

LÆRERVEJLEDNING

Kære lærer

Vi har bygget et spil, som er en simulation af en raketopsendelse op til Den Internationale Rumstation ISS. At det både er et spil og en simulation på samme tid, giver den fordel, at eleverne bliver motiverede til at prøve det igen og igen, mens de får konkret viden. Fælles Mål 2014 giver desuden mange muligheder for at bruge spillet i undervisningen.

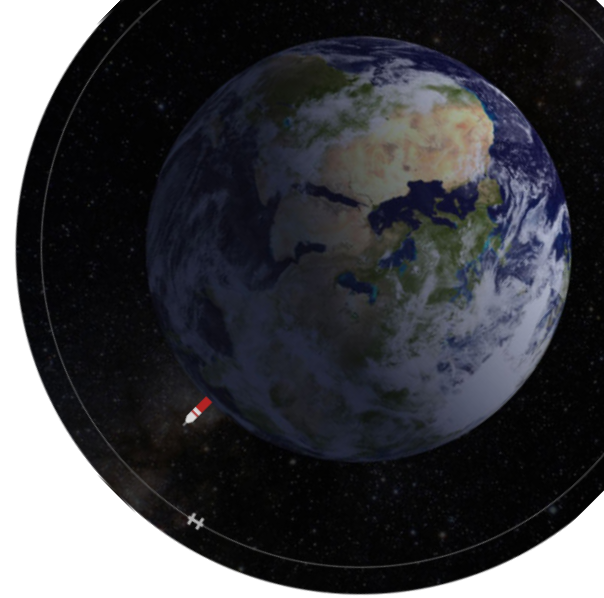
Denne vejledning indeholder:

- Formål og delmål med spillet.
- Spillets opbygning og pointgivning.
- Hvilke emner man kan gennemgå i forbindelse med spillet.
- Idéer til evalueringsformer.
- Lidt om fysikken bag simulationen.
- Idé til længere forløb: Brug af Kerbal Space Program.
- Hvilke dele af Fælles Mål 2014 opfylder spillet og arbejdsformen.

Formål og delmål med spillet

Det er ikke let at sende mennesker og udstyr ud i rummet. Det kræver mange menneskers indsats at sende bare en enkelt raket op. Vi forsøger i dette spil at vise nogle enkelte dele af denne udfordrende proces og den grundlæggende fysik bag en raket. Overordnet set er formålet med spillet at sætte fokus på fysikken i at sende mennesker og udstyr ud i rummet. Med spillet, og de tilhørende videoer, formidler vi følgende delmål:

- En raket er opdelt i trin.
- En raket fungerer efter 'Newtons tredje lov - aktion lig reaktion'.
- En raket bevæger sig i et kredsløb om Jorden.
- Forskellige kredsløbshøjder har forskellige omløbstider.
- Hvordan et rumfartøj bevæger sig fra et kredsløb til et højere kredsløb.
- Hvad det vil sige at være vægtløs (videomaterialet).
- Hvordan satellitter holder sig i kredsløb om Jorden.
- Hvad en geostationær satellit er (videomaterialet).



Spillets opbygning og pointgivning

Spillet er bygget op efter en 'sandbox'-struktur, hvilket groft sagt betyder, at der er fri leg. Det er meningen, at eleverne skal prøve sig frem til en løsning. Og lad det være sagt med det samme: Der er mange løsninger. En gennemspilning vil dog hurtigt vise, at det er nødvendigt med en trin-opdelt raket, og at man nøje skal overveje massens fordeling på de forskellige trin. Spillet giver feedback gennem pointsystemet. Alle spil afsluttes med, at spillerens point lægges sammen. På den måde viderefremmes:

- At nyttelast (payload) er dyrt at få op til rumstationen, men at det er nyttigt at få mad, udstyr og satellitter ud i kredsløb om Jorden. Derfor giver mere nyttelast flere point.
- At brændstof koster mange penge, derfor betyder mere brændstof færre point.
- At tidsforbruget er en vigtig faktor, og at en kortest mulig mission giver flere point.

Emner der kan arbejdes med i forbindelse med spillet

- Hvordan en raket virker.
- Satellitter og kommunikation.
- Kredsløbstyper; fx. lave jordkredsløb, polære kredsløb eller geostationære kredsløb.
- Satellitter og kredsløb omkring Jorden.
- Den Internationale Rumstation.
- Afstande i rummet sammenlignet med modellen - er modellens størrelser på kredsløb og raket f.eks. realistiske?
- Hvor meget man i en rigtig raket transporterer med op som nyttelast (f.eks. astronauter eller satellitter)
- Hvor meget det koster at sende bare én enkelt raket op.
- Samfundsøkonomien i rumfart - giver det mening? (eller sagt på en anden måde - hvordan tror du din hverdag ville være uden rumfart? Se mere på: https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2008/tech_benefits.html)
- Prøv at opsætte raketten så godt du kan efter Soyuz-fartøjet, Andreas Mogensen skal op med. Kan du gøre det bedre?
- G-påvirkning. Hvad er det? Hvor mange g-kræfter er astronauterne udsat for under turen op til ISS? Og hvordan påvirker det astronauternes kroppe?
- Eleverne kan desuden lære om raketprincippet ved at bygge vandraketter eller lignende. Besøg fx www.testoteket.dk og søg på raket. Der finder du også udførlige vejledninger og henvisninger til trinmål i Fælles Mål 2014.
- Vil du gerne bruge endnu mere tid på at bygge simulerede raketter, kan vi varmt anbefale spillet Kerbal Space Programme til særligt interesserede elever: <https://kerbalspaceprogram.com/dk/>

Forslag til evalueringsformer

- En demonstration af en gennemspilning med afprøvede indstillinger for rakettrin/brændstof/kraft og med løbende forklaringer af, hvad der sker.
- En demonstration af dele af spillet hvor enkeltdele kan vises med demonstrationsforsøg af fx impulsbevarelse (fx to der skubber til hinanden på hver sit skateboard) eller et forsøg med jævn cirkelbevægelse).
- En gennemgang af et af emnerne fra de korte videoer, hvor eleverne skal forklare videoens indhold med egne ord.
- En konkurrence for elevgrupper hvor det gælder om at få flest mulige point i spillet.

For hvert enkelt vist billede i simulationen, og dem er der ca. 60 af per sekund, udfører computeren en række beregninger. For det første tages der hele tiden hensyn til tyngdekraften ned mod planeten, som vi starter raketten fra. Forbrændingen af brændstof sker med impulsbevarelse, der fortæller os, at impulsen fra raketens brændstof (massen ganget med hastigheden) er den samme men modsatrettet den impuls, raketten vinder ved

forbrændingen (raketts masse ganget med raketts vundne hastighed). I spillet omdanner vi hvert kg. brændstof, man tager med op i raketten til en partikel. Denne partikel kastes bagud efter Newtons tredje lov, altså princippet om at enhver aktion har en modsatrettet reaktion. En partikel, der stødes bagud, skubber altså raketten lige så meget i den modsatte retning. Der tages hensyn til, at raketten bliver lettere og lettere, for hvert partikel der kastes af.

For at nå rumstationen og komme i kredsløb, er det nødvendigt at opbygge en flertrinsraket.

Afstande, masser og forhold

Modellen er selvfølgelig ikke virkelighed. Spillet er sat op, så en 1 trins-raket ikke kan lette fra Jordens overflade, mens en raket i flere trin kan. Der er flere begrænsninger i modellen. Den vigtigste er skaleringen.

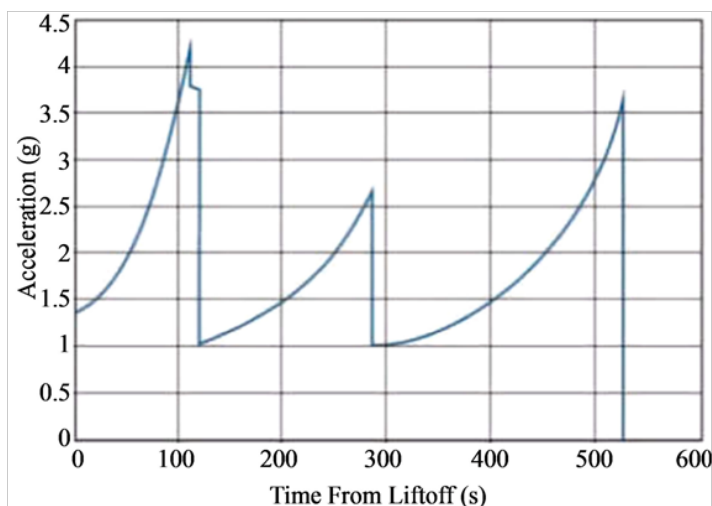
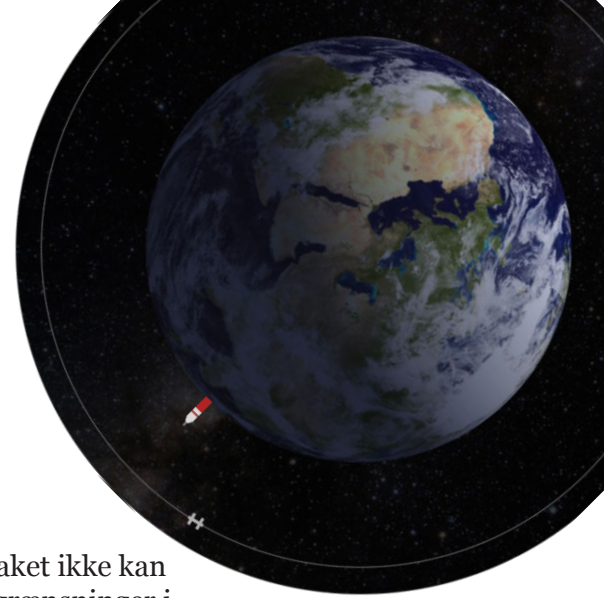
- Jorden er ikke skaleret korrekt ift. Jordens masse. Den burde være langt tungere.
- Raketten og Jordens størrelsesforhold er ikke korrekt.
- ISS's bane er ikke korrekt aftegnet. ISS bevæger sig ca. 10 procent af Jordens radiiude. Så den ville være noget tættere på Jordens overflade. Dette er medtaget for at tillade, at man laver nogle manøvrer for at ramme ISS's bane.

Hvis man vil prøve en eller flere korrekte forhold mellem brændstofmasser og motorstyrker (målt i kN) så forsøg med de her:

Raket	Trin 1	Trin 2	Trin 3
Soyuz	194 ton / 5074 kN	54 ton / 990 kN	23 ton / 298 kN

Enheden kN er kilo Newton der er målet for kraften fra raketmotoren.

Motorkraften giver en stadigt højere acceleration, mens raketts motor brænder. Det skyldes, at massen af raketten falder, mens brændstoffet forbrændes. Accelerationen for de første ca. 500 sekunder af en Soyuz opsendelse kan ses her:



Figur fra artiklen: Analysis of the Effect of Space Radiations on the Nematode, *Caenorhabditis elegans*, through the Simulated Space Radiation. International Journal of Astronomy and Astrophysics http://file.scirp.org/Html/12-4500187_36519.htm

Til længere simulationsarbejde, og for at arbejde med systemer der har mere realistiske parametre, end vi arbejder med i denne simulation, så anbefaler vi på det varmeste at afprøve Kerbal Space Programme i undervisningen.

Et hovedtræk i Fælles Mål fysik/kemi for 7. - 9. klasse er, at eleven bliver fortrolig med modeller. Under "Vejledning for faget fysik/kemi", "Kompetenceområder i fysik/kemi", "Modellering i naturfag" (afsnit 4.3), fremgår det, at arbejdet med modeller er fundamentalt for at forstå naturfagene, da et væld af fænomener kun vanskeligt lader sig forklare uden.

I afsnittet står der: "I undervisningen i natur/teknologi skal eleverne få bevidsthed om, at modeller ikke er lig med virkeligheden, men repræsenterer udvalgte aspekter af den."

Dette er særligt vigtigt i forbindelse med den model, eleverne arbejder med her. Det er klart, at modellen ikke er realistisk. Men hvordan er den ikke realistisk? Hvad er skåret fra og hvorfor? Prøv at lade eleverne arbejde med raketens størrelse, atmosfærens tykkelse, ISS virkelige banehøjde og meget andet, hvis Jordens størrelse var som i modellen.

Dette er underbygget af: "Gennem undervisningen skal eleverne blive fortrolige med, at et givet fænomen kan repræsenteres af flere forskellige modeller, som hver især forenkler fænomenet på en særlig måde, ..."

Fx er modellen af raketprincippet kun modelleret gennem raketens bevægelse. Spilleren opdager ikke, at der i modellen kastes raketpartikler bagud, og at spillet derfor fungerer gennem Newtons 3. lov om aktion lig med reaktion. Men hvordan kunne en sådan model skrues sammen? Der er kort sagt mange relevante overvejelser i arbejdet med modeller. Og det fremgår flere steder i vejledningen for faget fysik/kemi, at eleverne skal lære at forholde sig til modellerne: "Det er vigtigt, at eleverne lærer at forholde sig kritisk til modeller, også selv om det fx er flot producerede digitale simuleringer, og at de gennem undervisningen forstår, at modeller altid reducerer virkeligheden."

Vi vurderer, at der kan arbejdes med følgende "kompetencemål" og "færdigheds og vidensmål" under kompetenceområdet "modellering":

"Eleven kan anvende og vurdere modeller i fysik/kemi" (herunder følgende færdigheds og vidensmål)

Modellering i naturfag:

- Eleven kan anvende modeller til forklaring af fænomener og problemstillinger i naturfag.
- Eleven har viden om modellering i naturfag.
- Eleven kan vælge modeller efter formål.
- Eleven har viden om karakteristika ved modeller i naturfag.
- Eleven kan vurdere modelleres anvendelighed og begrænsninger.
- Eleven har viden om vurderingskriterier for modeller i naturfag.
- Eleven kan med modeller beskrive bevægelser i Solsystemet og Universets udvikling, herunder med simuleringer.

Jorden og Universet

- Eleven kan med modeller beskrive bevægelser i Solsystemet og Universets udvikling, herunder med simuleringer.

Skrevet af DRs vært og videnskabsnørd Søren Storm

