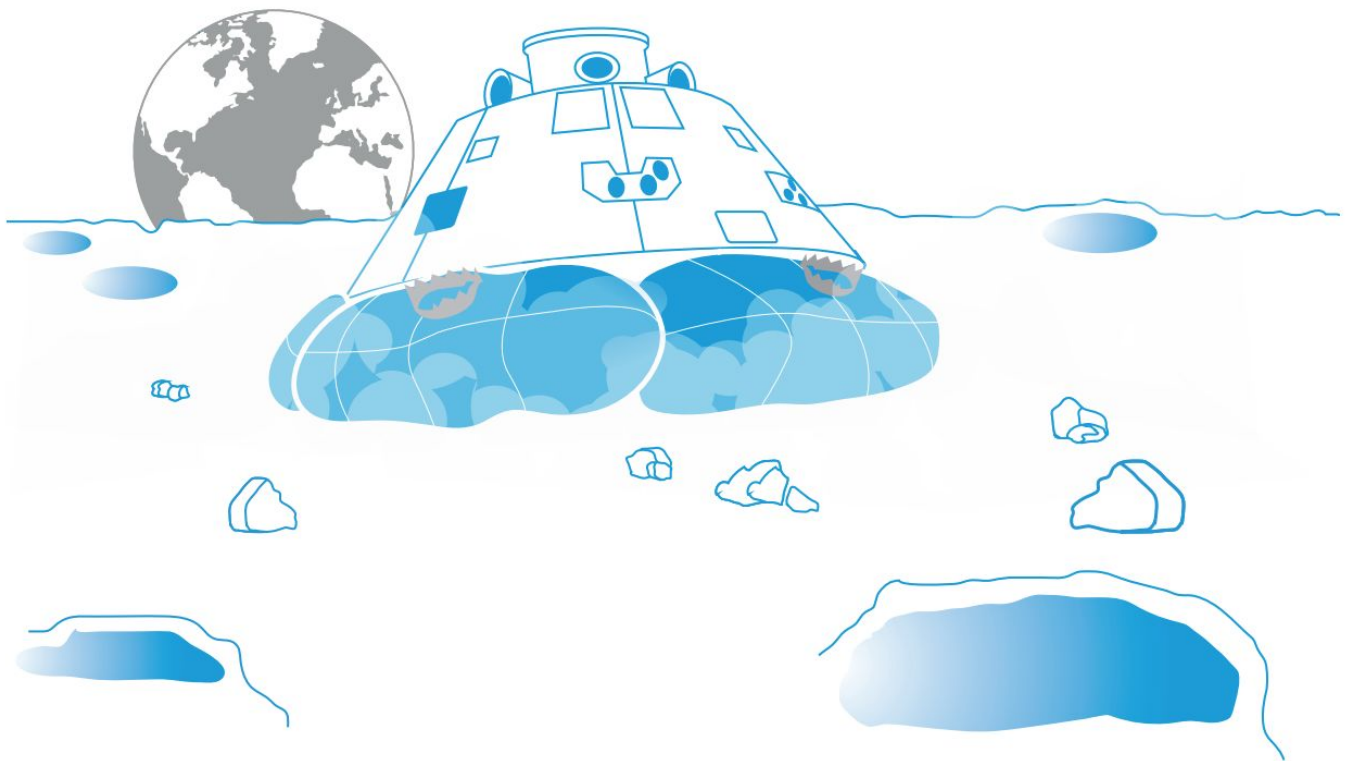
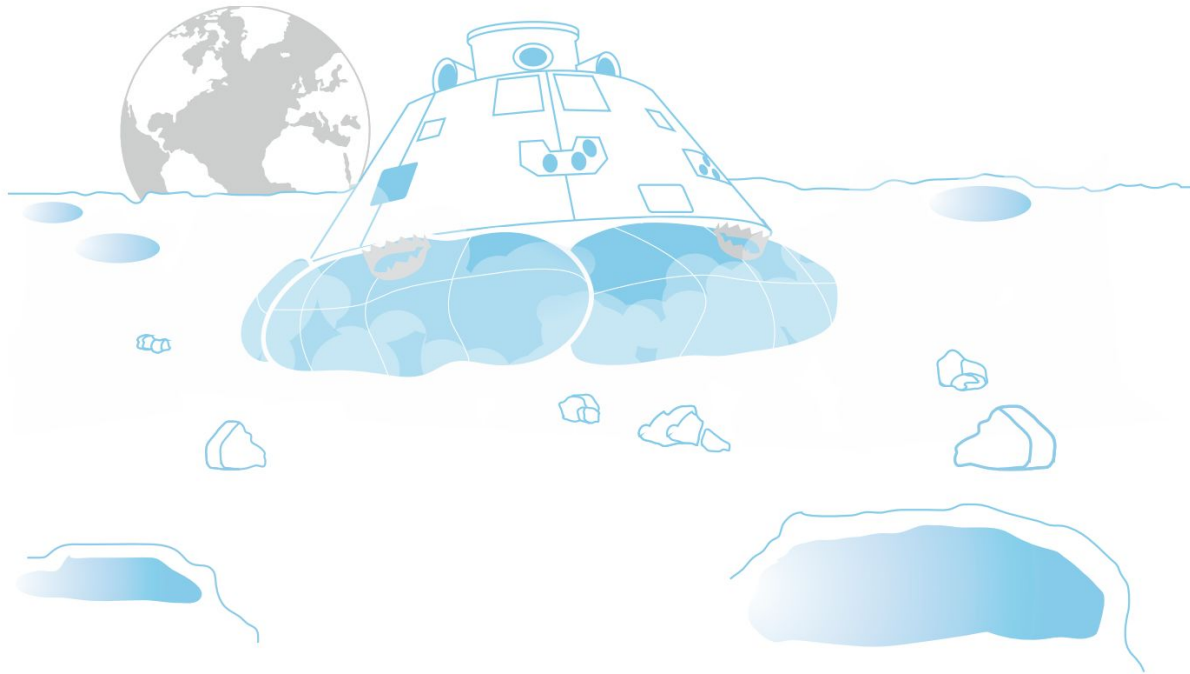


# LAND PÅ MÅNEN

Planlæg og design din egen månelander





## INDHOLD:

Hurtige fakta	s. 2
Resume af aktiviteter	s. 3
Aktivitet 1: Design og byg en månelander	s. 5
Aktivitet 2: Test din månelander	s. 9
Aktivitet 3: Land på Månen	s. 12
Links	s. 15
Bilag	s. 16

**Oversat og tilrettet af Dansk Selskab for Rumfartsforskning**

Original titel: Teach with Space – Landing on the Moon | P37

[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

ESA Education Office modtager gerne feedback og kommentarer på engelsk

[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

En ESA Education produktion i samarbejde med ESERO Nordic

Copyright 2018 © European Space Agency

# LAND PÅ MÅNEN

## Planlæg og design din egen månelander

### HURTIGE FAKTA

**Emner:** Fysik, matematik, økonomi

**Aldersniveau:** 14-16 år

**Aktivitetstype:** Elevaktivitet

**Sværhedsgrad:** Medium

**Lærerforberedelse:** 1 time

**Lektionstid:** 2 timer og 30 minutter

**Omkostninger:** lav (0-100 kr)

**Lokation:** Klasselokale og område med mulighed for at lade et æg falde 3-5 m (evt. udendørs).

**Keywords:** Fysik, matematik, økonomi, månelanding, tyngdekraft, luftmodstand, kræfter, acceleration, hastighed, Newtons love, budgetter, risikoanalyse.

### **Kort beskrivelse**

I dette sæt af tre aktiviteter skal eleverne planlægge, designe og bygge et landingsmodul, som kan bringe en besætningen (i form af en æggo-naut) sikkert til Månens overflade. Eleverne vil udforske hvilke faktorer man skal tage højde for, når man skal lande henholdsvis på Månen og på Jorden. Eleverne skal desuden inkludere risikofaktorer og budgettering i deres planlægning.

### **Læringsmål**

- Designe et projekt ved brug af budget og risikoanalyse.
- Arbejde som et hold under tidspres og med begrænset økonomi.
- Kunne identificere de kræfter, som er involveret når man skal lande på Jorden eller Månen.
- Forstå relationen mellem masse og tyngdekraft.
- Løse problemer ved brug af Newtons 2. lov.

## Resume af aktiviteter

Resume af aktiviteter					
	Titel	Beskrivelse	Udbytte	Krav	Tid
1	Design og byg et månelandingsmodul.	Design og byg et månelandingsmodul. lav en risikoanalyse og læg et budget.	Lær at designe projekter med fastsat budget. Lær at udføre en risikoanalyse.	Ingen	1 time
2	Test dit månelandingsmodul.	Test dit månelandingsmodul og analyser resultaterne.	Lær at udføre test på eget design og at indsamle data. Udregn accelerationen og hastigheden af månelandingsmodulet under landingen.	Færdiggør aktivitet 1	1 time
3	Land på Månen.	Sammenligning af en landing på Jorden i forhold til en landing på Månen.	Lær om forskelle mellem Månen og Jorden. Tegn kraftdiagrammer og udregn tyngdeaccelerationen.	Færdiggør aktivitet 2	30min

## Introduktion

I 1969 blev Apollo 11 den første bemandede mission, der landede på Månen. Efter en fire dages rejse fra Jorden frigjorde landingsmodul (kaldet "The Eagle") sig fra kommandomodul og landede på et relativt jævnt område kaldet Mare Tranquillitatis. Landingsmodul blev styret manuelt for at undgå store klipper og kraterer. "Houston, Tranquillity Base here. The Eagle has landed." Disse ord markerede en ny æra i menneskets udforskning af rummet.

Apollo 12 (den anden bemandede mission, der landede på Månen) var en øvelse i at lande præcist, og det meste af landingen var automatisk. Det at lande præcist er vigtigt, fordi det muliggør at man kan lande det samme sted hver gang og fordi de interessante landingssteder ofte også er de farligste, med kraterer, sten, ujævnt terræn og derfor sværere at lande i. At lande på Månen er meget vanskeligt. Bl.a. skal landingsmodul sænke farten fra 6000 km/t i kredsløb om Månen til få km/t for at lande blødt på overfladen.

Kun 12 mennesker har nogensinde gået på Månen og sidste gang var i 1972. Den Europæiske Rumfartsorganisation (ESA) planlægger, i samarbejde med sine partnere, at vende tilbage til Månen med robotter og mennesker i de næste årtier.

I de følgende tre aktiviteter vil eleverne designe et landingsmodul og lære om nogle af udfordringerne ved at lande på Månen.



Figur 1: Kunstners bud på design af et månelandingsmodul.

## Aktivitet 1: Design og byg et månelandingsmodul

I denne aktivitet skal eleverne designe og bygge et månelandingsmodul ved hjælp af simple materialer. Målet er at designe et månelandingsmodul, som kan bringe en æggo-naut sikkert til Månens overflade. Elevernes skal tænke over risici under en bemanded månelanding og udføre en risikoanalyse og et designstudie. Som en del af risikoanalysen skal eleverne identificere tre primære risici og foreslå en strategi til hvordan hver risiko kan undgås.

### Materialer:

- Elevarbejdsark (1 pr. gruppe)
- A4 Papir
- Sugerør
- Skumfiduser
- Vat-rondeller
- Ispinde/pinde
- Plastikposer
- Snor
- Tape
- Sakse
- Balloner
- Æg (1 pr. gruppe)
- Køkkenvægt

### Øvelse

Inddel klassen i grupper af 3-4 elever og giv hver gruppe et elevarbejdsark. Forklar eleverne at den Europæiske Rumfartsorganisation ESA har givet dem en mission om at bygge et månelandingsmodul. Forklar at nedenstående krav skal opfyldes:

- Landingsmodulet skal bestå en test på Jorden og æggo-nauten skal overleve.
- Budgettet på maksimalt 1 milliard DKK må ikke overskrides.
- Landeren skal lande så tæt som muligt på det angivne landingsområde.
- Eleverne skal udfylde en risiko- og designanalyse før konstruktion påbegynde.
- Der må udelukkende benyttes materialer som der budgetteres for.
- Eleverne har 45 minutter til at løse opgaven.

Eleverne må selv bestemme om de vil holde deres design hemmeligt eller om de vil hjælpe andre grupper. Hver gruppe skal dog i sidste ende præsentere et unikt design.

Før eleverne begynder deres arbejde, bør du hjælpe dem med at overveje nogle af udfordringerne ved at lande på Månen. Spørg f.eks. eleverne om afstanden til Månen, hvordan atmosfærens sammensætning (eller mangel på atmosfære) indvirker på landingen, og hvor vigtigt det er at lande præcist.

Giv eleverne en liste med materialer og deres pris (Findes i bilag 1). Hvert hold tildeles et budget på 1 milliard DKK. Dette budget skal dække omkostningerne for materialer og for raketopsendelsen som koster yderligere 1 million DKK pr. gram som landeren og æggo-nauten vejer. For at gøre øvelsen henholdsvis lettere eller sværere kan du introducere en pludselig sponsor eller en varsling af nedskæringer i budgettet.

## Designfasen

Før eleverne begynder at bygge landingsmodulet skal de udfylde risikoanalysen i deres elevarbejdsark. I en risikoanalyse evaluerer man både sandsynligheden for at en situation opstår og konsekvensen, hvis den gør. Der er risici i både planlægningen af designet, under konstruktionen af landingsmodulet, under transport og under test af landingsmodulet. I elevarbejdsarket findes en risikoanalyse-matrix og en liste med mulige risici for denne mission. Brugen af en risikoanalyse-matrix er udbredt inden for mange forskellige brancher. Eleverne skal indsætte de forskellige risici (1-13) i matricen og gruppen skal brainstorme om der er flere risici, som ikke allerede er nævnt. Eleverne skal vælge tre risici, som de anser for mest alvorlige, og finde på strategier for at undgå at de sker eller som reducerer indvirkningen hvis de gør. Dette kaldes en mitigationsstrategi. Et eksempel fra hverdagen kan være: "der er risiko for at der er morgentrafik og jeg kommer for sent i skole", en mitigationsstrategi kunne i dette tilfælde være "jeg tager afsted 10 minutter tidligere".

Eleverne skal diskutere løsningsmuligheder og forsøge at designe den sikreste månelander med de midler de har til rådighed. Eleverne skal tegne en skitse af deres ide og udarbejde et budget (findes i deres elevarbejdsark). Forklar at denne proces er sammenlignelig med en virkelig rummission: Alle materialer er nøje udvalgt og budgetteret for, og intet er efterladt til tilfældighederne.

## Konstruktionsfasen

Nu er tiden kommet til at eleverne bygger deres månelandingsmodul. De vil formentlig opleve at nogle af deres beslutninger og design-ideer har et andet resultat end de havde forestillet sig. For at øge sværhedsgraden kan du øge priserne på materialer med 10 %, hvis eleverne ønsker at ændre deres design i konstruktionsfasen. Det samme gælder hvis et materiale går i stykker under konstruktionsfasen.

Lad eleverne navngive deres månelandingsmodul (og deres æggo-naut). Når månelandingsmodulerne er færdige skal de vejes for at finde prisen på raketopsendelsen. Den endelige totale pris skal være lavere end 1 milliard kr. (inklusive både materialer og raketopsendelse-omkostningerne).

## Resultater

Herunder viser vi et eksempel på hvordan risikoanalyse-matricen kan udfyldes. Eleverne vil muligvis vurdere de forskellige risici anderledes og deres svar vil afhænge af hvordan de anskuer missionen og dens målsætninger. Der er intet rigtigt eller forkert svar.

Eksempler på risici:

1. Vi lander ikke der hvor vi burde
2. Der er pludselige ændringer i de stillede krav
3. Æggo-nauten omkommer
4. Der er pludselige ændringer i mængden af penge til rådighed
5. Essentielle materialer bliver udsolgt
6. Essentielle materialer viser sig at være for dyre
7. Månelandingsmodulet bliver meget tung
8. En anden gruppe har et bedre og billigere design
9. Vi må ændre designet flere gange hvilket gør at månelandingsmodulet koster mere end budgettet tillader
10. Vi bliver forsinket og når ikke tidsfristen
11. Månelandingsmodulet bliver skadet under test
12. Månelandingsmodulet bliver skadet under transport
13. Månelandingsmodulet bliver skadet under den endelige landing

		Konsekvenser				
		Uden betydning	Lille	Moderat	Stor	Katastrofalt
Sandsynlighed	Meget sandsynligt		månelandingsmodulet bliver skadet under test	Vi lander ikke der hvor vi burde		
	Sandsynligt		En anden gruppe har et bedre og billigere design	Vi bliver forsinket og når ikke tidsfristen	Der er pludselige ændringer i de stillede krav	Æggo-nauten omkommer
	Muligt		månelandingsmodulet bliver skadet under transport	månelandingsmodulet bliver meget tung	Der er pludselige ændringer i mængden af penge til rådighed	månelandingsmodulet bliver skadet under den endelige landing
	Usandsynligt				Essentielle materialer viser sig at være for dyre	Vi må ændre designet flere gange hvilket gør at månelandingsmodulet koster mere end budgettet tillader
	Sjældent				Essentielle materialer bliver udsolgt	



**Risiko 1:** Æggo-nauten omkommer

**Mitigationsstrategi:** Stol ikke på kun én mekanisme i designet. Test månelandingsmodulet ved stigende højde før den endelige test-landing. Test månelandingsmodulet uden æggo-nauten.

**Risiko 2:** Vi må ændre designet flere gange hvilket gør at månelandingsmodulet koster mere end budgettet tillader

**Mitigationsstrategi:** Design en lander med penge til overs før konstruktionen påbegyndes.

**Risiko 3:** Der er pludselige ændringer i de stillede krav

**Mitigationsstrategi:** Design skal kunne ændres sent i konstruktionsfasen. Stol ikke på kun én mekanisme i designet. Design et månelandingsmodul med penge til overs før konstruktionen påbegyndes.

## Diskussion

Denne aktivitet bør give eleverne et indblik i hvor vigtigt det er at identificere risici, samt deres sandsynlighed og konsekvenser. Eleverne bør indse vigtigheden af at planlægge og lave et budget for et (rumfarts-) projekt før konstruktion påbegyndes.

Du kan bruge denne aktivitet til at diskutere hvilke farer der findes ved menneskelig udforskning af rummet som ikke finde ved missioner med robotter. Diskuter f.eks. risikoen for at en astronaut mister livet vejet op imod prisen for missionen. Bør vi overhovedet sende mennesker i rummet? Kan vi ikke udforske udelukkende med robotter?

Før du påbegynder aktivitet 2 (test af månelandingsmodulet) skal du sikre dig at klassen har en klar forståelse for hvordan en succesfuld landing ser ud. Er det en succes hvis æggo-nauten har små ridser? Skal månelandingsmodulet kunne lande mere end én gang?

## Aktivitet 2: Test dit månelandingsmodul

I denne aktivitet skal eleverne teste deres månelandingsmoduler ved at lade dem falde 3-5 m og se om æggo-nauten overlever landingen. Eleverne skal beskrive landings-betingelserne og overveje andre faktorer, der kan influere på deres resultater. Eleverne kan også filme deres landing og senere benytte et video-analyseværktøj til at udregne accelerationen.

### Materialer:

- Arbejdsark (1 pr. gruppe)
- Egen månelander (fra aktivitet 1)
- (valgfrit) Kamera/smartphone og trefod (se bilag 3)
- (valgfrit) Video-analyseværktøj (se bilag 3)

### Øvelse 1

Før testene påbegyndes skal eleverne notere landings-betingelserne (hårdheden af landingsområdet, vejrforhold etc.). Det er vigtigt, at der er samme betingelser for alle tests.

Marker et landingsområde for test-landingen på jorden/gulvet. Du kan markere med et kryds af tape eller du kan tegne en målskive med ringe, der markere afstanden fra centrum. Noter resultaterne af hver test (tabel findes i bilag 2). De succesfulde månelandingsmoduler kan testes igen fra stigende højder, hvis tiden tillader det. Succesfulde månelandingsmoduler er bygget således at de afbøder stødet (f.eks. med puder eller balloner) eller således at energien i sammenstødet med jorden/gulvet fordeles ud igennem strukturen.

Du kan kåre det bedste månelandingsmodul ud fra følgende kriterier:

- Højde på testlanding, som månelandingsmodulet kunne modstå.
- Præcision i landingen (hvor tæt på landingsmålet månelandingsmodulet endte).
- Prisen på månelandingsmodulet.
- Hvor godt det færdige månelandingsmodul fulgte det oprindelige design og budget.
- Teamwork, planlægning og kommunikation i gruppen.

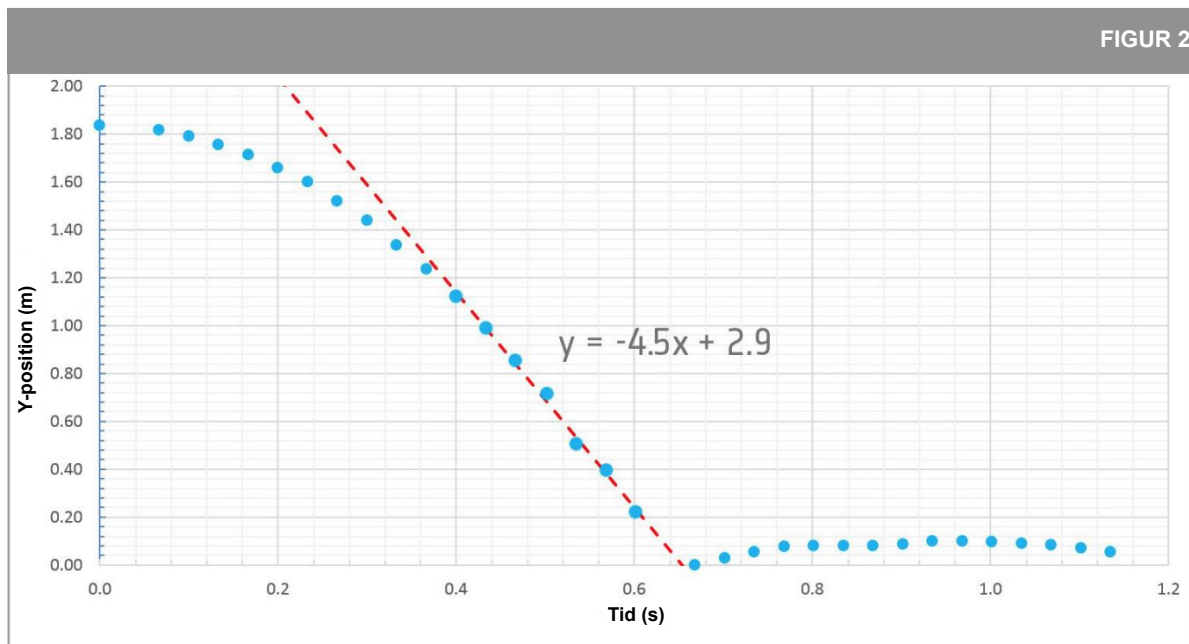
Eleverne kan præsentere deres projekt til resten af klassen, hvis tiden tillader det. De bør analysere hvor godt deres plan virkede og evaluere på hvad de ville have gjort anderledes med de informationer de har nu. Eleverne kan også analysere om der var eksterne faktorer, der havde indflydelse på deres test - f.eks. hvis testen var udendørs (vind, regn etc.) eller hvis underlaget var forskelligt under de forskellige tests (asfalt, sand, græs etc.).

## Øvelse 2

I øvelse 2 får du brug for position og hastighed af månelandingsmodulet som en funktion af tid. Se bilag 3 for en detaljeret forklaring på hvordan du kan måle disse parametre. Alternativt kan du benytte data fra vores test-eksempel (se bilag 3, tabel 1). I dette eksempel benyttes data fra tabel 1 (bilag 3). Hver elev har brug for en lommeregner, der kan tegne grafer eller en computer/smartphone med Excel eller lignende. Det er muligt at beregne hastigheden, i det øjeblik månelandingsmodulet rammer overfladen, enten ved hjælp af:

### 1. Lineær regression på en graf med position i y-aksens retning som funktion af tid:

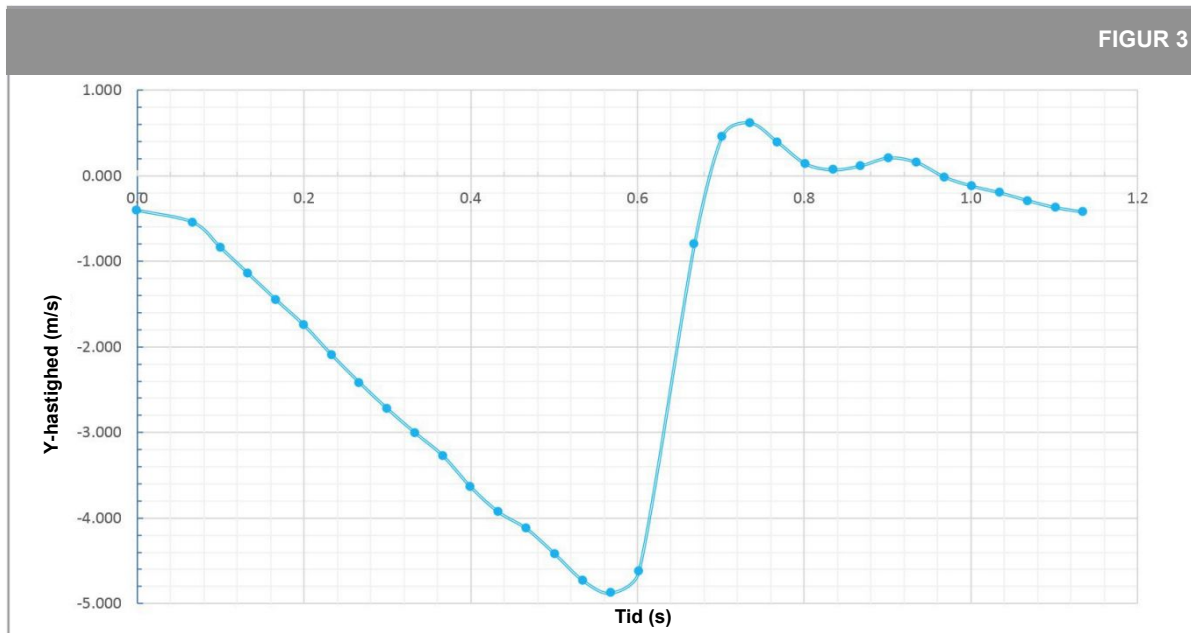
For at beregne den omtrentlige landingshastighed kan eleverne plotte positionen af månelandingsmodulet i y-aksens retning, som en funktion af tid. Fra dette plot kan de udføre lineær regression på datapunkterne lige før månelandingsmodulet rammer overfladen (5-10 sidste datapunkter). Hældningen på regressionslinjen svarer til den omtrentlige landingshastighed. I dette eksempel altså ca. 4.5 m/s. månelandingsmodulet har dog ikke opnået terminal hastighed og er derfor stadig ved at accelerere - denne metode er derfor kun en tilnærmelse.



Figur 2: Position i y-aksens retning vs. tid

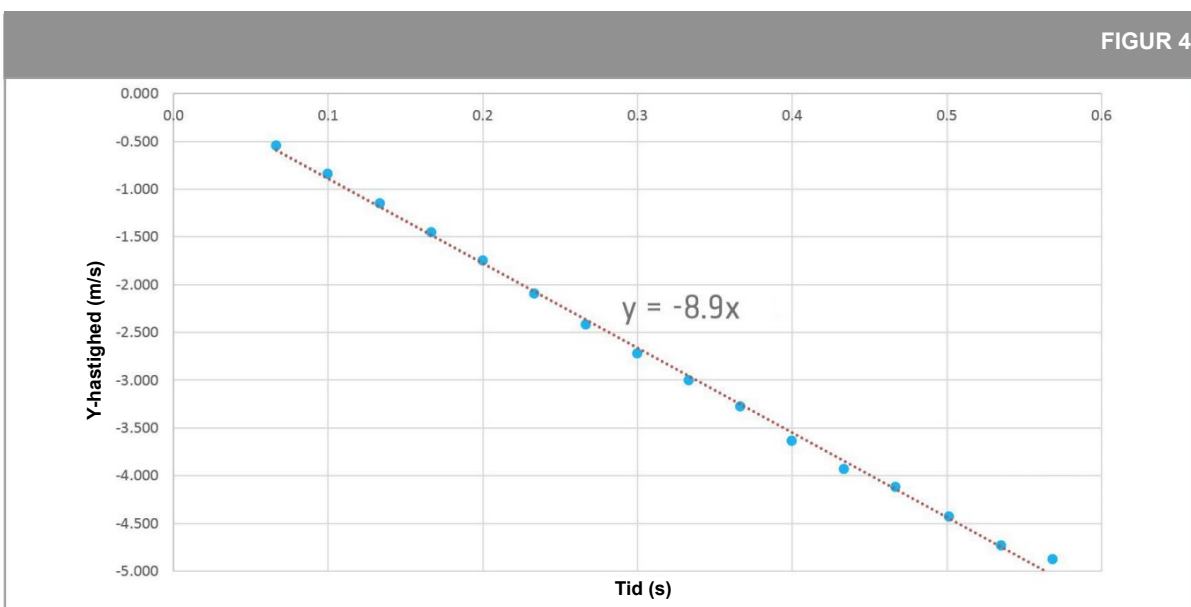
### 2. Aflæsning på en graf med hastighed i y-aksens retning som funktion af tid:

En anden metode til at finde hastigheden af månelandingsmodulet når det rammer overfladen er ved at plotte hastigheden i y-aksens retning som en funktion af tid. Den omtrentlige landingshastighed kan aflæses direkte af grafen - den svarer til værdien aflæst i det globale minimum på grafen. I figur 3 ser vi at månelandingsmodulet rammer overfladen med en hastighed mellem 4.8-4.9 m/s. Dette er omtrent den samme hastighed, som vi udregnede i spørgsmål 1. månelandingsmodulets hastighed bør øges under dens fald (medmindre den er bygget med et system som f.eks. en faldskærm).



Figur 3: Hastighed i y-aksens retning vs. tid

Eleverne kan udføre en lineær regression på grafen over hastigheden i y-aksens retning som en funktion af tid. Hældningen på regressionslinjen tilsvare accelerationen af månelandingsmodulet. Bruger vi data fra test-eksemplet (bilag 3, tabel 1) får vi en acceleration i y-retningen på  $y = -8.9x \text{ m/s}^2$  (se figur 4).



Figur 4: Lineær regression udført på grafen over hastighed i y-aksens retning vs. tid.

På jorden har vi en atmosfære hvilket resulterer i luftmodstand. Hvis månelandingsmodulet var blevet testet fra en højere højde, kunne eleverne have oplevet at månelandingsmodulet havde opnået terminal hastighed (konstant hastighed), hvor luftmodstanden er lig med tyngdekraften og månelandingsmodulet således ikke længere accelererer nedad.

## Aktivitet 3: Land på Månen

I denne aktivitet skal eleverne sammenligne en landing på Jorden med en landing på Månen. De skal undersøge hvilke forskellige faktorer, der har indflydelse på en landing på Jorden og på Månen og tegne et kraftdiagram. Efter deres analyse vil eleverne få mulighed for at re-designe deres månelandingsmodul baseret på det de har lært fra deres tests.

### Øvelse

Diskuter forskelle mellem Månen og Jorden. Hvilke faktorer har indvirkning på en landing i hvert tilfælde? Vejled eleverne til at diskutere faktorer som f.eks. betydningen af vinklen hvormed månelandingsmodulet ankommer til Månen eller Jorden og landingsområdets overflade og struktur.

1. Eleverne skal lave en liste med tre faktorer som vil have en indflydelse for landingen på Jorden og på Månen. Her er nogle eksempler til inspiration:

Landing på Jorden	Landing på Månen
1. Atmosfærens indflydelse	1. Ingen atmosfære
2. Landingsområdet (Hav, skov etc.)	2. Landingsområdet (kratere, sten, etc.)
3. Ankomst-hastigheden	3. Ankomst-hastigheden
4. Ankomst-vinklen	4. Ankomst-vinklen
5. Vejrforhold (storm, regn, kulde etc.)	5. Temperatur-variationer

Diskuter betydningen af de forskellige faktorer som eleverne har skrevet ned, f.eks.: Atmosfærens betydning. Hvad betyder det for en månelanding at der ikke er nogen atmosfære på Månen? En faldskærm ville ikke virke - måske man skal lande med en raketmotor eller en airbag? Omvendt er et varmeskjold en nødvendighed ved en landing på Jorden på grund af friktionen gennem Jordens atmosfære. Temperaturforskellene på Månens overflade er langt mere ekstreme end på Jordens overflade, så månelandingsmodulet skal kunne klare store temperatursvingninger.

2. For at løse spørgsmål 2 i arbejdsarket skal eleverne benytte formlen for tyngdeaccelerationen ( $g$ ) og Newtons 2. lov.

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

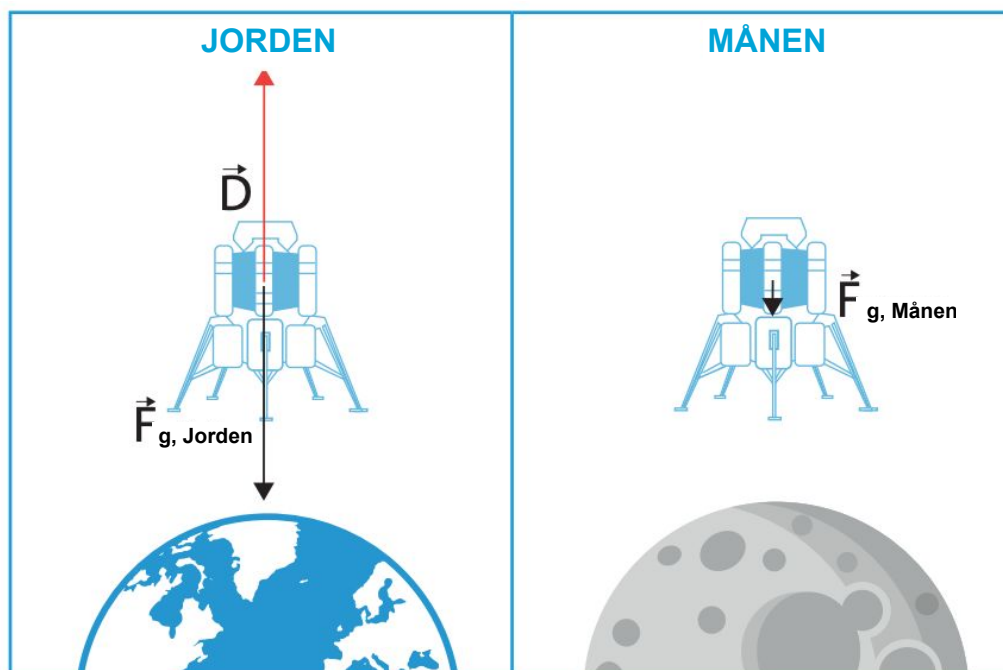
Hvor  $G$  er den gravitationelle konstant,  $m$  er massen af planeten (eller Månen) og  $r$  er radius af planeten (eller Månen).

$$F = m * a$$

Hvor  $F$  er kraften der virker på et objekt,  $m$  er massen af objektet og  $a$  er accelerationen af objektet.

Jorden	Månen
$g_{Jorden} = \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(6\,371\,000 \text{ m})^2}$ $g_{Jorden} = 9,81 \text{ ms}^{-2}$	$g_{Månen} = \frac{7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg} \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(1\,737\,000 \text{ m})^2}$ $g_{Jorden} = 1,62 \text{ ms}^{-2}$
<p>Antager at månelandingsmoduliet vejer 250 g</p> $F_{g, Jorden} = 9,81 \text{ ms}^{-2} * 0,25 \text{ kg}$ $F_{g, Jorden} = 2,45 \text{ N}$	$F_{g, Månen} = 1,62 \text{ ms}^{-2} * 0,25 \text{ kg}$ $F_{g, Månen} = 0,41 \text{ N}$

3. Eleverne skal nu tegne et kraftdiagram af månelandingsmoduliet under en landing på Jorden og Månen. Lad eleverne reflektere over deres resultater og diskuter om de når frem til at den gravitationelle acceleration er seks gange mindre på Månen end på Jorden?



Månen har ingen atmosfære (den er omgivet af vakuum). Derfor er tyngdekraften den eneste kraft, der virker på månelandingsmoduliet ( $F_{g, Moon}$ ). Vektoren for tyngdekraften vil være seks gange mindre på Månen end på Jorden (som også resultatet i spørgsmål 2). Jorden er derimod omgivet af en atmosfære og derfor udsættes månelandingsmoduliet for luftmodstand (Aerodynamic drag). Luftmodstanden ( $D$ ) afhænger af kvadratet på hastigheden af månelandingsmoduliet. Når hastigheden øges, stiger luftmodstanden også

indtil den er lige så stor som tyngdekraften. Når de er lige store er der ingen eksterne kræfter, der virker på månelandingsmodulet og den vil fortsætte sit fald med konstant hastighed.

4. Efter analysen i de foregående spørgsmål bør eleverne nu have en forståelse af de primære forskelle mellem en månelanding og en landing på Jorden. Diskuter igen muligheden for at benytte en faldskærm til at lande på Månen. Diskuter fordele og ulemper ved at bruge raketmotorer eller airbags til at lande. Spørg eleverne om de ville designe deres månelandingsmodul anderledes hvis missionen ikke var bemanded (ikke havde en æggo-naut). Relaterer til virkelighedens bemandede rumfartsforskning og forskelle mellem en bemanded og ubemanded mission.

## Konklusion

Eleverne bør konkludere at en månelanding er en svær bedrift som involverer mange risici og derfor bør tests udføres før en landing forsøges. De bør også konkludere at projektplanlægning, budgettering, risikoanalyse, design, tests og samarbejde er essentielt for enhver rummission. De bør konkludere at tests kun til en hvis grad kan efterligne de reelle betingelser under en landing på Månen og at de derfor må supplere testresultaterne med teoretisk viden om Månen og Jorden.

## Links

### ESA resourcer

#### Moon Camp Challenge

[esa.int/Education/Moon\\_Camp](http://esa.int/Education/Moon_Camp) Moon

#### Animationer om at rejse til Månen:

[esa.int/Education/Moon\\_Camp/Travelling\\_to\\_the\\_Moon](http://esa.int/Education/Moon_Camp/Travelling_to_the_Moon)

#### Undervisningsmateriale:

[esa.int/Education/Classroom\\_resources](http://esa.int/Education/Classroom_resources)

### ESA Månemissioner

#### SMART-1

<http://sci.esa.int/smart-1>

#### HERACLES

[https://www.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Exploration/Landing\\_on\\_the\\_Moon\\_and\\_returning\\_home\\_Heracles](https://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Exploration/Landing_on_the_Moon_and_returning_home_Heracles)

### Ekstra information

#### ESA's interaktive Måne guide

<http://lunarexploration.esa.int/#/intro>

#### Hvordan man benytter "Tracker" programmet - Vejledning 1

[https://www.youtube.com/watch?v=JhI-\\_gIsE6o](https://www.youtube.com/watch?v=JhI-_gIsE6o)

#### Hvordan man benytter "Tracker" programmet - Vejledning 2

<https://www.youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y>



## Bilag 1

### Aktivitet 1: Design og byg en månelander

#### Obligatoriske omkostninger:

Opsendelsesomkostninger 1 million DKK per gram

#### Konstruktionsmaterialer:

1 stk A4 papir	50 millioner DKK
1 sugerør	100 millioner DKK
1 skumfidus	150 millioner DKK
1 ispind	100 millioner DKK
1 plastikpose	200 millioner DKK
1 m snor	100 millioner DKK
1 m tape	200 millioner DKK
1 ballon	200 millioner DKK

Det er tilladt at købe f.eks. ½ m snor eller tape, mens papir/sugerør/skumfiduser etc. skal købes hele.

## Bilag 2

### Aktivitet 2: Test dit månelandingsmodul

månelandingsmodul (navn)	Højde af test-drop	Afstand fra landingsområde (cm)	Pris (millioner DKK)

## Bilag 3

### Aktivitet 2: Test dit månelandingsmodul

Denne del af aktivitet 2 kan udføres som en demonstration for klassen eller, hvis tiden tillader det, kan du lade eleverne udføre dataopsamlingen selv. Hvor vidt eleverne selv kan udføre dataopsamlingen afhænger bl.a. af deres adgang til computere eller smartphones.

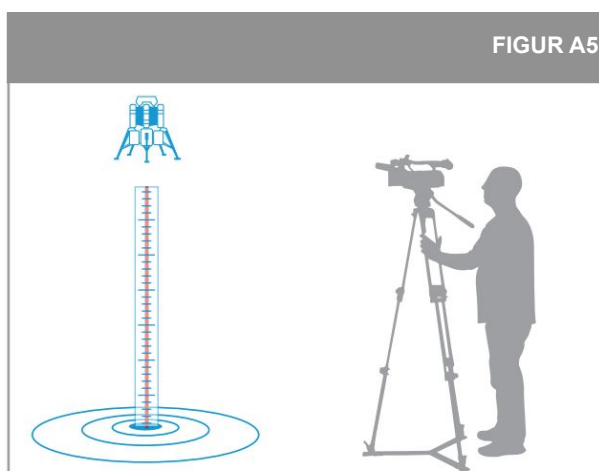
I analysen af test-landingen benyttes et video-motion værktøj. Der findes flere værktøjsprogrammer online - nogle er open source, mens andre koster et mindre beløb. Vi foreslår brug af:

- "Tracker" som er gratis at downloade fra <http://physlets.org/tracker/> og er velegnet til brug på computer
- Appen "Video Physics" i kombination med appen "Graphical" (begge findes til Android og iOS) og er ideelle til brug på tablets eller smartphones.

Hvis eleverne ikke har adgang til computer/smartphone eller til et tracker program kan du udføre eksperimentet som en demonstration og uddele data til eleverne.

### Setup

1. Brug en meter-lineal som reference ved siden af landingsområdet.
2. Placer kameraet således at landingsområdet og referencen er indenfor samme billede.
3. Hold kameraet stille - brug ideelt en trefod
4. Lad månelandingsmodul falde parallelt med reference-linealen i samme afstand fra kameraet.



Figur A5: Testlanding opstilling



Figur A6: Eksempel af tracking fra ca. 2 m højde

5. Track månelandingsmodul under dets fald. Sæt markør-prikker manuelt.
6. Gem dine data.

## Eksempeldata fra testlanding

Tid (s)	Y-position (m)	Y-hastighed (m/s)
0.000	1.84	-0.406
0.067	1.82	-0.547
0.100	1.79	-0.843
0.133	1.76	-1.148
0.167	1.71	-1.453
0.200	1.66	-1.748
0.233	1.60	-2.096
0.267	1.52	-2.420
0.300	1.44	-2.725
0.333	1.34	-3.006
0.367	1.24	-3.274
0.400	1.12	-3.638
0.433	0.99	-3.931
0.467	0.86	-4.123
0.502	0.71	-4.428
0.535	0.51	-4.734
0.568	0.40	-4.877
0.602	0.22	-4.623
0.668	0.00	-0.798
0.702	0.03	0.457
0.735	0.06	0.614
0.768	0.08	0.386
0.802	0.08	0.135
0.835	0.08	0.066
0.868	0.08	0.115
0.902	0.09	0.207
0.935	0.10	0.151
0.968	0.10	-0.019
1.002	0.10	-0.125
1.035	0.09	-0.201
1.068	0.08	-0.294
1.102	0.07	-0.375
1.135	0.06	-0.426

## Bilag 4

### Pengesedler til køb af materialer



## Risikoanalyse

Når du skal designe en rummission er der to primære parametre du altid er nødt til at planlægge efter: Risici og omkostninger. I denne mission er det vigtigste mål at holde æggo-nauten i live under landingen på Månen, men du er nødt til at designe et Månelandingsmodul som er billig for at vinde kontrakten hos ESA. Du skal derfor finde ud af, hvordan du kan bygge det sikreste Månelandingsmodul, for færrest penge. Udfør risikoanalysen herunder: Placer risici fra listen i risikoanalyse-matricen afhængigt af deres sandsynlighed og deres konsekvenser.

		Konsekvens					<b>Mulige risici:</b> 1. Vi lander ikke der hvor vi burde 2. Der er pludselige ændringer i de stillede krav 3. Æggo-nauten omkommer 4. Der er pludselige ændringer i mængden af penge til rådighed 5. Essentielle materialer bliver udsolgt 6. Essentielle materialer viser sig at være for dyre 7. Månelandingsmodulet bliver meget tung 8. En anden gruppe har et bedre og billigere design 9. Vi må ændre designet flere gange hvilket gør at månelandingsmodulet koster mere end budgettet tillader 10. Vi bliver forsinket og når ikke tidsfristen 11. Månelandingsmodulet bliver skadet under test 12. Månelandingsmodulet bliver skadet under transport 13. Månelandingsmodulet bliver skadet under den endelige landing
		Ligegyldig	Lille	Moderat	Stor	Katastrofal	
S a n d s y n l i g h e d	Stor sandsynlighed						
	Sandsynligt						
	Muligt						
	Usandsynligt						
	Sjældent						

Vælg tre af de største risici og skriv en mitigationsstrategi (risikoen forebygges ved):

1) Risiko #: \_\_\_\_\_ Mitigationsstrategi: \_\_\_\_\_

2) Risiko #: \_\_\_\_\_ Mitigationsstrategi: \_\_\_\_\_


3) Risiko #: \_\_\_\_\_ Mitigationsstrategi: \_\_\_\_\_

## Designanalyse

Navn Månelandingsmodul: \_\_\_\_\_

Navn æggo-naut: \_\_\_\_\_

Tjek hvilke materialer I har til rådighed. Tegn en skitse af Månelandingsmodulet. Diskuter hvordan de forskellige dele og materialer beskytter æggo-nauten. Lav et budget for landingsmodulet baseret på priserne for hvert materiale. Glem ikke at inkludere prisen på raketopsendelsen.



Materiale	Pris pr. stk.	Mængde	Pris
<b>Resume:</b>			
Landingsmodulets pris			
Total masse			
Opsendelses pris			
Total pris			

# LAND PÅ MÅNEN

## Planlæg og design dit eget månelandingsmodul

### Aktivitet 1: Design og byg et månelandingsmodul

ESA har brug for din hjælp! Byg et månelandingsmodul, som kan bringe en æggo-naut sikkert til Månens overflade.

#### Øvelse

##### Din mission:

Design og byg en lander, der kan bringe en æggo-naut sikkert til Månens overflade

##### Din lander skal opfylde følgende krav:

- Månelandingsmodulet skal bestå en test på Jorden og æggo-nauten skal overleve.
- I skal bygge månelandingsmodulet så billigt som muligt og for maksimalt 1 milliard DKK.
- Månelandingsmodulet skal lande så tæt som muligt på det angivne landingsområde.
- I skal udføre en risiko- og designanalyse før I kan begynde konstruktionen.
- I må kun bruge de materialer som I har budgetteret for.
- I har 45 minutter til at aflevere risiko- og designanalyse og det færdigbyggede månelandingsmodul.

Ligesom i virkelighedens rumindustri konkurrerer og/eller samarbejder du med andre organisationer (andre grupper) for kontrakten med ESA.

#### Vidste du at?

Apollo-programmet, som sendte mennesker til Månen mellem 1969-1972, kostede 25.4 milliarder dollars! Det svarer til mere end 200 milliarder dollars i dag. I 2018 var ESAs totale budget på 5,6 milliarder €. I dag bruger vi stadig en del af den infrastruktur og teknologi, som blev udviklet i 1960'erne: Test-faciliteter, affyringsramper, kontrolcentre, ingeniørkunderskaber, materialer etc. I dag er det heller ikke kun USA og USSR, der vil til Månen: Nationale rumagenturer og rumindustrien verden over arbejder sammen om at opnå et mere bæredygtigt Måneudforskningsprogram.

Buzz Aldrin på vej ned på Månens overflade fra landingsmodulet "The Eagle". Kilde: NASA





## Aktivitet 2: Test dit månelandingsmodul

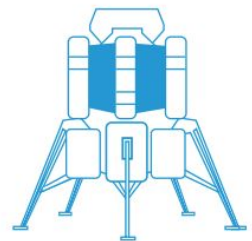
### Øvelse 1

1. Skriv betingelserne for test-landingen ned (vind og vejrforhold, landings områdets sammensætning etc.)

---

---

Forbered din æggo-naut på testen og tæl ned: Klar, Parat, Start!!



2. Overlevede din æggo-naut testen?

Ja \_\_\_\_\_, Nej \_\_\_\_\_

3. Hvor langt fra centrum af landingsområdet landede dit månelandingsmodul?

\_\_\_\_\_ cm

4. Evaluer din designplan. Hvad ville du have gjort anderledes?

---

---

5. Efter at have testet alle månelandingsmodulerne, hvor mange procent af æggo-nauterne overlevede?

\_\_\_\_\_ %

6. Efter at have testet alle månelandingsmodulerne, hvad er fællestræk hos de månelandingsmoduler hvor æggo-nauten overlevede?

---

---

---

---

## Øvelse 2

I denne øvelse får du brug for at kende månelandingsmodulets position på vej mod overfladen som funktion af tid.

1. Udregn landingshastigheden ved at tegne en graf af månelandingsmodulets position (y-aksen) som en funktion af tid (x-aksen).

2. Plot hastigheden i y-retningen som funktion af tid. Estimer landingshastigheden fra plottet. Er det den samme værdi som du udregnede i spørgsmål 1? Forklar en evt. forskel.

---

---

3. Benyt grafen for hastighed i y-retningen som funktion af tid til at beregne accelerationen af månelandingsmodulet i y-retningen.

4. Tyngdeaccelerationen på Jorden er  $9.8 \text{ m/s}^2$ . Forklar hvorfor du ikke får dette resultat:

---

---

---

---

## Aktivitet 3: Land på Månen

### Øvelse 1

Nu er tiden kommet til at lande på Månen. Du har testet dit månelandingsmodul på Jorden, men hvad vil der ske når den skal igennem sin endelige test på Månen?

1. Der er flere forskelle mellem en landing på Jorden og på Månen. Nævn tre faktorer, der har indflydelse på en landing på Jorden og tre faktorer, der har indflydelse på en landing på Månen:

Landing på Jorden	Landing på Månen
1.	1.
2.	2.
3.	3.

2. Tyngdeaccelerationen ( $g$ ) udregnes efter følgende formel:

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

Hvor  $m$  er massen af planeten (eller Månen),  $G$  er gravitationskonstanten og  $r$  er radius af planeten (eller Månen).

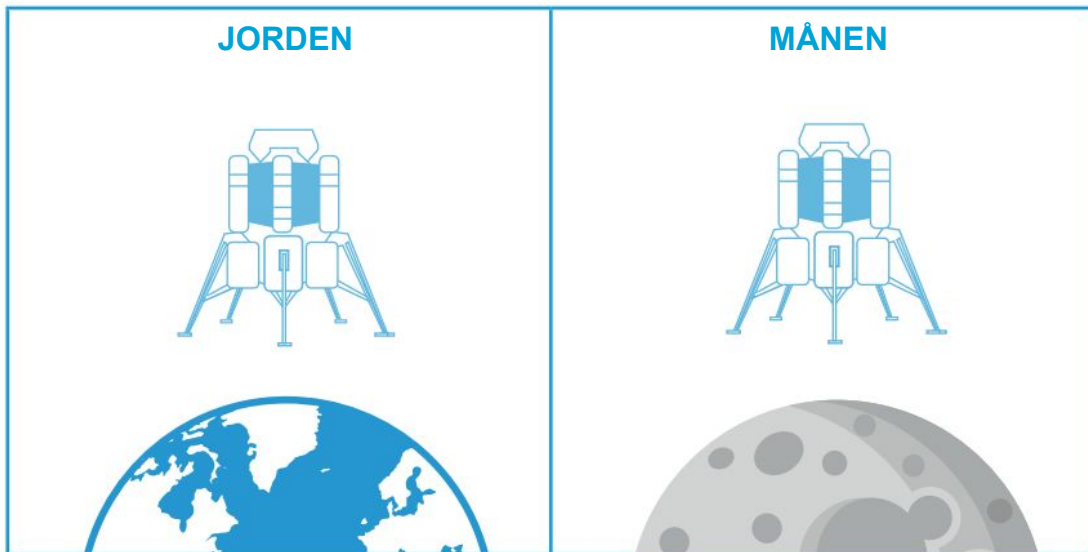
Benyt værdierne herunder til at besvare spørgsmål a) og b):

$G = 6.67408 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$	
$r_{\text{Månen}} = 1737 \text{ km}$	$m_{\text{Månen}} = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$
$r_{\text{jorden}} = 6371 \text{ km}$	$m_{\text{jorden}} = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$

a) Udregn den gravitationelle acceleration på Jorden og på Månen

b) Brug Newton's 2. lov ( $F = m \cdot a$ ) til at udregne  $F_g$  på Jorden og Månen.

3.a) Tegn de kræfter, der virker på månelandingsmodulet på Jorden og på Månen:



b) Forklar dit kraftdiagram:

---

---

---

---

4. Hvordan kan du ændre dit design af månelandingsmodulet så modulet er bedre tilpasset til at lande på Månen?

---

---

---

---