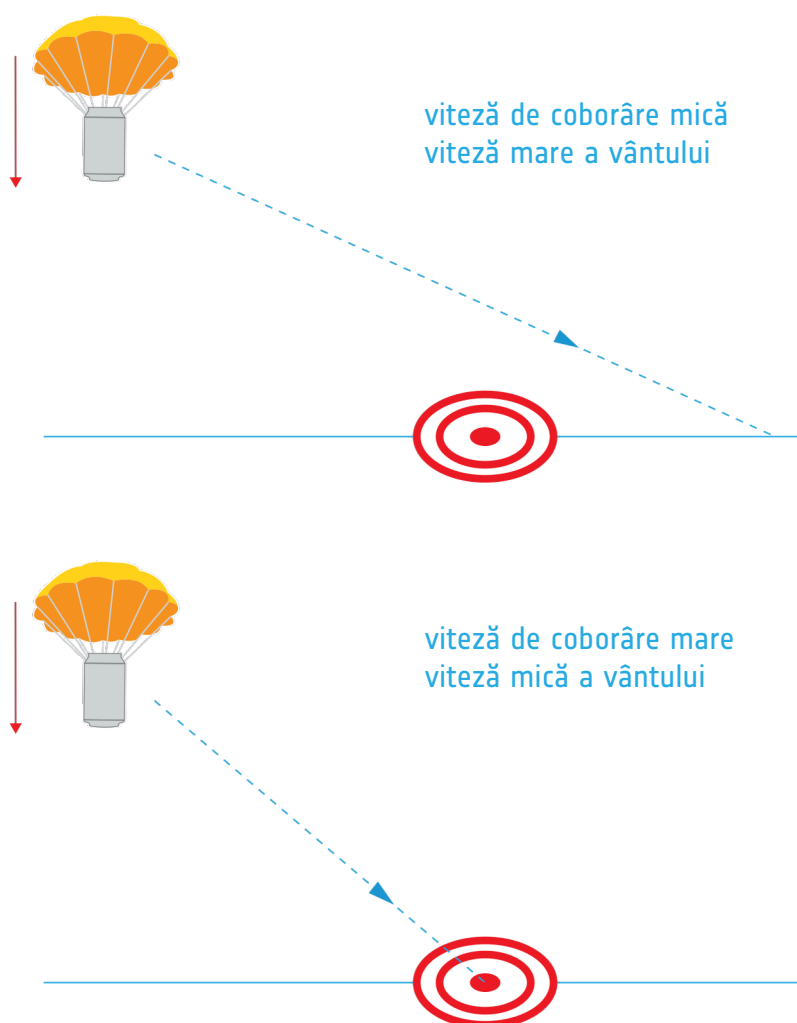
Ce urcă trebuie să și coboare

Mai întâi, să ne gândim la modul în care înălțimea și viteza CanSat-ului vostru se vor modifica pe parcursul întregii lansări. După ce am făcut acest lucru, vom pune toate acestea într-o anumită ordine, astfel încât să fiți pregătiți să vă construiți și să vă testați parașuta!

Un lucru important de luat în considerare atunci când vă gândiți la coborârea CanSat-ului este modul în care vântul i-ar putea afecta traiectoria. Deoarece CanSat-ul cade vertical, un vânt orizontal poate deplasa CanSat-ul în direcția vântului. Mai mult, CanSat-ul poate avea chiar și o anumită viteză orizontală în anumite tipuri de parașute (de exemplu, parapanta), datorită stabilității sale.

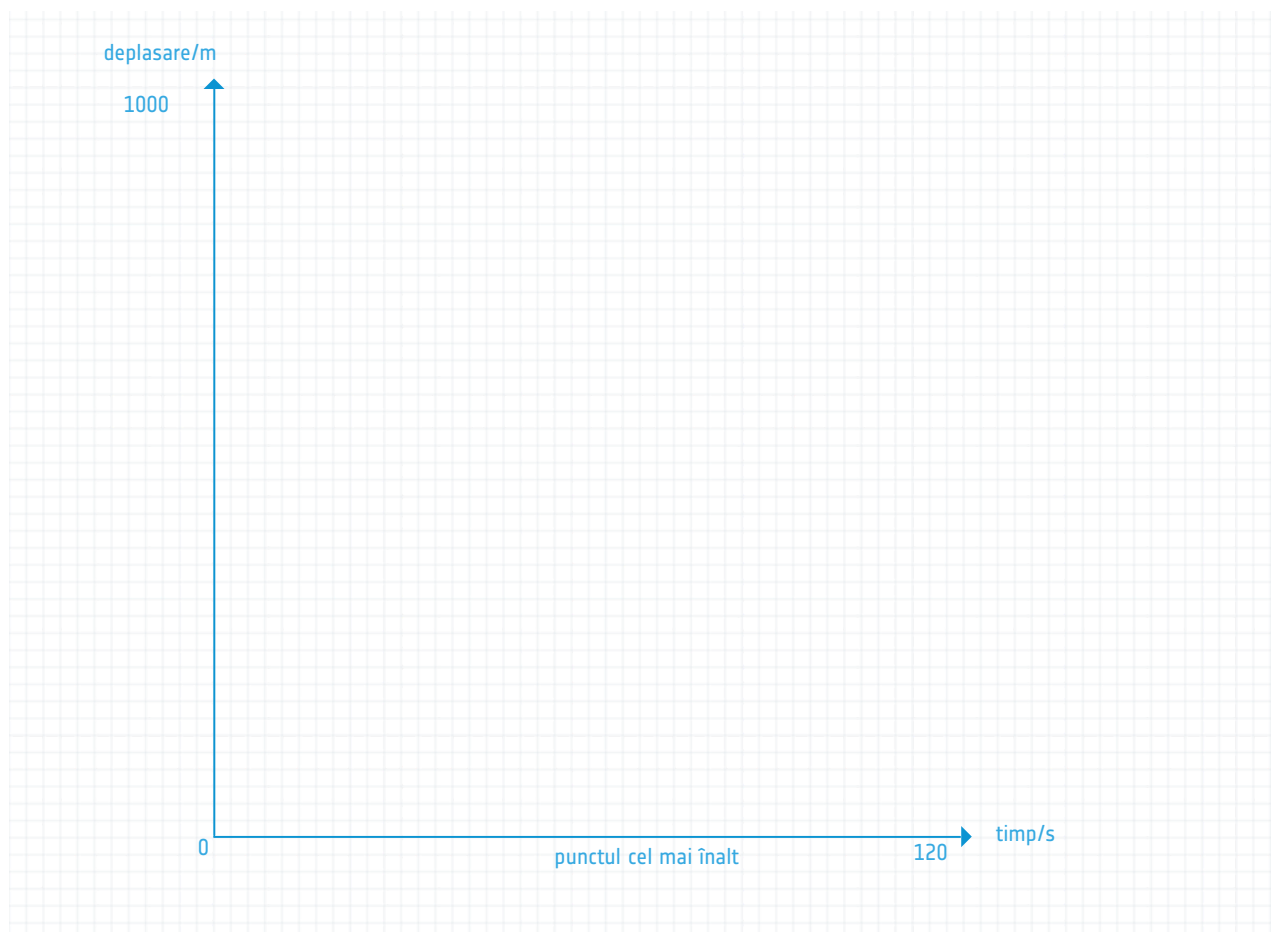
În funcție de viteza de coborâre și de viteza vântului, acest lucru poate însemna că CanSat-ul aterizează la o distanță semnificativă față de locul de unde a fost lansat – acesta este unul dintre motivele pentru care viteza de coborâre este importantă! Dacă CanSat-ul coboară prea încet, acesta poate fi purtat de vânt pe o distanță mare.

Pentru a vedea mai clar acest efect, priviți diagrama de mai jos.



Exercițiu

- Pe graficul de mai jos, adăugați o curbă care să arate cum v-ați aștepta să se modifice înălțimea în timp, de la lansarea CanSat-ului până la aterizare, presupunând că nu există viteză laterală datorată stabilității. Pentru a vă ajuta să desenați curba, gândiți-vă la modul în care se modifică viteza și la efectul pe care acesta îl are asupra formei curbei.



Rețineți: În competiția europeană CanSat, CanSat-urile sunt lansate la o înălțime de 1000 m!

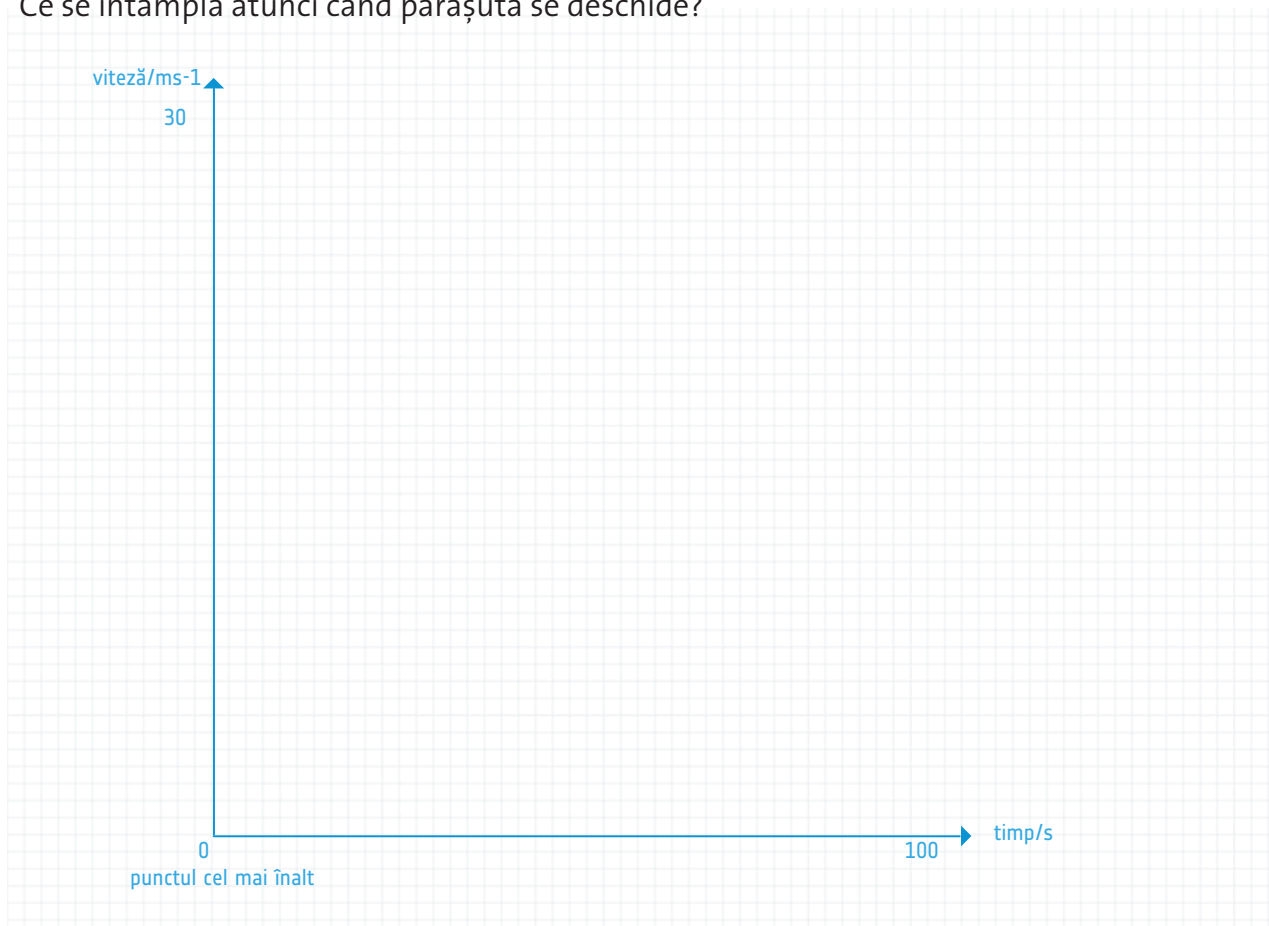
Cea mai importantă parte a lansării pentru noi acum este coborârea de la punctul cel mai înalt până la atingerea solului, deoarece acesta este momentul în care parașuta intră în acțiune.

Vom analiza acum modul în care viteza CanSat-ului se modifică în timp în timpul coborârii.

- Așa cum am procedat pentru înălțime, desenați o curbă pe graficul de mai jos care să arate cum v-ați aștepta să se modifice viteza CanSat-ului în timpul coborârii (ținând cont de viteza rachetei la lansare). În acest fel, $t = 0$ ar reprezenta momentul eliberării CanSat-ului din rachetă.

Gândiți-vă la următoarele întrebări înainte de a schița curba:

- Care este viteza CanSat-ului atunci când este eliberat?
- Cât de repede accelerează CanSat-ul către Pământ?
- Ce se întâmplă atunci când parașuta se deschide?



Timpul pentru testare?

Acum că aveți o bună înțelegere a comportamentului unui CanSat în timpul lansării și coborârii sale, ar trebui să începeți să testați parașuta. Astfel încât să nu riscați să vă deteriorați CanSat-ul și să nu irosiți timpul de care dispuneți, ar trebui mai întâi să testați parașuta cu un CanSat-machetă!

Sănătate și siguranță

Înainte de a începe testarea, asigurați-vă că aveți supravegherea profesorului. Aruncarea parașutei și a CanSat-ului de la o înălțime, cum ar fi o fereastră de la etajul al 2-lea sau al 3-lea, va constitui un prim test bun pentru parașută, dar trebuie să vă asigurați că zona de dedesubt este bine eliberată de persoane sau obiecte.

Cu teste succesive vă puteți îmbunătăți designul parașutei, investigând efectele fiecărui aspect al parașutei, inclusiv:

- Materialul folosit
- Modul în care este atașată la CanSat
- Suprafața parașutei
- Modul în care este pliată

Pe măsură ce vă apropiați de designul final al parașutei, asigurați-vă că testați mai multe parașute cu dimensiuni și/sau materiale diferite. Dacă totul este în conformitate cu regulile CanSat, atunci parașuta voastră este gata!

→ Linkuri

Site-ul Fruitychutes conține informații suplimentare despre proiectarea unei parașute:
https://fruitychutes.com/help_for_parachutes/how_to_make_a_parachute.htm

Informații despre proiectarea unei parașute în cruce:
<https://www.nakka-rocketry.net/xchute1.html>

Matematica parașutelor plate este prezentată aici:
[https://www.sunward1.com/imagespara/The%20Mathematics%20of%20Parachutes\(Rcv2\).pdf](https://www.sunward1.com/imagespara/The%20Mathematics%20of%20Parachutes(Rcv2).pdf)

Informații generale despre parașute pe Wikipedia:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Parachute>