

SL serien

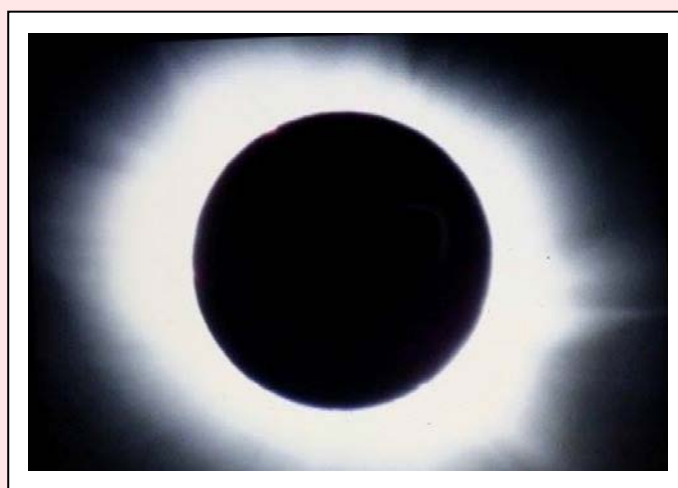
Abdul Basit Mohammad

Silje Aase Wolff

Bodil Svendsen

ROM FOR LÆRING

Undervisningsopplegg i naturfag og
matematikk med utgangspunkt i
verdensrommet



NTNU



Trondheim

Program for
lærerutdanning
Skolelaboratoriet
for matematikk, naturfag
og teknologi

NR. 17

September 2015

Tidligere utgitt i SLserien

- Nr. 1, aug. 2003: Jan Ove Rein: **Hold og stell av vandrende pinner***
- Nr. 2, okt. 2003: Rossing, Stefansson, Bungum: **Elektronikk for skolen***
- Nr. 3, nov. 2003: Rossing, Kind: **Kreativitet og skaperglede***
- Nr. 4, aug. 2004: Rossing, Fagerli, Dinesen: **Teknologi i skolen, "Bygg et hus"***
- Nr. 5, sept. 2004: Karoliussen: **Fornybare energikilder** (utgått)*
- Nr. 6, apr. 2005: Næss: **Luft og strømminger***
- Nr. 7, des. 2005: Rossing: **Fra elektriske kretser til intelligente hus***
- Nr. 8, apr. 2006: Karoliussen: **Energi for framtiden***
- Nr. 9, juli. 2006: Rossing, Kjeldstad: **Fysikkløypa ved NTNU***
- Nr.10, nov. 2006: Bungum: **Mekaniske leker: Prinsipper og ideer***
- Nr. 11, des. 2006: van Marion: **Feltarbeid i naturfag og biologi***
- Nr. 12, feb. 2007: Rossing, Fagerli: **Varmepumper og solfangere***
- Nr. 13, mai 2007: Sviland, Jensen, Moe, Borg: **Gråspurv, farskap og forskningsmetode***
- Nr. 14, aug. 2012: Persson: **Videoanalys i fysikundervisningen***
- Nr. 15, juni 2013: Persson: **Astronomi – Laborativa moment***
- Nr. 16, aug. 2014: Bungum, van Marion: **Utforskende aktiviteter i naturfag***

ROM FOR LÆRING

**Undervisningsopplegg i naturfag og matematikk
med utgangspunkt i verdensrommet**

ROM FOR LÆRING

Undervisningsopplegg i naturfag og matematikk
med utgangspunkt i verdensrommet

ISBN 978 82 7923 0779

ISSN 1503-9242

Trondheim 2015

Layout og redigering: Bodil Svendsen

Nils Kr. Rossing

Foto: Alex Strømme

Bodil Svendsen

Redaktører for SLserien: Nils Kr. Rossing

Berit Bungum

Peter van Marion

Publikasjoner i skriftserien kan kjøpes

ved henvendelse til:

Skolelaboratoriet ved NTNU (Program for lærerutdanning)

Realfagbygget, Høgskoleringen 5

7491 Trondheim

e-post: ellen.andresson@plu.ntnu.no

Telefon: 73 55 11 43

Telefaks: 73 55 11 40

<http://www.plu.ntnu.no/>

Faglige spørsmål rettes til:

Skolelaboratoriet for matematikk,

naturfag og teknologi (SL)

NTNU

Realfagbygget, Høgskoleringen 5

7491 Trondheim

Telefon: 73 55 11 43

Telefaks: 73 55 11 40

<http://www.ntnu.no/skolelab>

Rev 1.0 – 5. sept. 2015

Rom for læring

Undervisningsopplegg for naturfag og matematikk
med utgangspunkt i verdensrommet

Abdul Basit Mohammad
Silje Aase Wolff
Bodil Svendsen

Forord (red.)

Heftet **Rom for læring** - *Undervisningsopplegg for naturfag og matematikk med utgangspunkt i verdensrommet*, er ment å være en ressurs for lærere innen et fagområde som de fleste ungdommer finner interessant og spennende. Heftet gir historisk bakgrunnsstoff om raketter, romkappløpet og opphold i rommet, samtidig som det gir praktiske oppgaver som inviterer til eksperimentering. Det er spesielt interessant at det er mulig for elever i ungdomsskolen med enkle midler å beregne romferga Atlantis sin akselerasjon på bakgrunn av fire stillbilder fra oppskytingen i 2011. Heftet spenner faglig vidt ved at det ikke bare inkluderer fysikk og matematikk, men også fysiologiske prosesser hos romfarere ved langtidsopphold ombord i romstasjonen ISS, i tillegg til at det berører plantebiologiske eksperimenter foretatt i rommet.

Heftet evner på denne måten å vise hvor tverrfaglig og rikholdig romvirksomheten er. Det burde derfor egne seg godt som ressursstoff for naturfaglærere både på ungdomstrinnet og i videregående skole.

September 2015

Nils Kr. Rossing

Berit Bungum

Peter van Marion

Forord

Senter for tverrfaglig forskning i rommet (CIRIS) har utarbeidet flere undervisningsopplegg med støtte fra Norsk Romsenter og i samarbeid med Bodil Svendsen ved Program for lærerutdanning ved NTNU. *Rom for Læring* er tilpasset læreplanmål i grunnskolen og i videregående opplæring. Ressursene er å finne på:

<http://www.naturfag.no/tema/vis.html?tid=1994753>

Hensikten med de utviklede undervisningsressursene i dette heftet er å gripe fatt i elevenes nysgjerrighet for naturfag og matematikk ved å bruke Verdensrommet som utgangspunkt for undring og læring.

Rom for Læring har instruksjoner til læreren. Temaet verdensrommet gir elevene et spennende utgangspunkt for ny kunnskap, og vi håper lærere rundt om i landet vil utfordre sine elever i et spennende og lærerikt tema, som vi tror vil generere ny kunnskap hos både elever og lærere.

August 2015

Abdul Basit Mohammad

Silje Aase Wolff

Bodil Svendsen

Innhold

Forord.....	7
Forord.....	9
Innhold	11
1. Innledning.....	15
1.1. Utforskende undervisning.....	15
1.2. Undervisningsoppleggene.....	16
1.3. Raketter og romreiser	17
1.4. Livet i verdensrommet	17
1.5. Astronauthelse	17
DEL I RAKETTER OG ROMREISER	19
1. Raketts historie.....	21
1.1. Introduksjon til lærere.....	21
1.2. Raketts tidlige historie.....	22
1.3. Heros kule.....	23
1.4. Flertrinnsraketter og spinnstabilisering	24
1.5. Raketter i det 20. århundre fram til 1960	27
2. Hvordan fungerer en raket?.....	33
2.1. Ballongbil	34
2.2. Kraft, masse og akselerasjon	37
2.3. Fra ballonger til raketter.....	41
3. Romkappløpet, og dagens bruk av raketter	42
3.1. Sovjetunionen i rommet.....	42
3.2. Amerikanerne i rommet	44
3.3. Forskningslaboratorier i rommet - romstasjoner	47
4. Rakettematikk	51

4.1. En oppskyting av romferga.....	51
4.2. Gravitasjon og unnsliplingshastighet	53
4.3. Ares 1-X oppskytning.....	57
4.4. Space Launch System Raketter.....	60
DEL II ASTRONAUTHELSE.....	63
1. Introduksjon til lærere.....	65
2. Den Internasjonale Romstasjonen (ISS)	66
3. Vektløshet og fritt fall.....	69
3.1. Demonstrasjon av fritt fall.....	70
4. Astronautkroppen	72
4.1. Romsyke og balanseorganet	72
4.1.1. Bárnáys stol - Demonstrasjon av balansesansen	75
4.2. Muskulatur og skjelett.....	78
4.3. Blodet	84
DEL III LIVET I VERDENSRUMMET.....	87
1. Introduksjon til lærere.....	89
2. Hva er liv?	90
3. Liv på jorden	92
4. Når oppstod livet på jorden?.....	95
5. Liv på andre planeter.....	98
6. Utforsking av verdensrommet	99
Vedlegg.....	101
1 Hva er liv?	101
2 Livet på Jorden.....	103
3 Når oppstod livet på jorden, og hvordan er livet her blitt slik vi kjenner det?	104
4 Liv på andre planeter.....	105
5 Utforsking av verdensrommet	107

1. Innledning

Dagens elever er nysgjerrige på verdensrommet. I følge Angell m.fl. (2011) er dette det temaet i naturfag norske elever er mest interessert i. Elevene undrer seg ofte over hverdagslige fenomener som månefaser og årstider, men også om det vi ikke vet så mye om enda, f.eks. om det er liv i verdensrommet, og hvordan universet vil være i fremtiden. TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) viser at norske elever kan mye om verdensrommet, og dette er et godt utgangspunkt for å lære mer. Liv på andre steder enn jorden er spennende for elever uansett kjønn (ROSE- undersøkelsen).

1.1. Utforskende undervisning

Et av målene ved bruk av utforskende undervisning er at elever øker sin forståelse for naturfaglige begreper og utvikler sine evner til å møte komplekse problemstillinger der naturfaglige argumenter inngår. Edelson, Gordin og Pea (1999) hevder at utforskende undervisning kan gi verdifulle muligheter for elever til å bedre forståelsen av både naturfag og vitenskapelig praksis. *Rom for læring* setter rammer for en undervisning som elevene ser er relevant kunnskap for livet også utenfor skolen.

Hovedområdet *Forskerspiren* i læreplanen i naturfag viser til at naturvitenskap er både prosess og produkt:

Naturvitenskapen framstår på to måter i naturfagundervisningen: Som et produkt som viser den kunnskapen vi har i dag, og som prosess som handler om naturvitenskapelige metoder for å bygge kunnskap. Prosessene handler om hypotesedanning, eksperimentering, systematiske observasjoner, åpenhet, diskusjoner, kritisk vurdering, argumentasjon, begrunnede konklusjoner og formidling. Forskerspiren skal ivareta disse dimensjonene i opplæringen (Utdanningsdirektoratet, 2006, s. 2).

I følge rapporten *Science Education Now* (European Commission 2007) vises det til positive resultater når det gjelder utforskende undervisningsmetoder. Utforskende arbeidsmetoder bygger på det å stille spørsmål, å samle informasjon, og gjøre vurderinger i et tema. Ifølge National Research Council (NRC, 2000) kan utforskende arbeid identifiseres ut fra flere kjennetegn. Elevene arbeider med naturfaglig orienterte spørsmål og er opptatt av å utvikle

og teste disse. Elevene lager egne forklaringer ut fra data og informasjon opp mot alternative forklaringer, og de argumenterer og underbygger egne forklaringer. Disse kjennetegnene på utforskende arbeidsmåter har påfallende likheter med Deweys (1916) teori om erfaringsbasert læring og er da også inspirert av hans tenkning. Dewey påpekte betydningen av å ta utgangspunkt i et spørsmål som er meningsfylt sett med elevenes øyne for så å undersøke dette ved hjelp av praktiske forsøk. Han var i tillegg opptatt av at læring skjer når en reflekterer over hendelser og observasjoner og prøver å forstå disse. Knain og Kolstø (2011) mener at læring oppstår først når det blir et kreativt samspill mellom gjøring og tenking, der den som skal lære prøver ut forskjellige forståelsesmodeller.

I utforskende naturfagundervisning er det viktig at elevene får veiledning og støtte i læringsprosessen. Lærerens oppgave er å bygge opp undervisningen slik at den blir interessant for -, og basert på behov og erfaring hos elevene. En positiv lærings situasjon oppstår når elever erfarer en problemstilling (Dewey, 1916). Elevene vil begynne å tenke når de møter et problem, en utfordring, og vil løse det. Læreren kan dermed endre rolle, fra en aktiv deltaker i undervisningen til elevenes veileder. Læreren veileder elevene med å vise veier for å løse problemet. Elevene vil kunne oppdage at tvil og kritikk ikke er til hinder for læring, men at argumentasjon genererer ny kunnskap. Det er avgjørende at støttestrukturer er på plass for å sikre elevenes framgang i læringsarbeidet. Eksempler på støttestruktur kan være informasjon og undervisning som fremmer elevenes refleksjoner, oppskrifter for skriving, eller mal for oppsett av forsøk. Rom for utforskende arbeid og retning for strukturering av elevarbeidet må hele tiden tilpasses elevenes læringsbehov.

1.2. Undervisningsoppleggene

Vi presenterer her tre utforskende undervisningsopplegg; *Raketter og romreiser*, *Livet i verdensrommet* og *Astronautelse*. Hvert undervisningsopplegg begynner med en oppsummering av kompetansemål som dekkes med aktiviteten. Deler av heftet er fagstoff ment for læreren og som fritt kan bearbeides etter lærerens behov i undervisningen. Andre deler er oppgaver og aktiviteter som elevene kan gjennomføre. Temaet verdensrommet gir elevene et spennende utgangspunkt for ny kunnskap, og vi håper lærere rundt om i landet vil utfordre sine elever i et spennende og lærerikt tema, som vi tror vil generere ny kunnskap hos både elever og lærere. De tre oppleggene er:

1.3. Raketter og romreiser

Romraketter er et bevis på menneskets evne til å utnytte store krefter til å gjennomføre reiser ut i verdensrommet. I siste halvdel av det forrige århundre ble romraketter symboler både for menneskers ingeniørbragder og for nasjoners evne til å mestre avansert teknologi.

I dette undervisningsopplegget presenteres denne historien i to deler med både tekst og bilder. Den første delen omhandler rakettenes «eldre» historie i tiden frem til andre verdenskrig. Den andre delen oppsummerer rakettenes utvikling etter andre verdenskrig med fokus på bruk innenfor romfart og som et ledd i romkappløpet. Videre inneholder opplegget forsøk og oppgaver som kan bidra til å lære elever om raketters virkemåte og vise enkle sammenhenger mellom kraft, masse, hastighet og akselerasjon. *Raketter og Romreiser* inkluderer i tillegg matematikkoppgaver knyttet til oppskyting av raketter.

1.4. Livet i verdensrommet

Er vi alene i universet, eller finnes det andre former for liv enn dem vi kjenner til? Menneskets søken etter andre livsformer har pågått så lenge vi har hatt bevissthet om vår plass i universet, og det kommer stadig ny viten om muligheten for at det kan finnes liv på andre planeter. Universet rommer et ukjent antall galakser med milliarder av planeter. Solsystemet vårt befinner seg i ytterkanten av Melkeveien, og utgjør bare et lite sandkorn i mylderet der ute. Primitiv form for liv kan til og med finnes i vårt solsystem, kanskje på Mars? Men hva er egentlig liv, og hva skal til for at liv skal oppstå?

Naturfaget gir rom for undring og utallige og kompliserte spørsmål om liv på andre planeter. Elevene har sett fantastiske illustrasjoner om liv utenfor Jorden, og hørt og lest om romfart og forskning i verdensrommet. I *Livet i verdensrommet* er det lagt opp til argumentasjon og elevaktiviteter som skal gi grunnleggende forståelse og innføring i astrobiologien; hva kjennetegner livet slik vi mennesker har definert det, og hva legges til grunn for søken etter liv på andre planeter.

1.5. Astronauthelse

I dag bor det mennesker i verdensrommet. Astronautene bor i Den Internasjonale Romstasjonen (ISS, International Space Station). Samtidig som ISS går i bane rundt jorden

med en fart på 27 000 km/t, foregår det trafikk av astronauter til og fra romstasjonen. Astronautene kommer fra mange ulike land og de bor og jobber på romstasjonen i månedsvis i vitenskapens tjeneste. Langt unna jorden svever de rundt i et fartøy som må sørge for å gi de best mulige forhold for å jobbe og leve i et ekstremt og farlig miljø. Boforholdene på ISS er annerledes enn på jorden, og det er mange endringer som skjer inne i kroppene til astronautene. Delen som vi har kalt *Astronauthelse*, omhandler de endringer kroppen opplever på under et opphold på romstasjonen.

DEL I

RAKETTER OG ROMREISER



1. Rakettenes historie

1.1. Introduksjon til lærere

Romraketter er imponerende bevis på menneskets evne til å temme veldige krefter og utnytte disse til å utvikle utrolige oppfinnelser til bruk i verdensrommet. I siste halvdel av det forrige århundre ble romraketter symboler både for individers ingeniørbragder og for nasjonenes evne til å mestre avansert teknologi. Men grunnlaget for denne teknologien ble lagt over lang tid og av mange.

I dette heftet presenteres denne historien i to deler med både tekst og bilder. Den første delen omhandler rakettenes «eldre» historie i tiden frem til andre verdenskrig. Den andre delen oppsummerer rakettenes utvikling etter andre verdenskrig med fokus på bruk innenfor romfart og som et ledd i romkappløpet. Videre inneholder heftet forsøk og oppgaver som kan bidra til å lære elever om raketters virkemåte og vise enkle sammenhenger mellom kraft, masse, hastighet og akselerasjon. Heftet inkluderer også diverse matematikkoppgaver knyttet til oppskyting av raketter.

Hvert kapittel i heftet begynner med en oppsummering av kompetansemål som dekkes av kapitlet. Noe av stoffet i heftet er ment for læreren som underlag for undervisningen, og tilpasses etter behov. (Deler av kapitler er ment for lærere; fagstoff presenteres og kan fritt bearbeides etter lærerens preferanser for formidling.) Andre deler av heftet er oppgaver og aktiviteter som er ment for elevene. Disse delene er klart markert med grønn skrift. Heftet er utarbeidet for å brukes modulært, slik at bruken kan tilpasses lærerens/elevenes behov.

Kapittelet oppsummerer rakettenes bruk og utvikling fra antikken til begynnelsen av romalderen, dvs. til etter andre verdenskrig. Kapittelet kan gjennomgås av lærer i plenum eller leses individuelt av elevene.

Til slutt i kapittelet er det laget spørsmål som læreren kan dele ut til elevene og som de besvare med utgangspunkt i teksten og eksterne ressurser.

Denne delen av heftet kan bidra til å nå følgende kompetansemål:

8.-10. trinn Naturfag

Fenomener og stoffer:

- undersøke et emne fra utforskningen av verdensrommet, og sammenstille og presentere informasjon fra ulike kilder

Teknologi og forskningslære X/1

Teknologi, naturvitenskap og samfunn:

- drøfte etiske, miljømessige, kulturelle og politiske sider ved teknologiutvikling.
- beskrive den historiske utviklingen av en teknologisk innretning, forklare virkemåten og drøfte anvendelser i samfunnet.

Teknologi i Praksis (valgfag) kan også være aktuelt her

1.2. Rakettenes tidlige historie

En rakettoppskytning er spennende og spektakulær, enten det dreier seg om fyrverkeri som underholder oss med lys og farger, eller raketter store som bygninger som skal frakte satellitter eller mennesker ut av jordens atmosfære. Moderne romraketter er noe av de fremste eksemplene på menneskets oppfinnsomhet og kreativitet. Dagens raketter er imponerende, og de er et resultat av århundrer med eksperimentering og forskning.

En av de tidligste historiene vi har om grunnprinsippet for rakettenes fremdrift er fra omkring år 400 f.Kr. Historien forteller om grekeren Archytas som imponerte borgere i en

italiensk by med å «fly» en due lagd av tre. Damputblåsning fikk duen til å bevege seg langs snoren den var heftet til.

1.3. Heros kule

Omkring 100 f.Kr, oppfant grekeren Hero fra Alexandria "Heros kule". Akkurat som Archytas' due, utnyttet også Heros kule damp til å gi den bevegelse. Vann ble kokt opp i et kar og dampen ble ledet opp gjennom to rør som holdt kula på plass. Kula var montert slik at den kunne rotere og to L-formede rør plassert på hver side av kula sørget for å slippe ut dampen. Når dampen slapp ut, fikk den kula til å rotere. Figuren under viser en illustrasjon av Heros kule. Flere steder på internett, for eksempel på YouTube, kan man se videoer som viser liknende mekanismer.



Figur 1: Heros kule (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aeolipile_illustration.png).

Oppfinnelser som Heros kule er langt unna det vi kjenner som raketter, men vi skal etter hvert se at prinsippet som forklarer bevegelsen til slike innretninger, er det samme som for raketter.

Vi vet ikke når de første virkelige rakettene dukket opp, men det eksisterer mange historier fra forskjellige tider og kulturer som forteller om rakettlignende oppfinnelser. Vi vet at i det første århundre ble enkle former for svartkrutt brukt i Kina til å lage fyrverkeri for religiøse og andre feiringer. Hule bambusrør ble fylt med svartkrutt og tettet, og deretter kastet på

bål for å lage eksplosjoner. Det hendte nok noen ganger at rørene ikke eksploderte, men heller fløy ut av bålet drevet av det brennende kruttet og gassene det produserte.

Etter hvert begynte kineserne å eksperimentere med kruttfylte bambusrør, og festet dem til piler for å øke rekkevidden. Ved et eller annet tidspunkt ble det lagd kruttfylte rør store og kraftige nok til at de gikk fra å være hjelpemidler for bueskyttere til å kunne skytes ut fra enkle ramper.

Den tidligste kilden vi har for rakettbruk forteller om krigene mellom kineserne og mongolene i 1232. Kineserne skjøt raketter mot mongolske styrker for å drive dem tilbake. Vi vet ikke hvor effektive disse rakettenes var, men vi kan anta at de i hvert fall må ha hatt en skremmende effekt på mongolene.



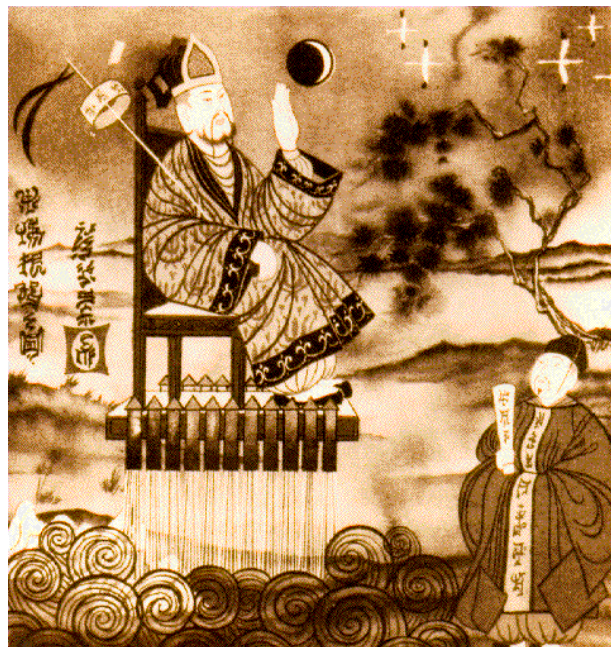
Figur 2: Enkle raketter ble tidlig brukt i kamp av kineserne (NASA, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chinese_rocket.png).

1.4. Flertrinnsraketter og spinnstabilisering

Etter disse krigene, begynte mongolene å produsere egne raketter, og kanskje sørget de også for at rakett-teknologien spredte seg til andre deler av verden som India, Midtøsten og Kina. Ettersom teknologien spredte seg, resulterte dette i at flere eksperimenterte med både krutt og raketter. Det ble utviklet raketter spesielt for fyrverkeri og våpen, med stadig mer kraft og bedre styringsegenskaper mellom det 13. og 16. århundre. Blant annet ble det utviklet rakettfinner, som ga raketten bedre stabilitet, og flertrinns raketter. En totrinns

rakett består av en stor rakett (første trinn) som bærer en mindre rakett (andre trinn). Når første trinn er utbrent, fyrer andre trinn av slik at raketten flyr enda lengre eller høyere opp i lufta. Ideen om flertrinns raketter er grunnleggende for alle dagens romraketter.

Fascinasjonen for rakettenes kraft inspirerte mennesker tidlig til å ta steget ut i verdensrommet. Ifølge en kinesisk legende var Wan Hu en funksjonær i det 16. århundre som drømte om å fly til stjernene. Han fikk lagd en stol som det var festet 47 raketter til. På oppskytningsdagen satte han seg på stolen og 47 assistenter tente samtidig på luntene. Da rakettenes tente var det en voldsom røykutvikling og støy. Etter at røyken klarnet, var både stolen og Wan hu forsvunnet, og han ble visstnok aldri sett igjen. Myter til side, Wan Hu har i hvert fall fått et krater på månen oppkalt etter seg.



Figur 3: Wan Hu i sin raketstol (NASA/United States Civil Air Patrol).

Sent i det 17. århundret formulerte Sir Isaac Newton tre lover for fysisk bevegelse. Disse lovene er grunnlaget for hvordan raketter fungerer, og dannet senere det vitenskapelige (grunnlaget) fundamentet for den metodiske utviklingen av raketter.

I det 18. og det tidlige 19. århundre var det igjen konflikter som var hovedårsaken til at rakettenes utviklet seg videre. I 1792 og 1799 ble britiske styrker møtt av raketter i kamper mot Mysoriske styrker (Sør-India).



Figur 4: Britiske styrker blir angrepet av Mysoriske raketter (NASA/Charles Hubbell).

Disse slagene fikk britene til å fatte større interesse for raketter, og basert på de Mysoriske rakettene utviklet de egne raketter for bruk på slagmarken. Britene brukte blant annet rakettene i slagene mot Napoleon tidlig i det 19. århundre og skjøt omkring 25000 raketter mot København i 1807 i et forsøk på å erobre den dansk-norske marineflåten.



Figur 5: Maleri som skildrer bombingen av København i 1807 (Christoffer Wilhelm Eckersberg).

Disse rakettenes var ikke spesielt treffsikre, og deres styrke lå i at de ble brukt i store antall. Utover i det 19. århundre ble det utviklet flere teknikker for å gjøre rakettenes mer stabile under flyvning. Blant annet forsto man at istedenfor å feste rakettenes på en pinne for å stabilisere dem, kunne man gi dem spinn og dermed oppnå betydelig bedre stabilitet. Spinnstabilisering ble utviklet av engelskmannen William Hale i 1844 ved at han fjernet styrepinnen bak rakettenes og satte på finner. Samtidig lagde han små dyser som førte rakettdassene ut på siden slik at raketten begynte å spinne. Denne metoden ble også brukt i det 20. århundre til å stabilisere store romraketter.

1.5. Raketter i det 20. århundre fram til 1960

Bruken av raketter i militær sammenheng avtok mot slutten av det 19. århundre. I de to siste tiårene av århundret fikk en russisk lærer ved navn Konstantin Tsiolkovskij en lys ide. Han mente at raketter kunne brukes til transport ut av jordens atmosfære. Han videreutviklet ideene i det tidlige 20. århundret og foreslo at flytende drivstoff kunne være bedre egnet til å øke rakettenes rekkevidde. Han forsto at rekkevidden og hastigheten til rakettenes er kun begrenset av rakettdassenes utstrømningshastighet og rakettenes masse. I tillegg klarte han å regne seg frem til at rakettenes måtte ha en bestemt hastighet for å kunne unnsnippe Jordens gravitasjonskraft. Han regnes også som den første som virkelig forsto at *satellitter* og *romstasjoner* kunne sendes opp og gå i baner rundt Jorden. På begynnelsen av 1930-tallet skal han skråsikkert ha hevdet at for kommende generasjoner ville reiser til og fra verdensrommet bli en dagligdags opplevelse.



Figur 6: Konstantin Tsiolkovskij (*Roscosmos*).

En annen pioner som gjennomførte mange viktige eksperimenter med raketter og raketteknologi i det tidlige 20. århundre var amerikaneren Robert H. Goddard. Han konkluderte med at raketter fungerte i samsvar med Newtons lover også i verdensrommets vakuum. Han mente at flertrinns raketter var nødvendige for å fly langt og med høy hastighet og slik nå utenfor jordens atmosfære. Ved eksperimentering ble han overbevist om at flytende drivstoff var mer effektivt enn fast drivstoff. Han utviklet dessuten metoder for bedre å styre rakettens baner.

I Europa var tyskeren Hermann Oberth en tidlig romfartsentusiast som mente at raketter kunne gjøre romreiser mulig. Hans ideer og tanker ble populære blant flere grupper som var interessert i raketter og romfart, og i Tyskland vokste det frem flere klubber for rakettinteresserte mennesker.

Etter at 2. verdenskrig brøt ut, ble raketteknologi igjen viktig for militære formål. I løpet av krigen klarte Tyskland å utvikle avanserte raketter som for eksempel V-2- raketten. Dr.

Wernher von Braun bygget videre på arbeidet Oberth og Goddard hadde gjort, og ledet teamet som utviklet V-2 raketten, som tyskerne brukte mot England, Belgia og Nederland mot slutten av krigen.



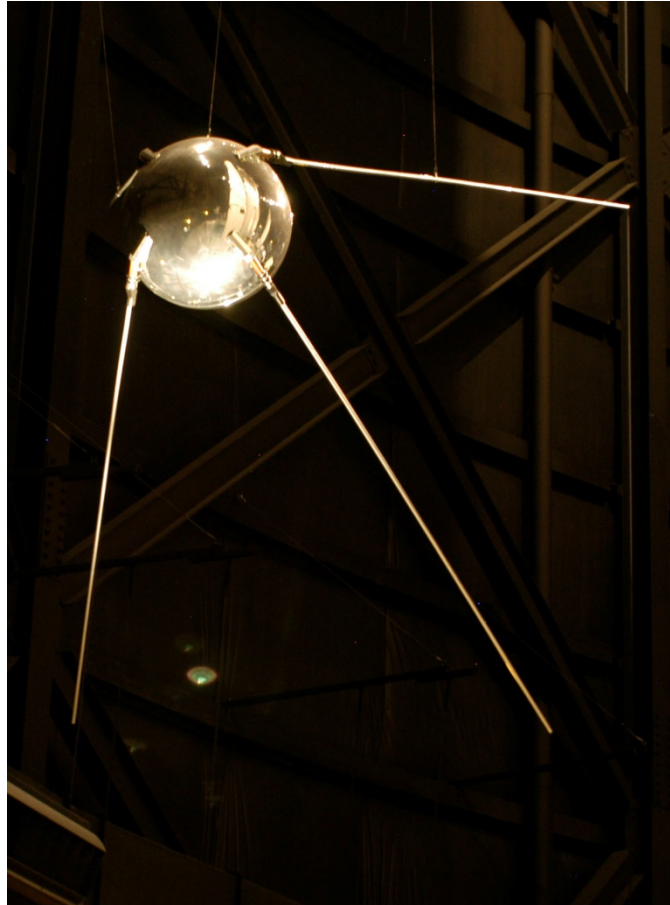
Figur 7: V-2 rakett (A-4).

Tyskland hadde også planer om enda større og langtrekkende raketter. Etter 2. verdenskrig ble imidlertid de tyske rakettekspertene og den teknologiske ekspertisen de hadde utviklet, spredt til flere land. Både USA og Sovjetunionen var spesielt aktive og satte i gang store prosjekter for å erverve og utvikle raketeknologi.



Figur 8: Britiske soldater ved en tysk V-2 rakett etter 2. verdenskrig.

Det kjølige forholdet mellom USA og Sovjetunionen var viktig for at begge land tilrettela for storstilt utvikling av raketter for både militære og forskningsformål. Tyskernes rakettsjef Dr. Wernher von Braun ble sendt til USA der han jobbet videre med raketutvikling for USA. Flere tyske rakettforskere ble også sendt til Sovjetunionen som begynte på et ambisiøst raketprogram under ledelse av Sergei Korolev. Raketten som ble utviklet var primært tenkt brukt som militære våpen, men deres stadig økende størrelse og rekkevidde ga næring til drømmen om å komme seg ut i verdensrommet. Den 4. oktober 1957 overrasket Sovjetunionen verdenen med å skyte opp den første menneskeskapte satellitten Sputnik-1.



Figur 9: Modell av Sputnik-1 (U.S. Air Force).

Romalderen var i gang! Romfart og raketteknologi ble for alvor et spørsmål om prestisje og militært overtak, og Sovjetunionen og USA knivnet om å få overtaket.

Spørsmål og oppgaver om raketten historie

1. Hvordan vil du forklare det som skjer med Heros kule? (se lenke i teksten for demonstrasjon av Heros kule)
2. Hvorfor ble de første raketten utviklet og hvem bygget dem?
3. Hva menes med en flertrinnsraket? (tips: <http://www.satellitter.no>)
4. Bruk ressursen <http://www.romsenter.no/Laer-om-rommet/Rommet-i-tid-Tidslinje> til å finne svar på følgende spørsmål:
 - a. Hvor mange trinn besto bæreraketten til Sputnik 1 av?
 - b. Hvor stor var Sputnik 1 satellitten (mål og vekt)?
5. Studer følgende kilder for å finne informasjon om Norges første forskningsraket og svar på spørsmålene under
http://www.nrk.no/video/raketten_ferdinand_i/47B501B4F2E324AA/
<http://www.aftenposten.no/fakta/innsikt/Raketten-Ferdinand-tok-Norge-inn-i-romalderen-6968698.html>
 - a. Når ble Norges først raket skutt opp? Hvor lenge varte ferden og hvor høyt fløy raketten?
 - b. Hva var formålet med raketten?
6. Raketter, som mye annen teknologi, kan brukes både for fredelige formål og for krig. Med utgangspunkt i informasjonen som fins omkring avtaler mot våpen i verdensrommet som du finner i denne lenken: <http://www.slmk.org/larom/wordpress/no/juridisk/>, lag forslag til hvordan eksisterende avtaler og arbeid kan videreføres, og diskuter hvilke utfordringer som kan stå i veien for dette arbeidet.

2. Hvordan fungerer en rakett?

Dette kapittelet tar for seg de fundamentale prinsippene for rakettmotorenes funksjon.

Første del er en praktisk oppgave der elevene skal bygge en enkel ballongbil som demonstrer raketters virkemåte. Tilhørende spørsmål og svar til er ment som støtte til læreren for å lede aktiviteten.

Andre del er en elevoppgave som utfordrer elevene til å tenke på sammenhenger mellom kraft, masse og akselerasjon. Beskrivelsen kan deles ut til elevene i etterkant av ballongbil-oppgaven.

Tredje del oppsummerer sammenhengene mellom raketter og de foregående delene av dette kapittelet. Denne delen er ment for læreren og inkluderer spørsmål som elevene kan få utdelt eller som kan stilles i plenum.

Denne delen av heftet kan bidra til å nå følgende kompetansemål:

6.-8. trinn Naturfag

Teknologi og design:

- Planlegge, bygge og teste mekaniske leker og forklare prinsipper for mekaniske overføringer.

8.-10. trinn Naturfag

Fenomener og stoffer:

- Gjør rede for begrepene fart og akselerasjon, måle størrelsene med enkle hjelpemidler og gi eksempler på hvordan kraft er knyttet til akselerasjon.

Teknologi og forskningslære X/1

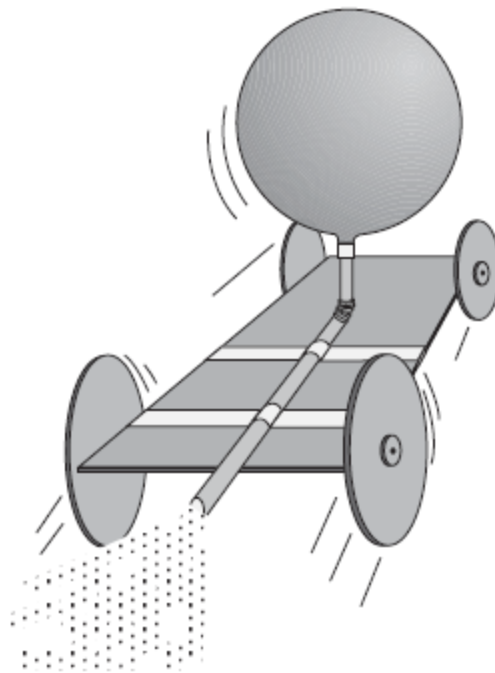
Den unge ingeniøren:

- Planlegge og bygge en konstruksjon som er fast eller bevegelig, og som har en definert funksjon.
- Dokumentere og vurdere konstruksjoners fysiske egenskaper og funksjonalitet ved hjelp av målinger og enkle beregninger.
- beskrive den historiske utviklingen av en teknologisk innretning, forklare virkemåten og drøfte anvendelser i samfunnet.

Formål:

I denne aktiviteten skal elevene bygge en ballongdrevet bil. Formålet er at elevene skal få økt forståelse for størrelsene kraft og hastighet, og oppnå forbedring av bilens design basert på gjentagende testing. Denne aktiviteten kan gjennomføres individuelt eller i små grupper.

2.1. Ballongbil



Figur 10: Rakett-racer (NASA).

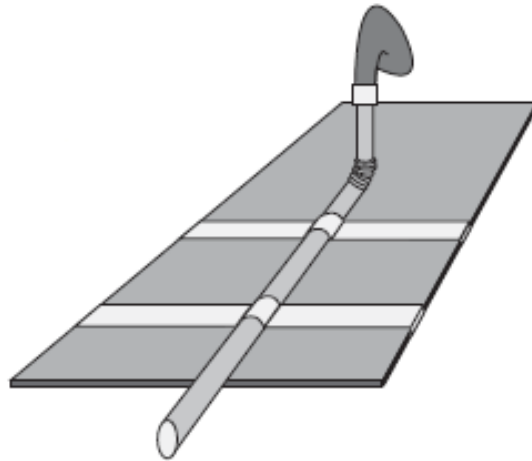
Utstyr:

- Store engangstallerkener (papp eller isopor)
- Teip
- Sugerør
- Passer
- Linjal
- Ballonger
- Målebånd
- Stoppeklokke
- Tegnestifter (lang nål)

Bilen kan gjerne modifiseres med tilgjengelig utstyr. Bruk fantasien. Test gjerne ut bilen før elevene får bryne seg på oppgaven.

Aktivitet:

1. Elevene trenger passere, linjaler og to engangstallerkener eller en papplate til gruppa. Disse skal brukes til å lage følgende deler til bilen:
 - a. Et karosseri; en firkantet del klippes ut av en tallerken. Hjulene og ballongen skal senere festes til denne delen.
 - b. Fire hjul: Passeren kan brukes til å lage 4 like store hjul fra en eller flere tallerkener.
2. Del ut en ballong, sugerør og teip. Før start kan elevene blåse opp ballongen og slippe ut lufta (dette for å gjøre fylling enklere senere). Deretter teipes ballongen til den korte delen av sugerøret. Den lange delen teipes til karosseriet.



Figur 11: Karosseri med ballongmotor (NASA).

3. 4 tegnestifter/nåler brukes til å feste de fire hjulene til karosseriet. Her kan det også lages aksling gjennom sugerør som limes til karosseriet.
4. Mål opp en omtrent 10 m lang bane på gulvet.
5. Be hver gruppe blåse opp ballongen og klemme igjen sugerøret med fingrene. Sett bilen på banen og slipp.

For hvert testløp skal elevene finne ut av følgende:

1. Hvor langt kjørte bilen?
2. Hvor lang tid var bilen i bevegelse?
3. Hva var gjennomsnittshastigheten for bilens testløp, i km/t?

4. Ekstra spørsmål:

- a) Forklar hva et speedometer er.
- b) Om bilen hadde hatt et speedometer, ville den ha vist hastigheten? Lag en graf som viser hvordan hastigheten endrer seg over tid.

La elevene tenke ut og beskrive hvordan de kan forbedre bilens ytelse og bygge og teste nye versjoner av bilen:

1. Elevene diskuterer og skriver ned de endringene som påvirker bilens kjørelengde.
2. Elevene beskriver hvordan og begrunner hvorfor bilen bør endres for å få den til å kjøre lenger.
3. Elevene gjør endringer og tester bilen igjen.

Forklaring:

Etter aktiviteten kan læreren bruke følgende spørsmål til å starte en diskusjon om hvorfor og hvordan bilen beveger seg. Svar er gitt etter hvert spørsmål.

- Hva er det som får bilen til å gå?
- Hvor kommer energien fra?

Vi vet at luften i ballongen presser mot ballongveggene og får dem til å strekke seg. Vi vet at det kreves en kraft for å strekke en ballong. Ballongveggene presser luften i ballongen tettere sammen og gjør at trykket i ballongen øker. Så lenge ballongen ikke sprekker er det en balanse mellom kreftene fra luften og ballongen, når åpningen er lukket. For å forstå hvorfor ballongen og bilen begynner å bevege seg når vi slipper lufta ut av ballongen, må vi forstå Newtons tredje lov. Den sier at når en gjenstand virker med en kraft på en annen gjenstand, så virker den andre gjenstanden tilbake på den første med en like stor og motsatt rettet kraft. Ballongen dytter ut luften i en retning, og luften dytter tilbake på ballongen i motsatt retning.

Et godt eksempel på Newtons tredje lov er å tenke seg to personer som står på hver sin skateboard. Hvis en skateboarder dytter den andre, vil begge bevege seg vekk fra hverandre fordi det er like store, men motsatt rettede krefter som påvirker begge.

- Hvorfor fortsetter bilen å bevege seg etter at lufta er gått ut av ballongen?

Når bilen begynner å bevege seg vil den fortsette å gjøre det på grunn av sin bevegelsesmengde. Bevegelsesmengde er masse multiplisert med hastighet. Newtons første lov sier at en gjenstand som er i ro vil fortsette å være i ro, og en gjenstand som er i bevegelse vil fortsette å være i bevegelse, så lenge det ikke virker krefter på den eller at summen av kreftene er null. Bilen holdes altså i gang fordi den allerede er i bevegelse selv etter at kraften fra ballongluften ikke lenger virker på den.





- Hva får bilen til å kjøre saktere og saktere og stoppe opp til slutt?

Hvis kraften fra luften var eneste kraften som virket på bilen vår, burde den ha fortsatt å bevege seg med samme fart etter at luften er gått ut, men den sakner og stopper opp. Det er fordi det virker krefter på bilen som bremser opp bevegelsen. Disse kalles for friksjon. Det er i hovedsak to typer friksjon som jobber imot luftens kraft: den ene er luftmotstand og den andre er overflatefriksjon mellom delene av bilen som beveger seg mot hverandre. Her kan man få elevene til å sammenligne det som skjer med ballongbilen med det som skjer med en rakett i verdensrommet.




2.2. Kraft, masse og akselerasjon




Bildene under viser en ballongbil i forskjellige stadier i bevegelsen sin. For hvert stadium, gjør følgende:

1. Beskriv bilens bevegelse ved å bruke ord som «hastigheten øker/minker», «beveger seg fort/sakte», og så videre.
2. Beskriv bevegelsesendringens årsak ved å bruke vitenskapelige ord som masse, kraft, bevegelse, friksjon, energi og så videre.

<p>A.</p>  <p>Rakettbilen er nettopp sluppet løs</p>	<p>Rakettbilen...(Beskriv bevegelsen)</p> <p>Årsaker til dette... (Forklar bevegelsen)</p>
<p>B.</p>  <p>Ballongen er halvtom</p>	<p>Rakettbilen...</p> <p>Årsaker til dette...</p>
<p>C.</p>  <p>Ballongen er nettopp blitt tom</p>	<p>Rakettbilen...</p> <p>Årsaker til dette...</p>
<p>D.</p>  <p>Etter at ballongen er tom</p>	<p>Rakettbilen...</p> <p>Årsaker til dette...</p>

For hver av de følgende situasjonene skal du sammenligne bilene og bestemme for hvilken bil farten øker mest. Når farten på bilen øker sier vi at bilen akselererer. Begrunn svarene dine ved å bruke ord som kraft, masse, akselerasjon, bevegelse og friksjon.

<p>E.</p> <p>Bil 1 – Ballongen er helt oppblåst</p>  <p>Bil 2 – Samme masse som bil 1 men ballongen er bare oppblåst halvveis</p> 	<p>Forskjellig kraft, samme masse</p> <p>Bil ____ har høyere akselerasjon enn bil ____</p> <p>Årsaker til dette...</p>
<p>F.</p> <p>Bil 1 – Ballongen er helt oppblåst</p> 	<p>Samme kraft, forskjellig masse</p> <p>Bil ____ har høyere akselerasjon enn bil ____</p> <p>Årsaker til dette...</p>

<p>Bil 2 – dobbelt så mye masse som bil 1, ballongen er helt oppblåst</p> 	
<p>F. Bil 1 – Ballongen er helt oppblåst</p>  <p>Bil 2 – dobbelt så mye masse som bil 1, ballongen er helt oppblåst</p> 	<p>Samme kraft, forskjellig masse</p> <p>Bil ____ har høyere akselerasjon enn bil ____</p> <p>Årsaker til dette...</p>

Utvidelse av oppgaven over:

For hver bil i diagrammene A – G:

1. Bruk en linjal og tegn piler av forskjellige lengde for å vise relative størrelser og retninger av de forskjellige kreftene som virker på bilen.
2. Navngi kreftene.

3. Bruk en linjal og en rød penn til å vise størrelsen og retningen av resultatkraften.

2.3. Fra ballonger til raketter

Vi har nå sett hvordan luften som slipper ut av en ballong i en retning, virker med en kraft på ballongen som får ballongen til å bevege seg i motsatt retning. Vi ser at ballongbilens akselerasjon bestemmes av kraften som luftstrømmen gir, og også av massen til bilen. Den samme kraften vil gi en lett gjenstand større hastighet enn en tung gjenstand.

Selv om raketter er langt mer avanserte enn ballonger, utnyttes det samme prinsippet. En rakettmotor inneholder drivstoff som forbrennes kontrollert og frigjør store mengder gass. Det bygges opp et stort trykk i raketten som gjør at gassen akselererer ut gjennom dyser i enden av raketten. Kraften som genereres på grunn av dette, virker tilbake på raketten som løftes opp og flyr avgårde. Hvor høyt en rakett flyr, avhenger av hvor mye kraft den utvikler (altså hvor lenge og hvor fort gassene strømmer ut) og hvor mye raketten veier. Andre krefter som påvirker raketten er selvsagt gravitasjon, men også luftmotstand som bremser raketten.

Spørsmål til elever:

1. Vil en rakettmotor fungere bedre eller dårligere utenfor jordatmosfæren?
2. Hvorfor kan vi ikke bare fly ut til verdensrommet med et vanlig fly med vinger?
For eksempel med jetfly?

Svar:

1. En rakettmotor vil være mer effektiv utenfor atmosfæren, fordi raketten slipper å kjempe mot luftmotstand.
2. Vi kan ikke fly utenfor atmosfæren med et vanlig fly med vinger fordi slike fly er avhengig av at luft strømmer forbi vingene for å holde seg svevende. Vanlige jetfly vil ikke fungere utenfor atmosfæren fordi motoren bruker oksygenet i lufta i forbrenningen. En rakett må ha med seg alt som skal forbrennes ut i rommet.

3. Romkappløpet, og dagens bruk av raketter

Dette kapittelet er en oppsummering av romfart og raketters utvikling og bruk fra begynnelsen av romalderen til nåtiden. Kapittelet kan gjennomgås av lærer i plenum eller leses individuelt av elevene.

Til slutt i dette kapittelet fins det spørsmål som læreren kan dele ut til elevene og som de kan besvare med utgangspunkt i teksten og ved bruk av eksterne ressurser.

Denne delen av heftet kan bidra til å nå følgende kompetansemål:

8.-10. trinn Naturfag

Fenomener og stoffer:

- undersøke et emne fra utforskningen av verdensrommet, og sammenstille og presentere informasjon fra ulike kilder

Teknologi og forskningslære X/1

Teknologi, naturvitenskap og samfunn:

- drøfte etiske, miljømessige, kulturelle og politiske sider ved teknologiutvikling.
- beskrive den historiske utviklingen av en teknologisk innretning, forklare virkemåten og drøfte anvendelser i samfunnet.

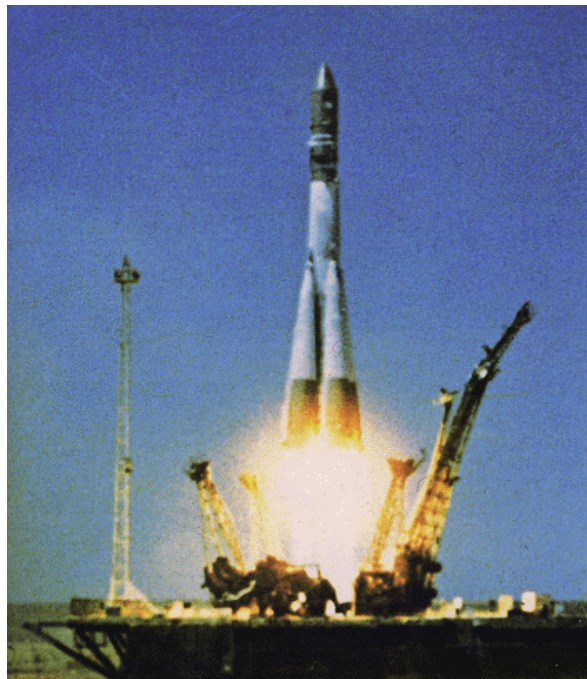
3.1. Sovjetunionen i rommet

Etter at Sovjetunionen hadde klart å plassere en satellitt i bane rundt jorden før USA, trappet USA opp sitt sivile romprogram enda mer. Amerikanerne fulgte opp med sin første satellitt fire måneder etter Sovjetunionen og herfra ble det en stadig kamp om å bli første nasjon til å klare flere bragder innenfor romfart. Nå da det var bevist at raketter kunne skytes opp og styres til å plassere objekter i bane rundt jorden, ble det neste store spørsmålet hvordan

levende organismer ville tåle en reise ut i verdensrommet. Man visste veldig lite om hvordan vektløshet ville påvirke levende liv. Sovjetunionen var først ute her også og skjøt i 1957 opp hunden Laika i bane rundt jorden. 12. april 1961 skjøt Sovjetunionen opp det første mennesket i verdensrommet. Fartøyet het Vostok 1 og piloten var Juri Gagarin. Raketten som fraktet fartøyet ut i bane rundt jorden het Vostok-K.



Figur 12: Juri Gagarin klar til oppskytning. (ESA/alldayru.com)



Figur 13: Oppskytning av Vostok-K raketten med Juri Gagarin (NASA).

3.2. Amerikanerne i rommet

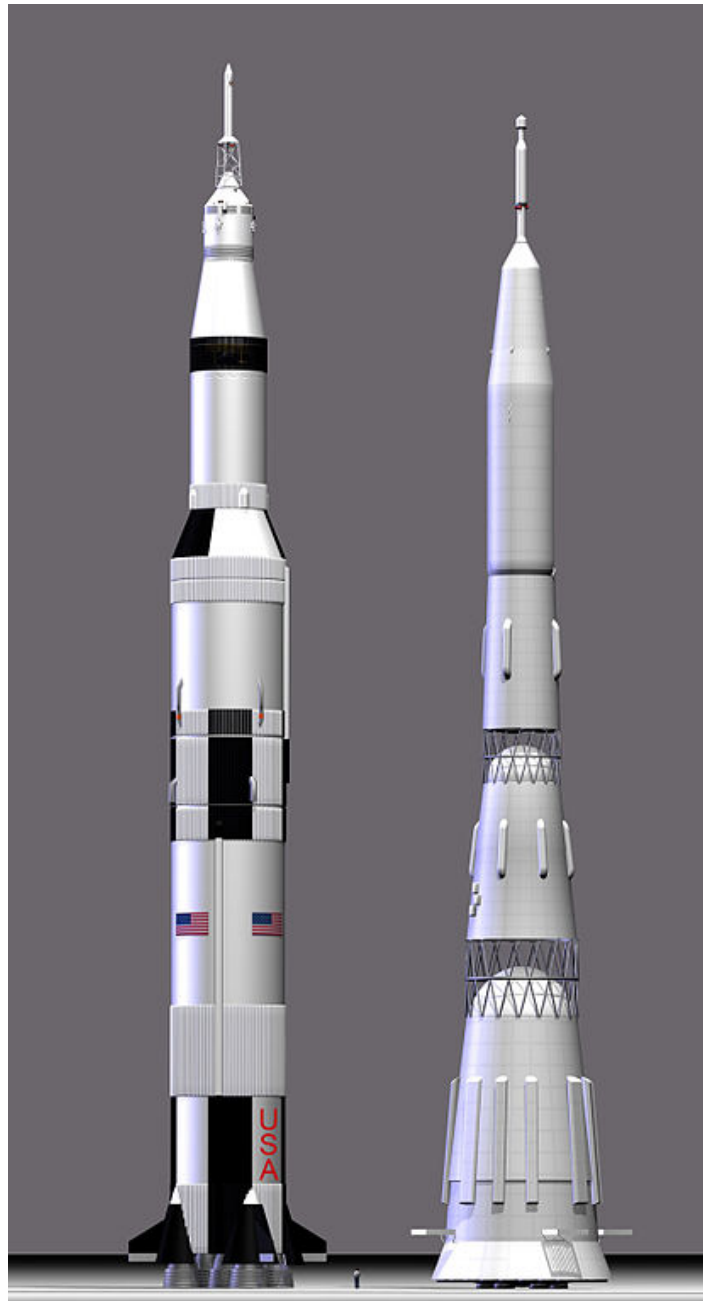
Amerikanerne skjøt opp sin første astronaut, Alan Shepard, 5. mai 1961. Alan Shepard ble skutt opp med raketten Mercury-Redstone 3 og gikk ikke i bane rundt jorden uten problemer.



Figur 14: Mercury-Redstone 3 skytes opp med fartøyet Freedom 7, hvor Alan Shepard sitter (NASA).

Samme måned bestemte USAs president John F. Kennedy at USA skulle ha som målsetning å bringe mennesker fram og tilbake til månen innen 10-året var omme. Sovjetunionen hadde liknende planer og på begge sider ble det brukt store ressurser for å komme først i mål.

1960-tallet var en spennende tid for både romfart og rakettforskning siden det både måtte utvikles både nye og større raketter og mer avansert teknologi for å kunne frakte mennesker ut av jordbane, til månen og tilbake. Amerikanerne var de som lyktes best med sin Saturn V (fem) rakett, den høyeste og kraftigste raketten som er blitt utviklet. Sovjetunionen hadde planer om en noe mindre, men kraftigere rakett, N-1, men de kom ikke lenger enn til 4 mislykkede testoppskytninger.



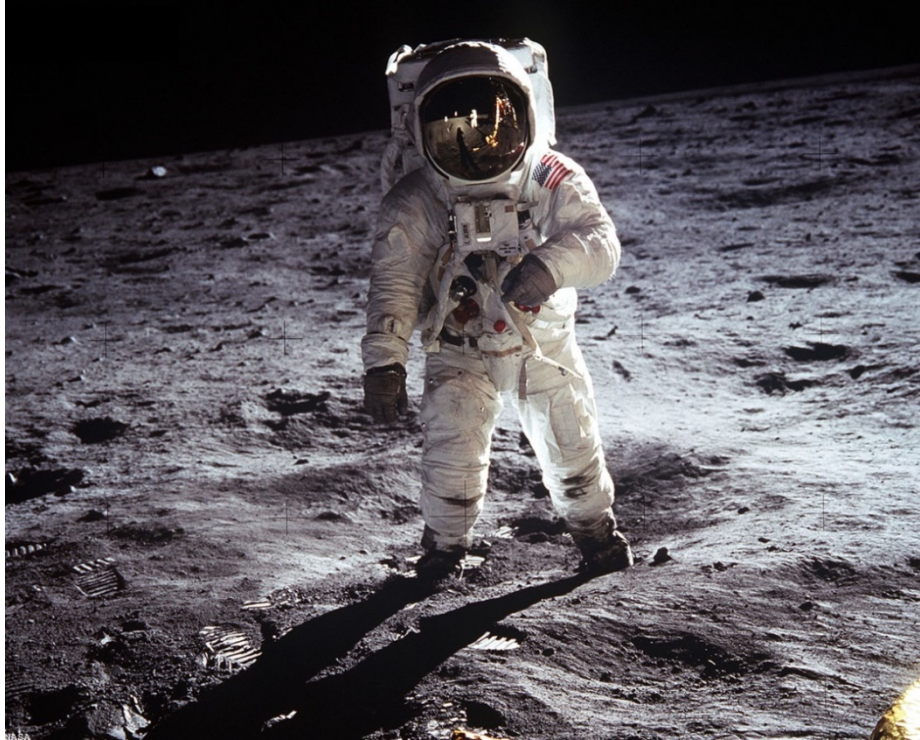
Figur 15: Sammenligning av Saturn V (venstre) og N-1 rakettene. Legg merke til mennesket som står mellom rakettene (illustrasjon: Ebs08).

Etter mange tester og flyvninger, både bemannede og ubemannede, var turen kommet til Apollo 11, oppdraget som skulle ta mennesker til månen og tilbake igjen til jorden. Den 16. juli 1969 satte Neil Armstrong, Michael Collins og Edwin «Buzz» Aldrin seg i romfartøyet nær spissen av en Saturn V rakett.



Figur 16: Oppskytning av Saturn V med Apollo 11 (NASA).

Med omkring 2,5 millioner kilo drivstoff i ryggen tok de av og begynte reisen til månen. Armstrong og Aldrin landet på månen 4 dager senere, mens Collins gikk i bane rundt månen i kommandomodulen. Dagen etter tok de av fra månen igjen og begynte ferden mot jorden.



Figur 17: Niel Armstrong, det første mennesket på månen (NASA).

3.3. Forskningslaboratorier i rommet - romstasjoner

Amerikanerne fulgte opp Apollo 11 med flere bemannede turer til månen. Sovjetunionen begynte å konsentrere seg om romstasjoner, bemannede laboratorier som skulle gå i bane rundt jorden omkring 200–400 km fra jordoverflaten. Både Sovjetunionen og USA skjøt opp romlaboratorier på 1970-tallet. Utover i 1970-tallet gikk konkurransen mer og mer over til samarbeid, og i 1975 ble for første gang to fartøyer, ett fra hver av de to nasjonene koblet sammen i verdensrommet.



Figur 18: Tre av astronautene som deltok i Apollo-Soyuz Test Project etter sammenkobling av fartøyer fra Sovjetunionen og USA (NASA).

Utover på 1970-tallet jobbet USA med å utvikle et bemannet romfartøy som delvis kunne gjenbrukes flere ganger. Romfergen (Space Shuttle) fløy for første gang i 1981 og kunne ta med både mennesker og last i jordbane, for deretter å manøvreres tilbake til atmosfæren og lande som et fly.



Figur 19: Oppskyting av romfergen Atlantis (NASA/ T. Gray & T. Farrar).

Romfergesystemet besto av en stor ekstern tank som inneholdt flytende rakettdrivstoff (flytende oksygen og flytende hydrogen), samt to fastdrivstoff raketter på sidene. Romfergen ble skutt opp som en vanlig rakett. Det meste av skyvkraften under selve oppskytning ble generert av faststoffrakettene. Disse rakettene brant i to minutter før de ble koblet fra den eksterne tanken og dalte ned i havet med fallskjermer. Deretter var det fergens 3 rakettmotorer, matet av flytende drivstoff fra den eksterne tanken, som sto for skyvkraften.

Romfergen ble tatt ut av drift i 2011, men raketter er fortsatt i bruk over hele verden både for å frakte mennesker og satellitter ut i verdensrommet, samt for å sende prober og rovere ut til andre deler av i solsystemet vårt.



Figur 20: Curiosity rover ble skutt opp med Atlas V raketten. Curiosity, på størrelse med en liten bil, gjør undersøkelser av Mars' geologi, og klima, og ser etter spor av tidligere liv (NASA).

I dag fortsetter utvikling av nye raketter og teknologi, samtidig som forskere samler mer kunnskap om solsystemet vårt. Kanskje vil vi oppleve en historisk reise som sender de første menneskene til Mars.

Oppgaver til elever:

Oppgaveark om Laika:

<http://newton.no/rom-modul-forarbeid.aspx?id=1054&modulid=1437>

4. Rakettmatematikk

Dette kapitlet inneholder matematikkoppgaver som tar utgangspunkt i raketter. Kompetansemål dekkes er oppgitt for hver oppgave.

4.1. En oppskyting av romferga

Kompetansemål denne oppgaven kan bidra til å oppfylle:

5.-7. trinn Matematikk

Måling:

- bruke forhold i praktiske sammenhenger, regne med fart

Geometri:

- beskrive plassering og flytting i rutenett, på kart og i koordinatsystem, og bruke koordinater til å beregne avstander parallelt med aksene i et koordinatsystem.



Denne bildeserien viser oppskytning av romfergen Atlantis den 8. juli 2011.

Fra nederst til øverst, bildene er tatt med ett sekunds mellomrom. Høyden til romfergen (uten den oransje drivstoff tanken) er 37 meter.

1) Bruk en linjal til å bestemme bildenes målestokk i meter/mm.

2) Mål høyden i meter mellom tuppen av den oransje drivstofftanken og et fast punkt på bakken nederst på hvert bilde.

3) Hva er den omtrentlige farten til romfergen i det øverste bilde?

4) Lag en graf som viser drivstofftankens høyde over bakken i et koordinatsystem hvor den ene akse viser høyden (H) mens den andre akse viser tiden (T). $T=0$ i nederste bilde.

Svar:

1) Bruk en linjal til å bestemme bildenes skala i meter/mm.

Svar: Romfergens lengde på papiret vil være 6 mm. Dette tilsvarer 37 meter, dermed er forholdet eller skalaen omtrent $37/6 = 6.2$ meter/mm. Oppgi forhold som 1:X.

2) Mål høyden i meter mellom tuppen av den oransje drivstofftanken og et fast punkt nær bunnen av hvert bilde.

Svar: Elevene må velge ut et punkt nær bakken som er synlig på hvert bilde. Et slikt objekt er den svart/hvite tavlen rett nedenfor oppskytningsplattformen. Målingene vil være omtrent 15 mm, 16 mm, 19 mm, 27 mm, 36 mm. Dette tilsvarer høyder (avrundet) 87m, 99m, 167m, 223 m.

3) Hva er den omtrentlige farten til romfergen i det øverste bildet?

Svar: Mellom 3 og 4 sekunder har høyden til romfergen økt fra 167m til 223 m. Dermed var gjennomsnittlig hastighet omtrentlig $(223-167)/(4-3) = 56$ m/s på dette tidspunktet.

4.2. Gravitasjon og unnslipningshastighet

Kompetansemål denne oppgave kan bidra til:

8.-10. trinn Matematikk

Tall og algebra:

- bruke faktorer, potenser, kvadratrøtter og primtall i beregninger
- behandle, faktorisere og forenkle algebrauttrykk, knytte uttrykkene til praktiske situasjoner, regne med formler, parenteser og brøkuttrykk og bruke kvadratsetningene.
- bruke tall og variabler i utforskning, eksperimentering og praktisk og teoretisk problemløsning

Gravitasjonskraften virker mellom alle objekter som har masse. Hvis vi plasserte to mennesker 1 meter fra hverandre langt ut i verdensrommet, langt unna gravitasjonskreftene fra alle andre objekter, ville de sakte men sikkert begynne å bevege seg mot hverandre på grunn av gravitasjonskraften mellom dem. Gravitasjonskraften mellom to gjenstander er proporsjonal med produktet av massene til objektene. Jorden er den største massen i nærheten av oss, og er derfor den dominerende kilden til gravitasjon som påvirker oss alle. Jorden er så massiv at den overskygger gravitasjonen mellom gjenstander på jorden.

Alle himmellegemer, som asteroider, måner og planeter, har en «unnslipningshastighet». Dette er den hastigheten et objekt må oppnå for at den skal klare å slippe bort fra gravitasjonspåvirkningen til legemet og reise ut i rommet.



Figur 21: Flyfoto av romfergeoppskytning (NASA).

Unnslipningshastigheten avhenger av massen til himmellegemet og hvor langt fra dets sentrum man befinner seg. For jorden er unnslipningshastigheten V (i km/s) i en avstand R (i km) fra jordens sentrum gitt ved formelen:

$$V = \frac{894}{\sqrt{R}}$$

1. Hva er unnslipningshastigheten til en rakett som befinner seg på jordens overflate der avstanden til sentrum er 6 378 km?
2. En ingeniør foreslår å skyte opp raketten fra toppen av Mt. Everest siden den er lenger unna jordens sentrum. Er det en god ide?
3. Et romfartøy er parkert i en avstand på 35 786 km fra jordens overflate. Hva er unnslipningshastigheten fra dette punktet?
4. For å gå inn i en sirkulær bane som ligger i avstand R fra jordens sentrum, må fartøyet ha en hastighet som er $1/\sqrt{2}$ av unnslipningshastigheten i den avstanden. Hva er farten til en statelitt som går i en sirkulær bane 35 786 km fra jordens overflate? Hvor lang tid bruker denne satellitten på et baneomløp rundt jorden?

Svar:

$$1. V = \frac{894}{\sqrt{6378}} = 11.19 \text{ km/s}$$

$$2. V = \frac{894}{\sqrt{(6378+8.9)}} = 11.18 \text{ km/s}$$

Unnslipningshastigheten er ikke endret i noen stor grad, så det vil være lite hensiktsmessig å bygge en oppskytningsrampe på Mt. Everest med tanke på hvor mye som vil kreves for å bygge den.

$$3. V = \frac{894}{\sqrt{(6378+35786)}} = 4.35 \text{ km/s}$$

$$4. V = \frac{4.35}{\sqrt{2}} = 3.079 \text{ km/s}$$

$$\text{Baneomkretsen} = 2\pi R = 2 \times 3.141 \times 42\,164 = 264\,924 \text{ km}$$

Hastighet = 3,079 km/sekund og fører til en omløpstid på $T = 264\,924/3.076 = 86\,042$ sekunder eller 23.9 timer.

Merk at satellitter som går i bane 35 800 km over jorden kalles geostasjonære satellitter. Omløpstiden til disse satellittene er 24 timer, de vil derfor holde seg over samme punkt på jordoverflaten hele tiden.

4.3. Ares 1-X oppskytning

Denne delen av heftet kan bidra til å nå deler av følgende kompetansemål:

Matematikk 1T:

Tall og algebra:

- regne med rotuttrykk, potenser med rasjonal eksponent og tall på standardform, bokstavuttrykk, formler, parentesuttrykk og rasjonale og kvadratiske uttrykk med tall og bokstaver, faktorisere uttrykk
- omforme uttrykk og løse likninger, ulikheter og ligningssystem



Figur 22: Ares 1-X, klar for testoppskytning (NASA).

Ares 1-X er en moderne rakett som ble utviklet av NASA. Den gjennomgikk en testoppskytning i 2009. Første trinn av raketten ble koblet fra rakettkapselen (øvre del uten drivstoff) 150 sekunder etter oppskytning. Kapselen fortsatte å fly videre kun under påvirkning av jordens gravitasjon. Kapselen nådde en maksimum høyde av 45 km. Raketten var da over et punkt på jordoverflata som var 64 km unna oppskytningsstedet. Den horisontale hastigheten til kapselen var da 6400 km/t.

Tiden det tar for et objekt å falle til bakken er gitt av likningen,

$$H = \frac{1}{2}gT^2$$

der H er høyden over havoverflaten i meter. T er tiden i sekunder og g er tyngdeakselerasjonen = 9.8 meter/sekund².

- 1) Hvor mange sekunder tok det for Ares 1-X å falle til havoverflaten fra en høyde på 45 km?
- 2) Med kapselens horisontale hastighet, hvor langt unna oppskytningsrampa vil kapselen til slutt lande?

Svar:

1. Løst med hensyn på tiden t , blir likningen:

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Ved å sette inn $H = 45000$ meter, $g = 9.8$ meter/sekund², får vi svaret:

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 45000}{9.8}}$$

$$t = \sqrt{9183.7}$$

$$t = 95.83$$

Kapselen vil bruke omtrent 96 sekunder på å falle ned til bakken.

2. Farten er oppgitt som 6400 km/t. Kapselen flyr videre i 96 sekunder eller $96/3600 = 0.027$ timer. Avstand fra oppskytningsstedet er da gitt av

$$X = 64 + (6400 \times 0.027)$$

$$X = 273 \text{ km}$$

Kapselen lander 273 km unna raketts oppskytningssted.

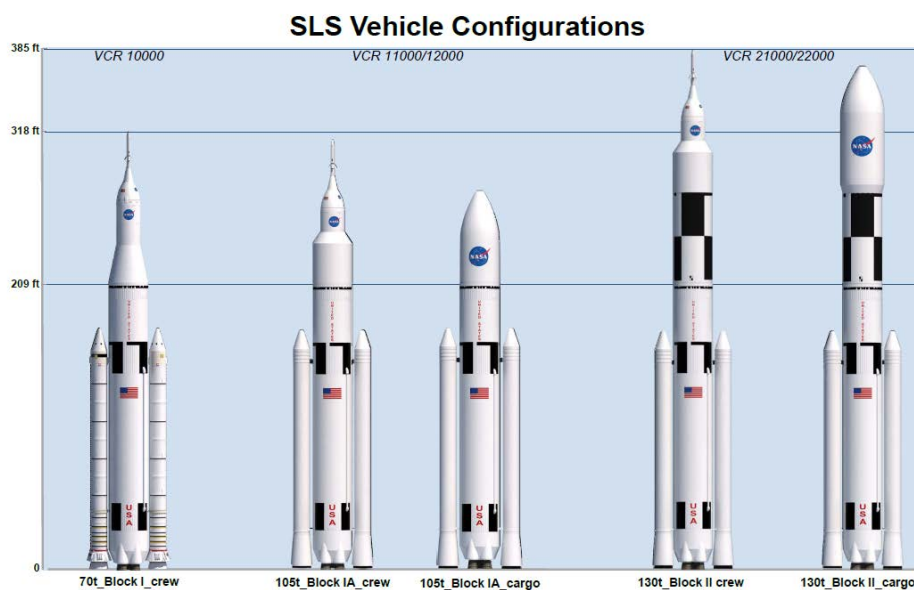
4.4. Space Launch System Rakter

Denne delen av heftet kan bidra til å nå deler av følgende kompetansemål:

Matematikk 1T:

Funksjoner:

- beregne nullpunkt, ekstremalpunkt, skjæringspunkt og gjennomsnittlig vekstfart
- lage, tolke og gjøre greie for funksjoner som beskriver praktiske problemstillinger, analysere empiriske funksjoner og
- bruke digitale verktøy til å framstille og analysere kombinasjoner av polynomfunksjoner, rotfunksjoner, rasjonale funksjoner, eksponentialfunksjoner og potensfunksjoner



Figur 23: SLS rakettfamilien (NASA).

NASA er i ferd med å utvikle neste generasjons store raketter. Målet er å utvikle en serie av raketter som kan brukes i flere moduler, til å frakte mennesker til romstasjonen ISS og etter hvert også til asteroider, Månen og Mars. Vi skal se litt nærmere på «Block 1 crew» versjonen som vil kunne frakte astronauter til romstasjonen ISS. Denne modulen vil veie omtrent 2500 tonn ved oppskytnings og vil kunne ta med en nyttelast på 70 tonn. Raketers

skyvekraft er en størrelse som måles i enheten Newton (som andre krefter). «Block I crew» vil ha en skyvekraft på ca 40 millioner Newton. For raketten kan vi definere følgende:

$$S(t) = \text{skyvekraft ved tiden } t$$

$$m(t) = \text{massen i tonn ved tiden } t$$

$$a(t) = \text{akselerasjon ved tiden } t$$

slik at

$$a(t) = \frac{S(t)}{m(t)}$$

Oppskytningen av raketten tar ca. 200 sekunder. Anta at i tidsintervallet $[0,200]$ er $S(t)$ og $m(t)$ gitt som følgende funksjoner når t settes lik $40x$ ($40x$ er bare en skalering).

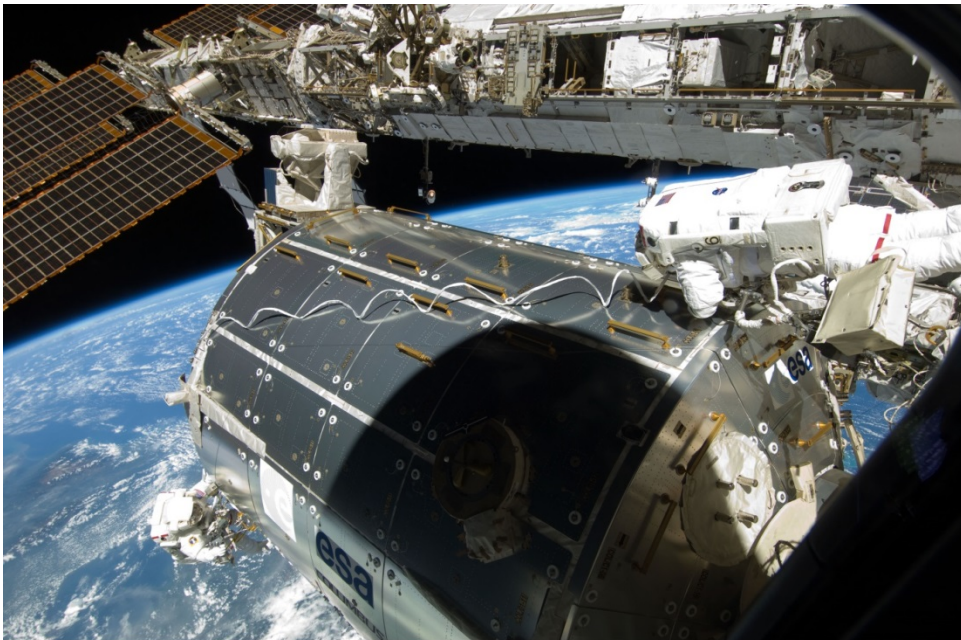
$$S(x) = 8x^3 - 16x^2 - x^4 + 40$$

$$m(x) = 25 - \left(\frac{3}{4}\right) * x^2$$

1. Lag en graf som viser $S(x)$ og $m(x)$ og finn alle ekstremalpunkter for skyvekraft og massen i intervallet $[0,5]$.
2. Lag en graf som viser $a(t)$ og finn alle minima og maksima i intervallet $[0,5]$. Ved hvilken tid er raketten akselerasjon størst?

DEL II

ASTRONAUTHELSE



S129E007270

Astronautene Michael Foreman og Randolph Bresnik installerer en kabel på utsiden av den Internasjonale Romstasjonens europeiske del, kalt Columbus (NASA).

1. Introduksjon til lærere

Siden 1999 har det kontinuerlig bodd mennesker utenfor jordkloden og atmosfæren. Den Internasjonale Romstasjonen (ISS, International Space Station) har vært deres midlertidige hjem utenfor jorden. Samtidig som ISS farer i bane rundt jordkloden med en fart på 27 000 km/t, foregår det trafikk av astronauter til og fra romstasjonen. Astronautene kommer fra mange ulike land og de bor og jobber ved romstasjonen med vitenskapelige oppdrag i månedsvis. Langt hjemmefra svever de rundt i et romfartøy som må sørge for å gi best mulige forhold for å jobbe og leve i et ekstremt og farlig miljø. Forholdene rundt disse menneskene er annerledes enn på jorden, og det er faktisk mange endringer som skjer inne i kroppene til astronautene. Dette undervisningsopplegget er laget med utgangspunkt i endringene som kroppen opplever på en slik tur.

Astronauthelse er delt opp i flere undervisningsopplegg som læreren kan gjennomføre med sine elever. Læreren står fritt til å «klippe og lime» fagstoff, bilder og deler av heftet slik at det passer for presentasjon i klassen. Vi viser til hvilke kompetansemål de ulike oppleggene primært er knyttet til og hvordan de bør gjennomføres.

Kapittel 2 begynner med en introduksjonshistorie om astronauten Luca Parmitano. Historien med bilder er ment å kunne brukes av læreren for å introdusere temaet eller leses av elevene. Delkapittel 2.1 er en demonstrasjon som gjennomføres av læreren.

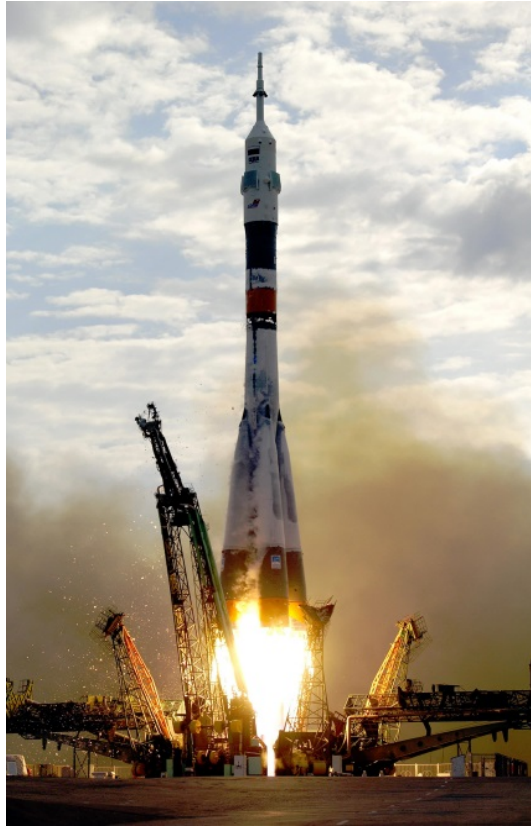
Delkapittel 3.1 tar for seg balanseorganet og er skrevet primært som en ressurs for læreren for å gjennomgå temaet i klassen. Bårnåys- stol-demonstrasjon skal også ledes av læreren og det anbefales at demonstrasjonen legges til slutten av en time.

Delkapittel 3.2 omhandler kroppens muskulatur og skjelett. Det gis noen spørsmål som elevene kan få svare på. Svar er gitt i samme delkapittel. Deretter følger en gruppeoppgave som er knyttet til trening ved romopphold. Svar med bilder, som læreren kan bruke for å oppsummere etter oppgaven, fins i samme delkapittel.

I delkapittel 3.3 undersøker vi hvordan blodet fordeler seg i kroppen når den befinner seg på jorden og i bane rundt jorden. Forsøket kan utvides med oppgaver av høyere vanskelighetsgrad som innebærer enkel regning, og aktiviteter for videre hypotesedanning og -testing.

2. Den Internasjonale Romstasjonen (ISS)

... 5, 4, 3, 2, 1 – LAUNCH!



Figur 2: Oppskytning av Soyuz rakett (NASA/Scott Andrews).

Med en høy brummende lyd begynner rakettmotorene å spy ut flammer og røyk, samtidig som raketten begynner å lette fra utskytningsrampa. Raketten er nesten like høy som en 20-etasjers bygning, og nær toppen sitter det tre astronauter godt fastspent til setene sine. Dette er begynnelsen på deres tur til den internasjonale romstasjonen, ISS (International Space Station).

Etter bare 9 minutter har raketten brakt de tre astronautene utenfor jordatmosfæren. Rakettmotorene og et beskyttelsesdeksel kobles fra astronautenes romfartøy som alene begynner en ferd mot ISS.



Figur 3: Romfartøyet til astronautene fotografert fra ISS (NASA).

De tre astronautene i romfartøyet heter Karen Nyberg (USA), Luca Parmitano (Italia) og Fyodor Yurchikhin (Russland), og de skal bo og jobbe sammen på ISS i 6 måneder.



Figur 4: Fra venstre: Karen, Fyodor og Luca før avreise til ISS (NASA/Bill Ingels).



Figur 5: Emblemet til de 3 astronautenes tur til ISS (Roscosmos).

På mange måter er hverdagen for astronautene på ISS ganske lik den vi har på jorden: De sover i ca. 8 timer hver natt, de står opp og spiser frokost før de tar fatt på arbeidsdagen, de tar en pause for å spise lunsj og middag, og de trener hver dag for å holde seg i form.

Likevel er livet på ISS ganske annerledes enn på jorden. ISS er et stort laboratorium hvor astronautene jobber med mange forskjellige vitenskapelige eksperimenter. ISS går i bane cirka 400 km over jorden i stor fart og bruker bare 90 minutter på ett omløp. Her skal astronauten Luca sveve, jobbe, sove, trene og spise i 6 måneder, men som sine kolleger er Luca vektløs når han er på romstasjonen. Han svever omkring istedenfor å gå rundt! Vektløsheten gjør at mange dagligdagse gjøremål blir annerledes på ISS enn på jorden.

3. Vektløshet og fritt fall

Denne delen av heftet kan bidra til å nå følgende kompetansemål:

5.-7. trinn Naturfag

Forskerspiren:

- samtale om hvorfor det i naturvitenskapen er viktig å lage og teste hypoteser ved systematiske observasjoner og forsøk, og hvorfor det er viktig å sammenligne resultater

8.-10. trinn Naturfag

Forskerspiren:

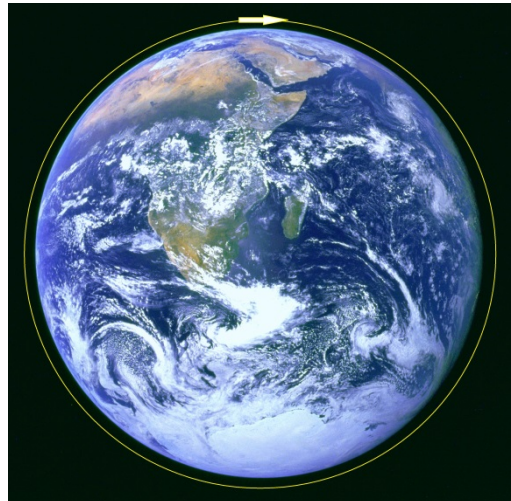
- forklare betydningen av å se etter sammenhenger mellom årsak og virkning og forklare hvorfor argumentering, uenighet og publisering er viktig i naturvitenskapen

Fenomener og stoffer:

- undersøke et emne fra utforskningen av verdensrommet, og sammenstille og presentere informasjon fra ulike kilder

Hvis læreren ønsker kan elever få lov til å snakke sammen to og to i fem minutter for å undre seg over hvorfor astronautene ser ut til å være vektløse. Man kan gjerne fortelle elevene at dette er et vanskelig spørsmål som mange voksne ikke kan svare på en gang! Til slutt kan læreren gå over til å gi svaret og demonstrere fritt fall.

Hva er det som gjør at Luca Parmitano og de andre astronautene er vektløse på ISS?



Figur 6: ISS' avstand fra jorden.

Gravitasjonen trekker oss alle mot jorden hele tiden! Man kan kanskje tro at astronautene er vektløse fordi de er langt unna jordoverflaten. Gravitasjonen blir svakere jo lenger vekk man

er fra jorden, men i 400 kilometers høyde, der ISS går i bane, er gravitasjonen fortsatt nesten like sterk som på jordoverflaten. Når man er vektløs, er man egentlig bare i fritt fall. Ved å hoppe opp i lufta, er en per definisjon vektløs - helt til en treffer bakken igjen. I ISS svever alt rundt, men det som egentlig skjer, er at alt faller i samme hastighet hele tiden uten å treffe noe, derfor ser det ut som om det svever. I virkeligheten faller alt veldig fort i bane rundt jorden.

3.1. Demonstrasjon av fritt fall

Utstyr:

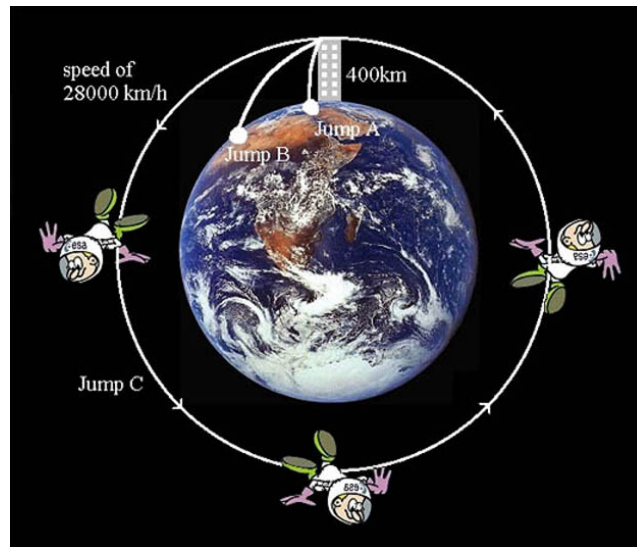
- 0,5 liters plastflaske
- Vann

Fremgangsmåte:

- Lag et hull i siden av flasken, nær bunnen.
- Dekk til hullet med tommelen, og fyll flasken med vann.
- Fjern tommelen og vann vil begynne å renne ut på grunn av trykket/vekten av vannet over hullet.
- Mens vannet renner ut, slipp flasken og observer om vannet fortsetter å strømme ut som før, eller om strømmen fortere eller saktere. (Vannet vil slutte å renne ut.)
- Fyll flasken med vann igjen, fjern tommelen fra hullet og kast flasken rett opp eller på skrått bortover. Se hva som skjer med vannstrålen. (Vannstrålen vil stoppe).

Forklaring:

Gravitasjonen gjør at vannet renner ut av hullet når du holder flasken og fjerner tommelen fra hullet. Vektløshet er et resultat av at gravitasjon trekker et objekt mot jordens senter (men noe hindrer objektet fra å falle nedover, for eksempel gulvet). Gravitasjonen er fortsatt tilstede når du slipper flasken, men siden det som hindrer vannet i å falle mot gulvet (her: flasken), også faller like fort som vannet, slutter vannet å renne ut. Vi sier at vannet og flasken blir vektløs. Når du kaster flasken opp i luften, begynner den å falle og blir dermed «vekløs» med en gang den forlater hånden din, selv når den beveger seg oppover.



Figur 7: Fritt fall med forskjellig hastighet (ESA).

Hvis du kastet vannflasken hardere ville den være i fritt fall lenger og vannet ville være vektløst lenger. ISS er som denne vannflasken, bare at den har fått kjempestor fart og derfor fortsetter å gå i bane rundt jorden uten noensinne å treffe bakken! På grunn av den store farten vil den hele tiden falle forbi jorden. En satellitt som går i bane nærmere jordoverflaten må bevege seg raskere for ikke å kolliderere med jorden, men rekke å falle forbi jordkrumningen.



Figur 8: Fall i en berg-og-dal-bane (Jason Campbell).

Du har selv kanskje opplevd å være vektløs på en berg-og-dal bane i noen korte øyeblikk? Kanskje har du til og med vært svimmel og kvalm etter en tur?

4. Astronautkroppen

Hvordan kommer kroppen til Luca til å påvirkes av å være på ISS? Hva må han og de andre astronautene passe på for å holde seg friske? Disse spørsmålene skal vi få svar på i denne delen av heftet.

4.1. Romsyke og balanseorganet

Kompetansemål som denne delen av heftet kan bidra til å oppfylle:

5.-7. trinn Naturfag

Forskerspiren:

- samtale om hvorfor det i naturvitenskapen er viktig å lage og teste hypoteser ved systematiske observasjoner og forsøk, og hvorfor det er viktig å sammenligne resultater

8.-10. trinn Naturfag

Forskerspiren:

- forklare betydningen av å se etter sammenhenger mellom årsak og virkning og forklare hvorfor argumentering, uenighet og publisering er viktig i naturvitenskapen.

Kropp og Helse:

- beskrive nervesystemet og hormonsystemet og forklare hvordan de styrer prosesser i kroppen

Fenomener og stoffer:

- undersøke et emne fra utforskingen av verdensrommet, og sammenstille og presentere informasjon fra ulike kilder

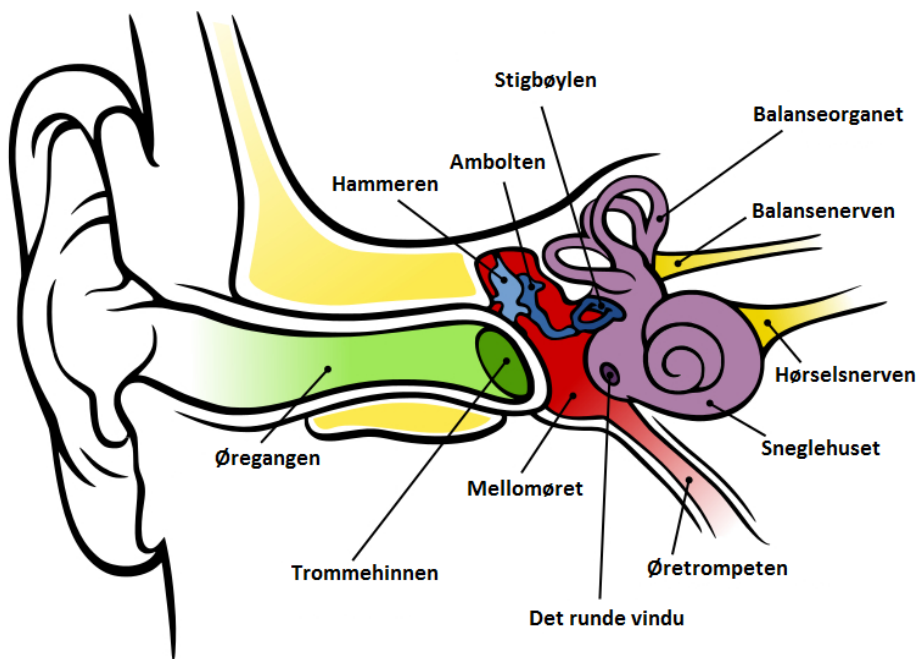
Selv om det kan høres deilig ut å være vektløs og sveve rundt i en romstasjon, er det veldig uvant for kroppen. Mange astronauter opplever såkalt «romsyke» når de blir vektløse. Når folk plutselig blir vektløse, er det vanlig at de blir svimle og kvalme og begynner å kaste opp.

Hvis du har vært bilsyk eller sjøsyk noen gang, vet du hva det dreier seg om. Denne romsyken kan vare i over ei uke!

Både bilsyke og romsyke oppstår på grunn av at kroppen blir forvirret av motstridende signaler om sine omgivelser og hva som skjer med den. For å forstå hvordan dette skjer må vi vite litt mer om menneskekroppens nervesystem.

Nervesystemet hos dyr er et fascinerende sammensatt og komplisert system. Det samler informasjon om verden utenfor og kroppen selv, det sorterer informasjonen for enten umiddelbar eller senere bruk. Det fungerer som kroppens generelle kommunikasjonsnettverk og det er også et slags hovedkvarter for å lage planer og ta beslutninger om alt kroppen skal gjøre. Nervesystemet gir ordre når en muskel skal brukes og regulerer vår mentale og fysiske tilstand. Hjernen er i bruk døgnet rundt og bruker opp mot 20 prosent av alt oksygen som en voksen kropp bruker.

Hjernen og ryggraden er nervesystemets sentrum, og kalles derfor sentralnervesystemet. Herfra sprer det seg et utrolig nettverk av nerver til alle deler av kroppen! Dette kalles for det perifere nervesystemet. Det er våre sanseorganer som stadig tar imot impulser fra omgivelsene og formidler disse videre via perifere nerver til sentralnervesystemet. Sanseorganene er huden (følesans), nesen (luktesans), øret (hørsel og balanse), munnhulen (smakssansen) og øyet (syn). I tillegg finnes det sanseorganer i alle ledd slik at vi kan føle i hvilken stilling kroppene befinner seg. I sanseorganene fins det nerveceller, kalt reseptorer, som reagerer på stimuli og lager elektriske impulser. Ved stadig å videresende signalene til andre typer nerveceller i nærheten kan et signal eller en beskjed sendes til hjernen direkte eller via ryggraden. Hjernen kan da for eksempel reagere på disse signalene ved å sende ordresignaler til muskler og andre organer.



Figur 9: Det Indre øret

I vårt indre øre fins det et balanseorgan, som sender signaler om hodets bevegelse og orientering. Balanseorganet består blant annet av tre kanaler som er fylt med en væske. Når hodet beveger seg, henger væsken litt igjen og bøyer spesielle flimmerhår. Denne bøyningen genererer signaler som sendes til hjernen for å rapportere om bevegelsen. Disse hårene og sansecellene de sitter på, er utrolig følsomme og selv ørsmå bevegelser under en hundredel av en cm kan oppfattes av hjernen!

Andre deler av balanseorganet er små blæreformede deler fylt med en geleaktig væske og noen små krystallkorn kalt statolitter. Hvis hodet beveger seg fort framover, vil statolittene henge igjen og sende signaler om bevegelsens akselerasjon eller oppbremsing. Hvis hodet bøyes framover, vil statolittene begynne å trille «nedover» i blæren og lage signaler om hvordan hodet er orientert i forhold til retningen til tyngdekraften.

Sammen med sansesignaler som balanseorganet sender, bruker hjernen også signaler fra andre sansorganer til å forstå hva som skjer omkring kroppen og hvordan den skal reagere. Hvis man sitter i en bil og er oppslukt av en bok, vil balanseorganet oppfatte bevegelsene til bilen mens øyet og huden ikke registrerer en slik bevegelse. Dette får hjernen til å tro at noe er galt med nervesystemet. Hjernen tror faktisk at det må være på grunn av at kroppen har svelget

noe giftig eller farlig. Derfor gir den ordre om å sette i gang kvalme slik at kroppen kan bli kvitt giften ved å spy.

4.1.1. Bárnáys stol - Demonstrasjon av balansesansen



Figur 10: Måling av blodtrykk etter bruk av Bárnáys stol (National Institutes of Health)

«Bárnáys stol» er oppkalt etter Róbert Bárnáy, en lege som forsket på hvordan balanseorganet i vårt indre øre fungerer. For dette arbeidet fikk han Nobel-prisen i medisin i 1914.

Utstyr:

En svingstol som er stabil og svinger **lett**.

Fremgangsmåte:

Sett en forsøksperson i Bárnáys stol. (Ideelt sett bør forsøkspersonen ha bind for øyne og hørselsvern slik at disse sansene er blokkert, men forsøket kan også gjennomføres ved at forsøkspersonen lukker øyne og at det er stille.)

1. Forsøkspersonen skal sitte med hendene på lårene eller på armlenene og be forsøkspersonen om å la tomlene peke i den retningen som stolen snurrer. Begynn å snurre stolen jevnt og sakte, og forsøkspersonen vil peke i riktig retning. Hvis stolen snurrer med jevn fart vil forsøkspersonen etter hvert tro at stolen ikke snurrer lenger

noe han viser ved å la tomlene peke rett opp. Når man så stopper stolen forsiktig, vil forsøkspersonen tro at stolen snurrer i motsatt retning. Be forsøkspersonen åpne øyne og fortelle om sine sanseinntrykk. Be klassen om å prøve å forklare hvorfor forsøkspersonen reagerte slik.

Forklaring: Når stolen med forsøkspersonen (og han/hennes balanseorgan) begynner å snurre, henger væsken i balanseorganets kanaler igjen og bøyer flimmerhårene i kanalene. Dette sender signaler til hjernen om at en bevegelse finner sted. Etter en kort stund vil væskebevegelsen være lik stolens bevegelse og kroppen tror at bevegelsen har stoppet opp. Når stolen stoppes vil balanseorganet også stoppe opp men væsken i kanalene fortsetter å bevege seg og bøyer flimmerhårene i balanseorganet motsatt vei, dermed vil kroppen tro at stolen snurrer motsatt vei.

2. Forsøkspersonen sitter i stolen med øyne igjen. Hodet bøyes fram og nesa peker til høyre eller venstre. Begynn å snurre stolen. Etter 30 sekunder, be forsøkspersonen om å snu hodet i motsatt retning. Be deretter forsøkspersonen beskrive hvordan det kjentes og utfordre resten av klassen til å forklare hva de observerte.

Forklaring: Når forsøkspersonen snur på hodet, blir også balanseorganet umiddelbart snudd i forhold til fartsretningen. Væsken i balanseorganet vil dermed også endre sin bevegelse, men det skjer saktere og endringen beveger flimmerhårene i motsatt retning. Hjernens får signal om en stor endring i bevegelse, som kan føles litt ubehagelig. Forsøkspersonen blir svimmel, og noen kan også bli kvalme fordi hjernen tror at nervesystemet er angrepet av noe giftig.

3. Forsøkspersonen sitter i stolen med øyne igjen og hodet bøyd framover slik at nesa peker ned mot fanget. En annen person står ca. 7-10 m unna stolen, og holder opp et ark eller et annet objekt. Begynn å snurre stolen sakte. Stopp stolen samtidig som du ber forsøkspersonen åpne øyne og reise seg i stolen. Be så forsøkspersonen peke på arket/objektet som står et stykke unna stolen. Forsøkspersonens overkropp vil sannsynligvis bevege seg i en retning fordi balanseorganet fortsatt registrerer stor bevegelse. Det kan være vanskelig å peke (med fingeren) rett mot objektet. Samtidig registrerer øyne forholdene rundt objektet og vil sannsynligvis klare å peke ganske rett

mot objektet. Balansesansen vår er en kombinasjon av mange forskjellige signaler som hjernen får, blant annet syn.

Bárnáys stol brukes under trening av piloter og astronauter for å demonstrere hvordan våre sanser påvirker kroppens balansesystemer. Dette er viktig trening fordi disse personene ofte kan komme i situasjoner der kroppens balansesystem blir forvirret. Da er det viktig at de ikke stoler kun på kroppens signaler, men bruker instrumentene i flyet for å orientere seg.

Balanseorganet er tilpasset et liv der man går omkring på jorden. Demonstrasjonen med Bárnáys stol viser at vår balansesans er meget ømfintlig for påvirkninger og at hjernen vår er raskt ute med å tolke sansesignalene den samler inn. Romsyken astronauter som Luca kan oppleve mens de er vektløse, kan være et stort hinder for arbeid og velvære, men beviser også at hjernen og nervesystemet vårt danner et effektivt system som raskt prøver å gjøre det som er best for kroppen. Heldigvis er kroppen vår også veldig tilpasningsdyktig og etter noen dager vil de fleste symptomene på romsyke være borte.



Figur 11: Luca Parmitano føler seg i god form (NASA)

Tilleggsspørsmål:

Hva tror du skjer med balansesystemet til Luca når han returnerer til jorden?

Svar: Balanseorganet trenger også tid til omstilling etter endt romferd, for igjen å tilpasse seg til gravitasjonens kontinuerlige påvirkning. Sannsynligvis vil Luca igjen oppleve svimmelhet og ubehag i 2-3 uker når han lukker øynene.

4.2. Muskulatur og skjelett

Denne delen av heftet kan bidra til å nå følgende kompetansemål:

5.-7. trinn Naturfag

Forskerspiren:

- samtale om hvorfor det i naturvitenskapen er viktig å lage og teste hypoteser ved systematiske observasjoner og forsøk, og hvorfor det er viktig å sammenligne resultater

Kropp og Helse:

- beskrive i hovedtrekk hjerte- og lungesystemet og hvilken funksjon det har i kroppen

8.-10. trinn Naturfag

Forskerspiren:

- forklare betydningen av å se etter sammenhenger mellom årsak og virkning og forklare hvorfor argumentering, uenighet og publisering er viktig i naturvitenskapen.
- formulere testbare hypoteser, planlegge og gjennomføre undersøkelser av dem og diskutere observasjoner og resultater i en rapport

Kropp og Helse:

- forklare hvordan egen livsstil kan påvirke helsen, herunder slanking og spiseforstyrrelser, sammenligne informasjon fra ulike kilder, og diskutere hvordan helseskader kan forebygges

8.-10. trinn Kroppsøving:

Trening og Livsstil:

- praktisere og forklare grunnleggjande prinsipp for trening
- forklare sammenhengen mellom fysisk aktivitet, livsstil og helse
- forklare korleis ulike kroppsideal og ulik rørslekultur påverkar trening, ernæring, livsstil og helse

Hver av oss har cirka 700 små og store muskler i kroppen vår og musklene utgjør omtrent halvparten av kroppsvekten vår. Hjertemuskelen jobber hele tiden for å pumpe frisk blod rundt i kroppen. Vi bruker dessuten musklene i beina, magen og ryggen til å gå og løpe.

Skjelettet vårt er rammeverket for hele kroppen og er både sterkt nok til å holde oss oppreist og beskytte kroppens viktige organer, men lett og fleksibel nok til at vi kan bevege oss på mange forskjellige måter.

Oppgaver

- Hvilke ulike muskler finnes i menneskekroppen, og hvilken funksjon har disse?
- For å bygge opp musklene må de belastes. Hvorfor er det slik tror du?
- Hvilke funksjoner har menneskeskjelettet?
- Hva er skjelettet laget av? Hva må vi gjøre for at skjelettet skal holde seg sterkt?
- Med det du nå vet om kroppens muskulatur og skjelett, lag en hypotese om hva som skjer med Lucas' muskulatur når han er vektløs over lang tid på den internasjonale romstasjonen?

Svar:

- Svaret kan være et sammendrag laget fra stoffet i naturfag, og bør inneholde en beskrivelse av de tre muskeltypene og deres funksjon. En mer avansert besvarelse kan også forklare skjelettets muskulatur type 1 og 2.
- Viktig at elevene forstår at det er muskelceller som stadig dør og nye som må lages. Når man belaster musklene ved trening prøver kroppen å gjøre seg klar for høyere belastning senere. Kroppen vil derfor bruke energi til å bygge opp større muskler.
- Skjelettet har mange funksjoner, bl.a. å holde kroppen oppreist. Dessuten beskytter det viktige organer i kroppen. For eksempel er hjernen beskyttet av hodeskallen. Skjelettet er feste for skjelettmuskulatur. Skjelettet har bevegelige ledd som lar oss bevege oss. I store knokler finner man også beinmarg som inneholder jern og hvor blodceller lages. Skjelettet er vårt viktigste lager av mineralsalter som f.eks. kalsium.
- Skjelettet består av benvev som er den harde delen av beina i kroppen. Benvev består hovedsakelig av mineraler, for det meste kalsiumfosfat. I tillegg består benvev av

kollagen, et proteinfiber. Denne kombinasjonen av mineralenes hardhet og proteinfibres styrke og smidighet, gjør benvevet sterkt.

Kosthold er viktig for skjelettet. Det er viktig å få i seg nok kalsium fra for eksempel melkeprodukter og andre mineraler, samt vitamin C som er viktig for å danne kollagen. I tillegg er trening og skjellettbelastning viktig for å styrke skjelettet.

- e. På jorden må kroppens skjelett og muskler være aktive hele tiden for å jobbe mot gravitasjonen. Selv når vi ikke trener aktivt, får musklene og skjelettet en belastning som gjør at kroppen styrkes. Lucas kropp trenger ikke å jobbe mot gravitasjonen. Han får derfor nesten ikke brukt musklene sine. Skjelettet hans trenger heller ikke å være så sterkt fordi kroppen ikke må holdes oppreist. Derfor vil både musklene og skjelettet hans bli svakere og svakere over tid etter hvert som kroppen tilpasser seg det nye miljøet.

Muskulatur og skjelett i kroppen vår blir stadig fornyet ved at celler dør og nye skapes. Når vi endrer måten vi bruker kroppen på, vil den prøve å tilpasse seg disse endringene. Musklene og skjelettet til Luca vil bli svakere fordi kroppen hans tilpasser seg de nye forholdene ved at kroppen trenger mindre muskel- og benvev for bevegelse og støtte og vil derfor lage færre nye celler. Dette tapet av muskler og benvev går raskt. Astronauter mister opp mot 1-2 % av benmassen sin hver måned. Sammenlignet med på jorden hvor eldre mennesker vanligvis mister 1-2 % av benmassen i løpet av ett år, er dette ganske mye. Etter et opphold på 6 måneder kan faktisk deler av Lucas' skjelett være like svakt som hos gamle mennesker. Muskeltap på 10-20 % er observert hos astronauter og hvis man ikke prøver å motvirke tapet kan det bli så mye som 50 %!

Heldigvis finnes det noe Luca kan gjøre for at skjelettet og musklene ikke skal svekkes alt for mye under oppholdet på ISS.

Gruppeoppgave



Figur 12: Luca Parmitano trener med vekter på jorden (NASA/ V. Zelentsov).

Lag et treningsprogram for Luca som gjør at han hver dag får brukt de store muskelgruppene. Tenk også over hvordan vektløshet påvirker hvilke treningsapparater Luca kan bruke.

Alle svar kan være interessante og det er viktig at elevene prøver å forklare hvorfor de har valgt bestemte treningsøvelser og apparater.

Svar:

Luca må trene cirka 2 timer hver dag om bord ISS for å bremse tapet av muskelvev og benvev. Siden alt er vektløst på ISS hjelper det ikke å løfte store vekter, de veier jo ingenting!

Ett av apparatene astronautene bruker er en tredemølle som de kan løpe på, men de må være bundet til tredemølla med strikk. Strikken erstatter gravitasjonen på jorden. Den drar astronautene ned mot underlaget slik at musklene får motstand når astronauten løper oppreist.



Figur 13: Luca trener på ISS ved å løpe på tredemølle (NASA).

Et annet apparat astronautene bruker er en ergometersykkel hvor astronautene kan spenne seg fast og sykle.



Figur 14: Astronaut Sunita Williams sykler for å holde seg i form (NASA).

Andre apparater lar astronautene trene musklene ved å gi motstand ved hjelp av fjærer eller elektriske motorer.



Figur 15: Koichi Wakata trener benpress på ISS (NASA).



Figur 16: Frank De Winne bruker romaskin til å trene (NASA).

Selv om daglig trening på ISS bidrar til at astronautene taper mindre muskelmasse og benvev enn de ville ha gjort ellers i vektløshet, er tapet fortsatt merkbart. Leger og forskere er veldig interesserte i å studere hvordan kroppen oppfører seg i vektløshet og hvordan man kan holde kroppen i form på romstasjonen. Dette er viktig hvis man skal på lange romreiser i fremtiden, men det er også viktig for oss her på jorden. Svekkelsen av skjelettet astronautene på ISS opplever er veldig likt det vi opplever på grunn av alderdom på jorden. Metoder som hjelper astronauter med å begrense svekkelse av muskler og benvev, vil derfor kunne hjelpe oss på jorden med å holde kroppene våre friskere enda lenger.

4.3. Blodet

Kroppen vår består av omtrent 60 % vann. På jorden vil væsken fordele seg slik at det er mer av det i bena og kroppens lavere deler enn nærmere hodet og øvre deler. Husk, gravitasjonen trekker også væsken nedover mot bakken.

Når kroppen blir vektløs, sendes mer blod til hodet og brystet. Astronautene ser ut til å få tykkere nakke og kinnene blir røde og større, mens bena blir tynnere. Hjertet til Luca vil også bli større kort tid etter at han begynner å leve i vektløs tilstand. Når kroppen blir vektløs, sendes mer blod til hodet og brystet. Kinnene blir røde og hjertet blir som sagt større. I tillegg vil mer væske fordele seg rundt nesa og bihulene til Luca og han opplever symptomer som ligner på forkjølelse. Tett nese og bihuler vil Luca kanskje måtte leve med under hele oppholdet på ISS. Fordi kroppen samtidig lager færre røde blodlegemer, kan Luca bli blodfattig. De fleste av oss har opplevd at maten smaker mindre og litt annerledes når vi har tett nese. Slik er det også for astronautene. Det er en av grunnene til at mange av astronautene får mer lyst på mer krydret mat i rommet enn på jorden!

Etter hvert begynner kroppen å tilpasse seg vektløshet. Fordi det er mer væske enn vanlig i kroppens øvre deler, oppfatter hjernen at det er for mye væske i kroppen, og gir beskjed om å bli kvitt væsken. Det gjør at astronautene stadig må tisse. En del viktige stoffer som mineraler blir sendt ut av kroppen sammen med urinen, og det er viktig at astronautene har et kosthold som raskt erstatter disse stoffene. Etter en stund vil mengden væske og blod i kroppen minke. Hjertet må pumpe mindre blod og i tillegg slipper den å pumpe mot gravitasjonen. Derfor blir hjertet etter hvert mindre og astronautene får også lavere blodtrykk. Dette er ufarlig for astronauter mens de er i verdensrommet.

Hva skjer med kroppen til Luca når han kommer tilbake til jorden?

Fordi Luca har blitt blodfattig og blodtrykket er blitt lavere, vil han måtte være forsiktig med å bevege seg når han kommer tilbake til jorden. Han kan føle seg svimmel og i verste fall besvime hvis han reiser seg for raskt fra sittende stilling. Heldigvis tar det bare noen dager eller uker før blodtrykket er normalt igjen.

Forsøk med fluidskift

La oss gjøre et forsøk som viser hvordan kroppen påvirkes når væsken i kroppen samler seg i øvre del av kroppen.

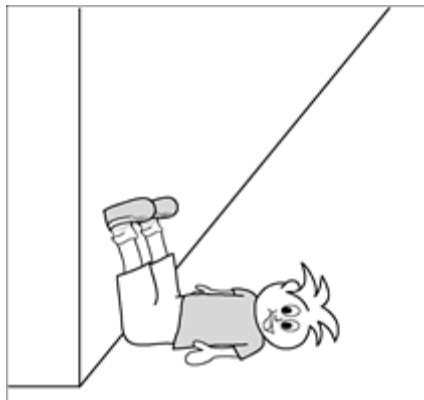
Utstyr:

- Målebånd
- Stoppeklokke

Fremgangsmåte:

Mål omkretsen på bena et kort stykke over ankelen til en forsøksperson mens han/hun står oppreist.

Vi skal nå simulere hvordan kroppsvæsken fordeler seg i vektløshet. La forsøkspersonen ligge på ryggen med bena lent opp mot en vegg.



**Figur 17: Forsøkspersonen ligger med bena lent mot en vegg
(ill.: Lunar and Planetary institute).**

Vent ett minutt og mål igjen omkretsen på samme sted som tidligere. Beskriv også hvilke endringer du ser i utseendet til forsøkspersonen, og skriv ned forsøkspersonens opplevelse av hvordan det føles nå mer blod samler seg i kroppens øvre deler. Sammenlign målingene for flere forsøkspersoner, både før og etter simulert vektløshet. Hvilke slutninger kan du dra fra målingene?

Tilleggsforsøk om hjertets funksjon

Mengden eller volumet av blod som hjertet pumper ut i kroppen i løpet av ett minutt, kalles minuttvolum. Siden hjertet pumper blod blant annet for å frakte oksygen til alle deler av kroppen er minuttvolum et mål på hvor mye oksygen kroppen trenger til enhver tid. Mens vi står oppreist pumper hjertet omtrent 75 ml blod per hjerteslag. Dette kalles slagvolumet. Når mer blod samler seg i kroppens øvre deler må hjertet pumpe mer blod for hvert slag og slagvolumet øker til omtrent 90 ml per hjerteslag.

- a. Mål pulsen (hjerteslagene) til en forsøksperson som står oppreist og regn ut minuttvolumet.
- b. La forsøkspersonen ligge på ryggen med bena lent opp mot en vegg i minst ett minutt. Mål puls og regn ut minuttvolum nå.
- c. Sammenlign resultatene fra forsøkene over og forklar dine funn.

Forklaring:

Slagvolumet øker fordi mer blod samler seg i overkroppen og hjertet må pumpe ut mer blod ved hvert slag. For å kompensere for denne økningen i slagvolumet, vil pulsen gå ned slik at minuttvolumet holder seg på omtrent samme nivå. Merk at det kan godt være forskjeller i minuttvolumet. Det er derfor viktig at forsøket gjøres med flere forsøkspersoner og at elevene forstår betydningen av å gjøre dette, samt at en drøfter eventuelle feilkilder.

Vanskeligere tilleggsoppgaver:

- d. Lag en hypotese for hvordan minuttvolumet vil bli påvirket av treningsaktivitet, på jorden og i simulert vektløshet.
- e. Tenk ut og beskriv en fysisk aktivitet du kan gjennomføre for å teste hypotesen din.

DEL III

LIVET I VERDENSROMMET



(NASA)

1. Introduksjon til lærere

Er vi alene i universet, eller finnes det liv andre steder enn på jorda? Menneskets søken etter andre livsformer har pågått så lenge vi har hatt bevissthet om vår plass i universet. Universet rommer et ukjent antall galakser med milliarder av planeter, og stadig flere tror at det finnes liv på andre planter. Solsystemet vårt befinner seg i ytterkanten av galaksen som heter Melkeveien og utgjør bare et lite sandkorn i mylderet der ute. På jorda finnes liv i form av bakterier og mikrober selv på de mest usannsynlige steder som f.eks. i undersjøiske vulkaner? Vi har ikke funnet bevis, men vi har funnet tegn på at det kan være liv andre steder i vårt eget solsystem; men hva er egentlig liv, og hva skal til for at liv skal oppstå?

Naturfaget gir rom for undring og utallige og kompliserte spørsmål om liv på andre planeter. Elevene har sett fantastiske fremstillinger av såkalt ekstraterrestrielt liv på tv og kino, og hørt og lest om bemannet romfart og utforskning av verdensrommet. I dette kapitlet om temaet *livet i verdensrommet* er det lagt opp til diskusjoner og aktiviteter som skal gi en grunnleggende forståelse og innføring i astrobiologien; hva kjennetegner livet slik vi mennesker har definert det, og hva legges til grunn for søken etter liv andre steder?

Med utgangspunkt i kompetansemål i læreplanen er kapitlet delt inn i ulike tema og aktiviteter som læreren kan gjennomføre med sin klasse, enten samlet eller enkeltvis. Undervisningsoppleggene er ment å gi svar på faglige spørsmål, men også for å skape undring og bevissthet rundt vår eksistens på jorden.

2. Hva er liv?

Kompetansemål fra læreplan i naturfag som denne delen kan bidra til:

8-10 trinn

- beskrive oppbygningen av dyre- og planteceller og forklare hovedtrekkene i fotosyntese og celleånding
- forklare betydningen av å se etter sammenhenger mellom årsak og virkning og forklare hvorfor argumentering, uenighet og publisering er viktig i naturvitenskapen
- skrive forklarende og argumenterende tekster med referanser til relevante kilder, vurdere kvaliteten ved egne tekster og revidere tekstene. Hva er liv, og hva kjennetegner liv?

La elevene komme med egne beskrivelser. Noen igangsettere kan være:

- liv er komplisert
- det kan formere seg
- det vokser
- liv kan lagre og kopiere informasjon (i den genetiske koden)
- det utfører metabolisme (pust, gassutveksling, fordøyelse, energiomsetning)
- levende organismer kan dø

Disse beskrivelsene passer også på ikke levende ting og prosesser. Her er noen eksempler: En iskrystall kan vokse (men ikke dø), en skogbrann utfører metabolisme (stoffskifte) og en datamaskin kan lagre og kopiere informasjon. Muldyr (krysning mellom esel og hest) er definitivt levende, men kan ikke formere seg (er sterile).

Kan vi definere hva liv er? Svaret på dette er egentlig nei, vi kan lage noen beskrivelser av hva liv er og hva som kjennetegner de formene for liv som vi kjenner til. Det er viktig å forstå at disse beskrivelsene kommer fra oss mennesker og at det kan finnes andre former for liv enn det vi kjenner til i dag.

Ønsket om å definere liv går langt tilbake og har alltid opptatt mennesket. I Europa på 1800 tallet oppstod begrepet vitalisme, eller troen på en egen livskraft som kunne omdanne dødt eller uorganisk materiale til liv. Denne ble forkastet da den ikke lot seg bevise.

Eksempel på et forsøk på å definere liv: *Life is a self-sustained chemical system capable of undergoing Darwinian evolution.* Gerald Joyce, NASA scientist, 1994. På norsk vil dette være: *Liv er et selvforsynt kjemisk system som er i stand til å være i en prosess av Darwinistisk evolusjon.*

Et forsøk på å definere liv er å fokusere på cellen. En fungerende celle er levende. Alle levende organismer, fra bakterier til mennesker og dyr, består av en eller flere levende celler. Celler deles inn i tre hovedtyper: dyreceller, planteceller og bakterier.

Oppgave: Celler

- Gå inn på [viten.no](http://www.viten.no) og gjør oppgaven om hvordan ulike typer celler er bygd opp:
<http://www.viten.no/?celler-oppbygning>
- En healer som er opptatt av alternativ medisin og kroppens naturlige energi gjør et forsøk der hun vil leve av meditasjon, sollys og vann. Etter noen dager blir hun alvorlig syk og må avslutte prosjektet. Hvorfor?

(Svar: mennesker har ikke kloroplaster og kan derfor ikke omdanne sollys og vann til energi)

- Planter som vokser i verdensrommet lager celler med tynnere cellevegg enn planter som vokser på jorden. Kan dere tenke dere hvorfor?

(Svar: uten tyngdekraften trengs ikke like mye støtte for å holde planten opprett mot lyset. Planten tilpasser seg på individnivå og bruker mindre energi på noe som ikke er nødvendig)

Oppsummering: Liv er veldig vanskelig å definere. Vi kan finne noen gode beskrivelser av egenskaper hos levende organismer, men det er viktig å ha i bakhodet at disse beskrivelsene er laget av oss mennesker, og at det kan finnes livsformer vi ennå ikke kjenner til.

3. Liv på jorden

Denne delen av heftet kan bidra til å nå følgende kompetansemål fra læreplan i naturfag:

8-10 trinn

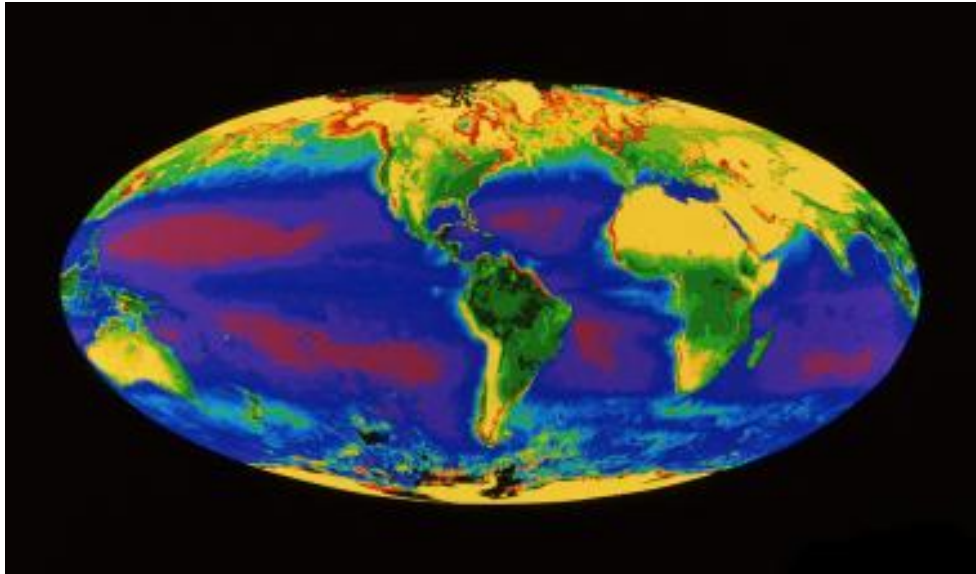
- identifisere naturfaglige argumenter, fakta og påstander i tekster og grafikk fra aviser, brosjyrer og andre medier, og vurdere innholdet kritisk

Hvilke kriterier må være oppfylt for at en planet skal være beboelig for levende organismer?

- Vann (i flytende form)
- En energikilde (Sola for jorden sin del)
- En kilde til elementer (kjemiske byggeklosser) og andre næringsstoffer
- Fysiske forhold som er forenelig med liv

I vårt solsystem finnes slike forhold, så vidt vi vet, bare på og rundt jorden.

På jorden finnes det liv i et avgrenset område som vi kaller for biosfæren. Biosfæren er et tynt lag av vann, luft, jord og vegetasjon, som omgir hele jordkloden og som er ca. 19 km tykt på det tykkeste. Det aller meste av det vi definerer som liv på jorden finnes innen et lag på bare tre kilometer. Noen former for liv kan finnes på havbunnen inntil 11 kilometers dybde. Biosfæren rommer store mengder grunnstoffer som karbon, nitrogen og oksygen, og mindre mengde fosfor, kalsium og kalium.



Figur 18: Satellittbilde som viser fordelingen av vegetasjon på land og planteplankton i havet. Fargene representerer klorofylltetthet. Havet: fra rød (tett) til blå og rosa (lavest tetthet). Land: Mørk grønn (tett) – gul (lavest tetthet) (NASA).

Oppgave: Byggesteiner for liv og grunnstoffs betydning for livet på jorden

Oppgavene a) og b) er ment for alle, mens oppgave c) kan gis til elevene som trenger en ekstra utfordring.

- Hva må være tilstede for at noe skal kunne leve på en planet?
- Beskriv hvordan grunnstoffene nitrogen og kalium er viktige for mennesker og dyr.
- Livet på jorden er basert på grunnstoffet karbon, men mange har spekulert i at det kan finnes livsformer basert på andre grunnstoffer som f.eks. silisium (Si, engelsk silicon) også. Kan dere si noe om hvilke funn eller egenskaper hos Si som har ført til disse spekulasjonene?

Noen nyttige lenker til oppgave c):

http://nysgjerrigper.no/Artikler/2008/november/utanomjordisk_liv

<http://illvit.no/spor-oss/kan-liv-vare-basert-pa-annet-enn-dna>

<http://www.forskning.no/artikler/2010/desember/272616>

<http://www.universetoday.com/91449/>

http://www.nt.ntnu.no/users/stolevik/verdt_aa_vite_7_2011.pdf

} Lett

} Vanskelig



**Figur 19. Silisiumbasert liv slik det er tenkt i en TV-serie
(Star Trek: The original series).**

En fin liten oppgave for å filosofere over livet på jorden finner du her:
http://www.naturfag.no/forsok/vis.html?tid=916662&within_tid=622804

4. Når oppstod livet på jorden?

Relevante kompetansemål fra læreplan i naturfag:

8-10 trinn

- forklare hovedtrekk i teorier for hvordan jorden endrer seg og har endret seg gjennom tidene, og grunnlaget for disse teoriene
- forklare hovedtrekkene i evolusjonsteorien og gjøre rede for observasjoner som støtter teorien

Jorden er en levende planet som er i stadig forandring. Livet på jorden blir påvirket av både abiotiske og biotiske faktorer. Biotiske eller ikke-levende faktorer kan være vind, lys, temperatur og kjemiske forhold, mens biotiske- eller levende faktorer påvirker livet i samspill med andre levende organismer. Biotiske faktorer kan være vanskelig både å forstå og beskrive fordi endringer hos en art fører til endringer hos en annen art, som igjen vil påvirke den første arten osv. Sterke naturkrefter som vulkanutbrudd, jordskjelv og erosjon (abiotiske faktorer) er med på å endre landskapet hele tiden, og kontinentene er i stadig bevegelse.

Evolusjon handler om hvordan livet har utviklet seg på jorden. Evolusjon beskriver endringer som har skjedd i en art over lang tid og flere generasjoner. Evolusjonsteorien, som ofte relateres til Charles Darwin, forklarer hvordan alt liv på jorden er beslektet og har utviklet seg fra de enkle organismer som levde for milliarder av år siden. Hvordan oppstod livet, og hvordan så de første artene ut?

Flere steder kan man lese utsagn som « livet på jorda oppstod for omtrent 4 milliarder år siden. Men hvordan kan vi vite det? Det er gjort funn av fossiler som dateres tilbake til denne tida, men dateringene er upresise, og man kan aldri vite med sikkerhet om et gammelt funn virkelig er det eldste. Et eksempel på noen viktige fossile funn som gir oss en pekepinn på hvordan jorden har utviklet seg er Mesosaurus, et krokodilleliknende dyr som er funnet på flere kontinenter og som levde for 270 millioner år siden, og tropeplanten Glossopteris, som er funnet på alle kontinentene.



Figur 20. Mesosaurus (over) og Glossopteris (under)

(hhv. Kevmin og Viten.no).

En teori som fortsatt står sterkt om hvordan jorden har utviklet seg, er kontinentalteorien utviklet av Alfred Wegener tidlig på 1900-tallet. Ut fra formen på kontinentene trodde han at de en gang har vært samlet i et superkontinent kalt Panganea, og at kontinentene senere har drevet fra hverandre til de posisjonene de har i dag. *En oppgave om hvordan verden har utviklet seg og hvordan landskapet i Norge har blitt til finnes på viten.no: <http://www.naturfag.no/vitenobjekt/vis.html?tid=1184192>* Oppgaven er omfattende, men inndelt i flere tema.

Her kan en også trekke inn grunnbegreper i evolusjonsteori. Viktige begreper i evolusjonen er genetisk variasjon, arvelighet og tilpasning. Enkel forklaring og oppgaver for å forstå de

grunnleggende begrepene i evolusjonsteorien finnes også på viten.no:
<http://www.viten.no/?evolusjon>

Oppgave: Tyngdekraftens betydning for livet på jorden

En viktig faktor som har påvirket livet på jorden og evolusjonen som har foregått her er tyngdekraften. Hvordan tror dere tyngdekraften har påvirket evolusjon på jorden? Oppgaven kan løses i grupper eller i plenum.

- Planter som vokser på jorden bruker tyngdekraften til å orientere veksten sin med bladene opp og rota ned. Hva tror dere skjer i vektløse omgivelser, eller på steder med mindre gravitasjon? Tegn og forklar.

Svar: Norske forskere i Trondheim har vist at om man dyrker planter under vektløse betingelser så blir andre ytre stimuli som lys og vann enda viktigere for planten. Skuddet vil da vokse mot lyset og røttene mot vann. Om man skrur av lyset i tillegg til vektløshet blir planten forvirret og begynner å vokse i alle retninger. Litt som hos mennesket, om man lukker øynene eller om det er helt mørkt kjennes det som om lyder blir sterkere; bruken av hørsel forsterkes for å kompensere for synssansen.

- Planter dyrket under vektløse betingelser lager mindre støttevev i celleveggen og blir mer langstrakte enn planter på jorden. Mennesker som oppholder seg lenge i rommet må trene for å hindre tap av muskelmasse og beinskjørhet. Hvordan tror dere mennesket hadde utviklet seg om vi ikke hadde hatt gravitasjon?

Svar: Vi kan anta at muskulatur og skjelett kunne ha vært mye svakere fordi kroppen ikke trenger så mye støtte. Uten gravitasjon hadde vi også måttet bevege oss på en helt annen måte. Dyr som lever i havet opplever ikke tyngdekraften på samme måte som oss på land, kanskje ville vi ha liknet mer på dem?

5. Liv på andre planeter

Denne delen av heftet kan bidra til å nå følgende kompetansemål fra læreplan i naturfag:

8 – 10 trinn

- identifisere naturfaglige argumenter, fakta og påstander i tekster og grafikk fra aviser, brosjyrer og andre medier, og vurdere innholdet kritisk
- undersøke et emne fra utforskningen av verdensrommet, og sammenstille og presentere informasjon fra ulike kilder og skrive forklarende og argumenterende tekster med referanser til relevante kilder, vurdere kvaliteten ved egne og andres tekster og revidere tekstene

Per i dag har vi ikke klart å finne liv noen andre steder enn på jorden. (Her kan det være fint å legge inn en repetisjon om biosfæren og forholdene på jorden). Finnes det tilsvarende forhold på noen andre kjente planeter? Se oppslag om hva som gjør et miljø beboelig (se under). **Hva gjør et miljø beboelig?**

Temperatur: Kroppen vår (og hos andre dyr og planter) er bygget opp av proteiner, karbohydrater, DNA osv. Ved ca. 125°C vil disse «byggsteinene for liv» brytes ned. Lave temperaturer gjør at kjemiske prosesser i cellene går altfor sakte. De fleste former for liv må ha en temperatur mellom 15°C - 115°C for å leve.

Vann: Livet på jorden trenger flytende vann. Det trenger ikke være tilgjengelig hele tiden, og noen organismer kan gå i dvale når vanntilgangen er dårlig, men det må være tilstede i perioder.

Atmosfære: Atmosfæren beskytter en planet mot stråling og gjør temperaturen på overflaten mer stabil. I tillegg kan atmosfæren være en viktig del av kretsløp for å gjenbruke kjemiske forbindelser som nitrogen, karbondioksid og vann, som er viktige for livet. Atmosfæren holdes på plass av tyngdekraften.

Energi: Levende organismer kan bruke enten sollys eller kjemisk energi for å leve. Dersom sollyset blir for svakt kan det ikke gi grunnlag for liv.

Næringsstoffer/kjemiske forbindelser: De fleste planetene i vårt solsystem har samme kjemiske oppbygning, og har dermed tilgang på det som trengs for liv. Men for at disse skal være tilgjengelige slik at de kan brukes, må det i tillegg finnes et løsemiddel som vann, og kretsløp som gjør at stoffene kan gjenbrukes.

Gruppeoppgave: Finnes det andre levelige steder i vårt solsystem, og hvor er det mest sannsynlig at liv finnes?

Bakerst i heftet finnes «planetkort» som beskriver forholdene på Jorden, Månen, Europa (Jupiters måne), Mars, Venus og Pluto. Elevene skal rangere kortene etter hvor de tror det er mest sannsynlig at det finnes liv. Diskuter hva gruppene har brukt som begrunnelse for sin vurdering/rangering.

6. Utforsking av verdensrommet

Mennesket har en sterk trang til å utforske jorden og andre deler av verdensrommet. På den internasjonale romstasjonen bor og jobber astronauter fra mange land sammen for å forske på gravitasjon, jordobservasjon og mye annet. Mennesket har allerede vært på Månen, men kan vi overleve i lengre tid på andre planeter? I dag sendes roboter og annet forskningsutstyr til Mars, og det planlegges at mennesket skal reise dit i løpet av noen tiår. En reise til Mars vil ta minimum 6 mnd. hver vei, og det er hverken mulig å ta med seg alt man trenger eller sende nye forsyninger fra jorden. ESA har laget en egen modell for et såkalt livsstøttesystem som skal gjøre det mulig med lange romferder, dette systemet kalles MELiSSA (Micro Ecological Life Support System Alternative). Systemet er et lukket kretsløp, og et økosystem på jorden er brukt som modell. Mat, vann og oksygen gjenvinnes fra mannskapets avfall (avføring, urin, karbondioksid og utskilte mineraler). MELiSSA-systemet består av fem avdelinger, der tre av avdelingene inneholder bakterier som bryter ned avfallsprodukter. Den fjerde avdelingen inneholder alger og planter, som bruker næring og karbondioksid for å lage mat og oksygen til astronautene i den femte avdelingen.

Oppgave: Livsstøttesystemer som «matpakke» for lange romferder

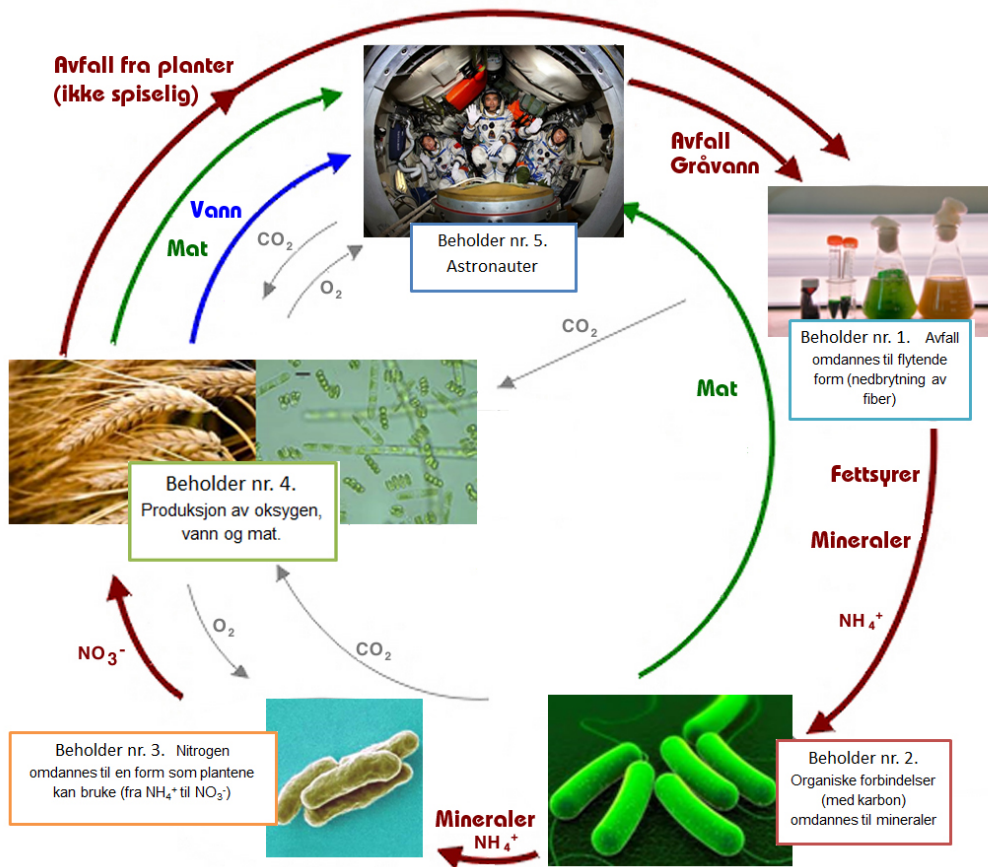
Se på bildet av MELiSSA kretsløpet (se neste side), og bildet av et økosystem på jorden. Forklar med egne ord hvordan MELiSSA systemet etterlikner naturen. Beskriv hva som er produsenter, konsumenter og nedbrytere i de to kretsløpene. Hva er biotiske og abiotiske faktorer?

Bilder og beskrivelser som kan være til hjelp finner dere her:

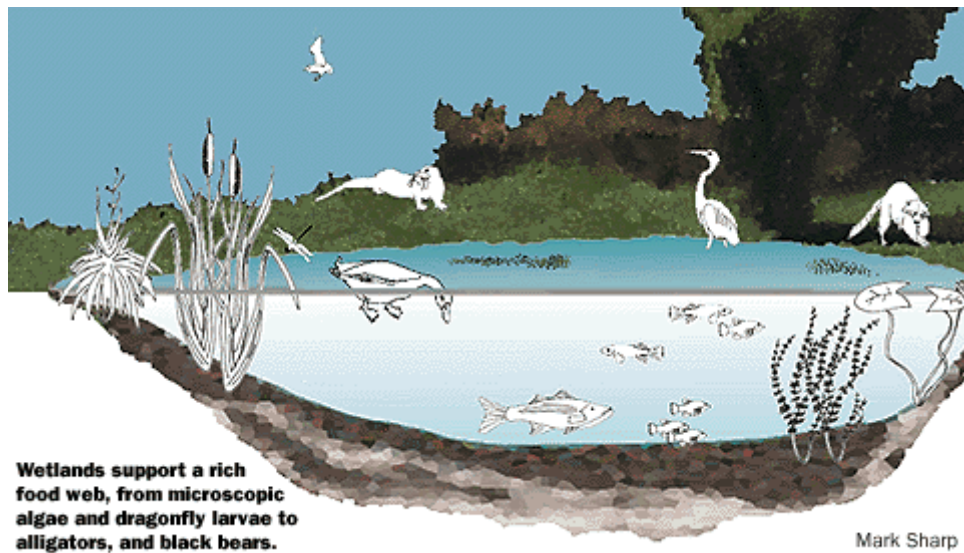
http://www.esa.int/SPECIALS/Melissa/SEMUS4V681F_0.html

<http://www.globalis.no/Figurer/Arktis-eksempel-paa-et-oekosystem-i-havet>

<http://krakstad.umb-sll.wikispaces.net/%C3%98kosystem>



Figur 1 MELiSSA- kretsløpet (ESA).



Figur 2 Akvatisk økosystem på jorden (EPA/Mark Sharp).

Vedlegg

Oppgaver til elevene

Disse oppgavene kan kopieres og deles ut til elevene.

1 Hva er liv?

Jorden og det solsystemet som vi er en del av ligger i ytterkanten av galaksen som heter Melkeveien (se bilde på neste side). Melkeveien har en diameter på 100000 lysår. Sammenligner vi stjernene i Melkeveien med lysene i en stor by, vil planetene bare være på størrelse med ørsmå mygg som flyr omkring enkelte av disse lysene - og en av disse "myggene" er vår egen jord. Men jorden er likevel spesiell, fordi den er den eneste planeten vi vet om som har liv i form av dyr og planter. Men hva er egentlig liv?

Tenk gjennom følgende spørsmål: Hvordan vil du beskrive noe som er levende? Hvilke egenskaper har dyr, mennesker og for eksempel bakterier til felles? Er det noe som gjør at de likner på hverandre? Kan det finnes andre typer liv enn det vi vet om her på jorden?



Melkeveien. Solsystemet vårt og jorden ligger som en mikroskopisk prikk helt ytterst i galaksen (NASA).

Oppgave 1: Celler

- En måte å definere liv på er som den minste biologiske enheten vi kjenner til, nemlig cellen. En fungerende celle er levende. Alle levende organismer, fra bakterier til mennesker og dyr, består av en eller flere levende celler. Det er vanlig å dele celler inn i tre hovedtyper: Dyreceller, planteceller og bakterier. Gå inn på viten.no og gjør oppgaven som handler om hvordan ulike typer celler er bygd opp: <http://www.viten.no/?celler-oppbygning>
- En healer som er opptatt av alternativ medisin og kroppens naturlige energi gjør et forsøk der hun vil leve av meditasjon, sollys og vann. Etter noen dager blir hun alvorlig syk og må avslutte prosjektet. Hvorfor?
- Planter som vokser i verdensrommet lager celler med tynnere cellevegg enn planter som vokser på jorden. Kan dere tenke dere hvorfor?

2 Livet på Jorden

Det aller meste av det vi definerer som liv på jorden finnes i et tynt lag på jordoverflaten som kalles biosfæren. De forholdene som finnes i biosfæren, og som er grunnlaget for biologisk liv, finnes ingen andre steder som vi vet om. Men hva er det som er spesielt med biosfæren, og hva er det som har gjort at det var akkurat her livet oppstod?

Oppgave 2: Byggesteiner for liv og grunnstoffenes betydning for livet på jorden

- a) Hva må være tilstede for at noe skal kunne leve på en planet?
- b) Beskriv hvordan grunnstoffene nitrogen og kalium er viktige for mennesker og dyr.
- c) Livet på jorden er basert på grunnstoffet karbon, men mange har spekulert i at det kan finnes livsformer basert på andre grunnstoffer som f.eks. Silisium (Si, engelsk silicon) også. Kan dere si noe om hvilke funn eller egenskaper hos Si som har ført til disse spekulasjonene?



Silisiumbasert liv (Star Trek: The original series).

3 Når oppstod livet på jorden, og hvordan er livet her blitt slik vi kjenner det?

Jorden er en levende planet som er i stadig forandring. Akkurat når livet oppstod, og hvordan de første dyrene så ut vet vi ikke helt, men vi vet noe om hvordan livet og naturen har utviklet seg over tid. En forandring i en art som skjer over lang tid (mange generasjoner) kaller vi for evolusjon. En faktor som er viktig for hvordan livet på jorden har utviklet seg, og som er med på å gjøre jorden så spesiell, er tyngdekraften. Hvordan tror dere tyngdekraften har påvirket evolusjonen på jorden?

Oppgave 3: Tyngdekraftens betydning for livet på jorden

- Planter som vokser på jorden bruker tyngdekraften til å orientere veksten sin med bladene opp og rota ned. Hva tror dere skjer i vektløse omgivelser, eller på steder med mindre gravitasjon? Tegn og forklar.
- Planter dyrket under vektløse betingelser lager mindre støttevev i celleveggen og blir mer langstrakte enn planter på jorden. Mennesker som oppholder seg lenge i rommet må trene for å hindre tap av muskelmasse og beinskjørhet, hvordan tror dere mennesket hadde utviklet seg om vi ikke hadde hatt gravitasjon?

4 Liv på andre planeter

Finnes det liv på andre planeter? Dette er et spørsmål mange mennesker er opptatt av, og som det forskes mye på. Det er og laget mange fantasifilmer om aliens og menneskeliknende skapninger, men hittil har vi ikke klart å finne liv noe annet sted enn på jorden. Men det betyr ikke at det ikke kan finnes. I oversikten under er det beskrevet hva som må til for at et miljø skal være levelig, bruk denne informasjonen til å løse oppgave 4A.

Hva gjør et miljø beboelig?

Temperatur: Kroppen vår (og hos andre dyr og planter) er bygget opp av proteiner, karbohydrater, DNA osv. Ved ca. 125°C vil disse «byggesteinene for liv» brytes ned. Lave temperaturer gjør at kjemiske prosesser i cellene går altfor sakte. De fleste former for liv må ha en temperatur mellom 15°C - 115°C for å leve.

Vann: Livet på jorden trenger flytende vann. Det trenger ikke være tilgjengelig hele tiden, og noen organismer kan gå i dvale når vanntilgangen er dårlig, men det må være tilstede i perioder.

Atmosfære: Atmosfæren beskytter en planet mot stråling og gjør temperaturen på overflaten mer stabil. I tillegg kan atmosfæren være en viktig del av kretsløp for å gjenbruke kjemiske forbindelser som nitrogen, karbondioksid og vann, som er viktige for livet. Atmosfæren holdes på plass av tyngdekraften.

Energi: Levende organismer kan bruke enten sollys eller kjemisk energi for å leve. Dersom sollyset blir for svakt kan det ikke gi grunnlag for liv.

Næringsstoffer/kjemiske forbindelser: De fleste planetene i vårt solsystem har samme kjemiske oppbygning, og har dermed tilgang på det som trengs for liv. For at disse skal være tilgjengelige slik at de kan brukes, må det i tillegg finnes et løsemiddel som vann, og kretsløp som gjør at stoffene kan gjenbrukes.

Oppgave 4: Finnes det andre levelige steder i vårt solsystem, og hvor er det sannsynlig at det finnes liv?

Bakerst i heftet finner dere 6 «planetkort» som beskriver forholdene på Jorden, Mars, Månen, Europa (Jupiters måne), Venus og Pluto. På hvilke av disse planetene tror dere det er mest sannsynlig at det finnes liv? Klipp gjerne ut kortene og ranger planetene fra minst sannsynlig til mest sannsynlig sted for liv. Forklar og begrunn svarene deres.

5 Utforsking av verdensrommet

For å kunne utforske verdensrommet og nå mål som ligger langt borte fra jorden må menneskene ha med seg alt de trenger av mat, vann, luft med oksygen osv. Tenk bare på alt du må ta med deg når du skal på en tur der du ikke har matbutikk og kjøleskap i nærheten. Og hvor mye vann du må ha med for å overleve en måned. For å lykkes med forskningsoppdrag der mennesker kan utforske f. eks. Mars, bygges det vi kaller livsstøttesystemer, som skal forsyne menneskene med det de trenger for lange opphold i rommet. MELiSSA systemet er den europeiske romorganisasjonen (European Space Agency, ESA) sin modell for et biologisk livsstøttesystem der tanken er at alt avfall skal gjenbrukes og resirkuleres til å produsere mat eller andre stoffer. MELiSSA systemet består av fem avdelinger, der tre av avdelingene inneholder bakterier som bryter ned avfallsprodukter. Den fjerde avdelingen inneholder alger og planter, som bruker næring og karbondioksid for å lage mat og oksygen til astronautene i den femte avdelingen. Systemet er bygget opp for å etterlikne et økosystem på jorden, og er slik «inspirert av naturen».

Oppgave 5: Livsstøttesystemer som «matpakke» for lange romferder

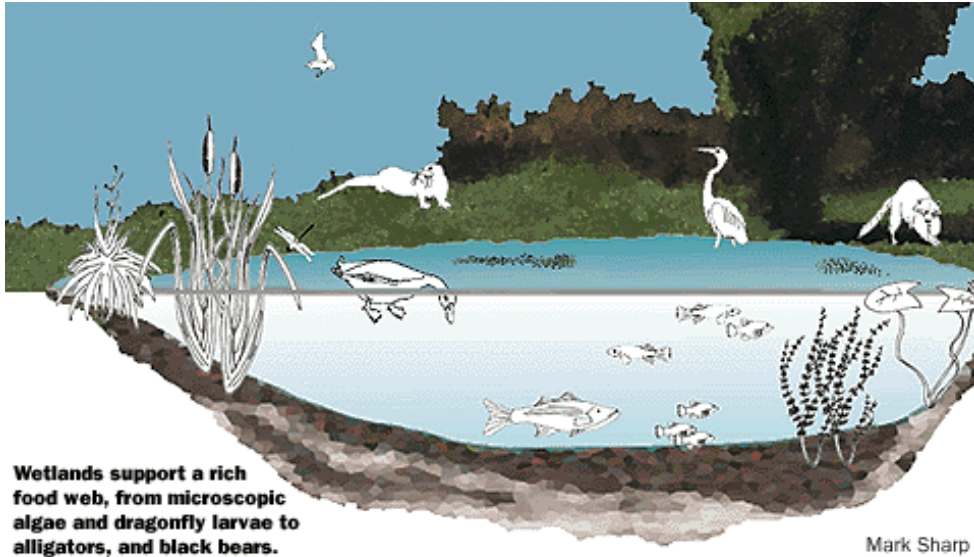
Se på bildet av MELiSSA kretsløpet, og bildet av et økosystem på jorden. Forklar med egne ord hvordan MELiSSA systemet etterlikner naturen. Skriv på hva som er produsenter, konsumenter og nedbrytere i de to kretsløpene. Hva er biotiske og abiotiske faktorer?

Bilder og beskrivelser som kan være til hjelp finner dere her:

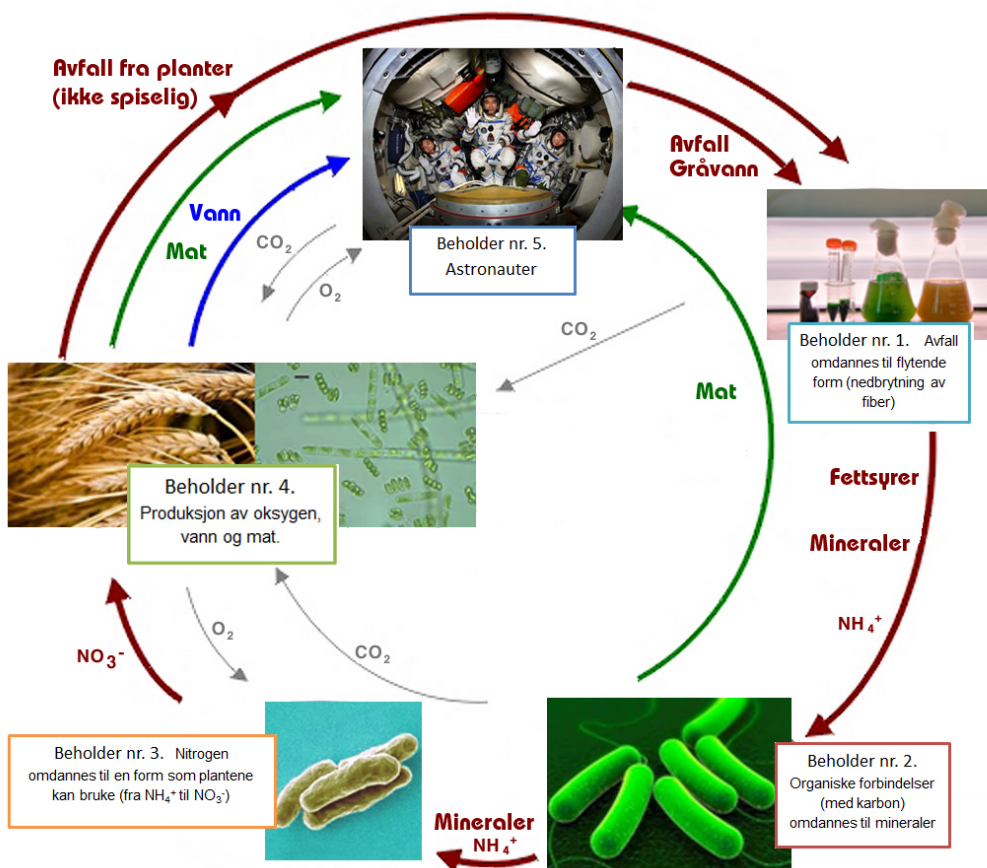
http://www.esa.int/SPECIALS/Melissa/SEMU54V681F_0.html

<http://www.globalis.no/Figurer/Arktis-eksempel-paa-et-oekosystem-i-havet>

<http://krakstad.umb-sll.wikispaces.net/%C3%98kosystem>



Akvatisk økosystem på jorden (EPA/Mark Sharp).



MELISSA kretsløpet (ESA).

Jorden

Temperatur:

Gjennomsnittstemperaturen er 15°C.
Maksimum temperatur er 51°C (Libya)
og minimum er -89°C (Antarktis)

Vann:

Vann finnes i alle former.

Atmosfære:

Jordens atmosfære beskytter mot stråling.

Energi:

Sola gir energi. Planter utfører fotosyntese og danner grunnlaget for komplekse næringskjeder.

Alt en organisme trenger for å vokse og formere seg finnes på jorden. Kretsløp i atmosfæren og f.eks. vulkansk aktivitet sørger for at kjemiske forbindelser kan gjenbrukes og alltid er tilgjengelige.



Mars

Temperatur:

Selv om overflatetemperaturen kan være romtemperatur i korte perioder, er temperaturen svært varierende.
Gjennomsnittstemperaturen er - 63°C.

Vann:

Det finnes ikke vann på overflaten av Mars i dag, men formasjoner tyder på at det en gang har vært flytende vann på overflaten. Det finnes is på Mars' poler.

Atmosfære:

Atmosfæren er veldig tynn og består av 95 % karbondioksid.

Energi:

Sollys kan gi energi på Mars, men langvarige solstormer skygger for sola.

Kjemi:

Mars har generelt ganske lik kjemisk sammensetning som jorden.



Venus

Temperatur:

Gjennomsnittlig overflatetemperatur er 464°C

Vann:

Det finnes ikke noe vann på overflaten, men spor av vann finnes i atmosfæren.

Atmosfære:

Venus' atmosfære er 92 ganger så tykk som jorden sin atmosfære, og består av 97 % karbondioksid.

Energi:

Den tykke atmosfæren med skyer hindrer sollys i å nå overflaten til Venus. Svovelskyer kan være en kilde til kjemisk energi.

Kjemi:

Kjemisk sammensetning er ganske lik som på jorden.



Pluto

Temperatur:

Gjennomsnittlig overflatetemperatur er -225 °C

Vann:

Det finnes vann på Pluto, men alt er frosset til is.

Atmosfære:

Det finnes ingen atmosfære.

Energi:

Pluto ligger så langt unna sola at den ikke kan brukes som energikilde.

Kjemi:

Ligner den som finnes på jorden, men mangler kretsløp for gjenbruk.



Europa

Temperatur:

Gjennomsnittstemperaturen på Europas overflate er -145°C .

Vann:

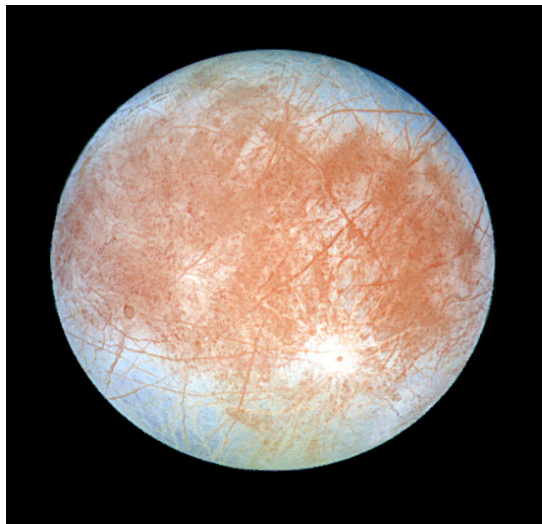
Europa er dekket med et tykt islag. Det er gjort funn som tyder på at islaget dekker et 60-100 km dypt hav

Atmosfære:

Det finnes ingen atmosfære på Europa.

Energi og kjemi:

Sollys gir energi. Kjernen til Europa kan være varm nok til å gi vulkansk aktivitet, som kan gi grunnlag for at det dannes organiske forbindelser.



Månen

Temperatur:

Gjennomsnittstemperaturen er -23°C , men varierer veldig gjennom døgnet (107°C om dagen og -153°C om natten).

Vann:

Det finnes ikke flytende vann på overflaten. Is er funnet ved polene.

Atmosfære:

Det finnes ingen atmosfære på Månen.

Energi:

Månen mottar like mye sollys som jorden, men døgnet er veldig annerledes.

Kjemi:

Kjemien på Månen er ganske lik som på jorden, men den mangler kretsløp for å resirkulere kjemikalier.



Referanser

Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J., & Renstrøm, R. (2011). *Fysikkdidaktikk*. Kristiansand: Høyskoleforlaget.

Dewey, J. (1916). *Democracy and education. An introduction to the philosophy of education*. New York: Macmillan Company.

Edelson, D.C., Gordin, D N., Pea, R.D. (1999). Addressing the Challenges of Inquiry-Based Learning through Technology and Curriculum Design. *Journal of the Learning Sciences*, 8, (3/ 4): 391 – 450.

European Commission (2007). *Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*: Brüssel: Europakommisjonen.

http://ec.europa.eu/research/sciencetosociety/document_library/pdf_06/report-rocarrd-on-science-education_en.pdf

National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington DC: The National Academies Press. (Lastet ned 10/9-14; http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9596)

Knain, E. og Kolstø, S. D. (2011). Utforskende arbeidsmåter i naturfag- uenighet og tvil som grunnlag for læring. *Bedre skole* nr. 4.

ROSE-Undersøkelsen; <http://roseproject.no/>

TIMSS; <http://www.timss.no/>

Utdanningsdirektoratet; <http://www.udir.no/>



Hensikten med *Rom for Læring* er å gripe fatt i elevenes nysgjerrighet for naturfag og matematikk ved å bruke Verdensrommet og romfart som utgangspunkt for undring og læring.

Abdul Basit Mohammad
abdul.mohammad@ciris.no

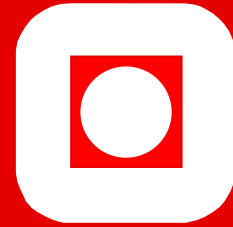
Silje Aase Wolff
wolf@stud.ntnu.no

Bodil Svendsen
bodil.svendsen@plu.ntnu.no

Skolelaboratoriet har som oppgave å drive forsknings- og utviklingsarbeid rettet mot undervisning i realfag og teknologi i skolen. Gjennom SLserien vil PLU og Skolelaboratoriet publisere resultatene av dette arbeidet.

ISBN 978 82 7923 0779
ISSN 1503-9242

NTNU



Trondheim

Program for
lærerutdanning

Skolelaboratoriet
for matematikk, naturfag og
teknologi

Tlf: 73 55 11 43

Fax: 73 55 11 40

<http://www.ntnu.no/skolelab>