



Fysik i det 21. århundrede

Læreplan

for skoleåret 2022-23.

I læreplanen for Fysik A (stx) indgår et særligt område, ”Fysik i det 21. århundrede”, der udmeldes inden hvert skoleår.

For skoleåret 2022-23 (inkl. prøven i vinterterminen 2023-24) er emnet

Rumfysik

med følgende afgrænsning af det tilhørende kernestof:

Opsendelse af satellitter og rumfartøjer, herunder

- Raketligningen i tyngdefeltet
- Kendskab til satellitbaner.

Satellitteknologi, herunder

- Kendskab til opbygningen af satellitter og rumfartøjer så de kan virke i rummet og udholde rummets fysiske udfordringer.

Observationer fra rummet, herunder

- Hvordan sensorer på satellitter kan benyttes til jordobservationer i forbindelse med blandt andet landforvaltning, havmiljø, atmosfære og klimaændringer
- Spektrometri til jordobservationer
- Emission, absorption og refleksion af elektromagnetisk stråling, som en væsentlig baggrund for fortolkningen af data fra satellitter.

Eksempler på vejledende opgaver offentliggøres på ministeriets websted sammen med en kortfattet vejledning, der anviser råd og vink til undervisningen i emnet.

Thomas Brun Kristensen

Fagkonsulent

thomas.brun.kristensen@stukuvvm.dk

Vejledning

Regelgrundlaget for læreplanspunktet ”Det 21. århundredes fysik” er læreplanen, der er citeret ovenfor. Derudover stilles denne vejledning til rådighed sammen med et antal vejledende eksempler på eksamensopgaver til den skriftlige prøve. Materialet offentliggøres på ministeriets hjemmeside eller på prvebanken.dk. Undervisningen i emnet forventes at have et omfang svarende til ca. 15 timers undervisning.

Andreas Mogensen besøgte, som den indtil videre eneste danske astronaut, i 2015 den internationale rumstation ISS og udtalte senere om mennesket stræben efter rummet: ”Vi tog ud for at opdage Månen, men der skete det, at vi opdagede Jorden i stedet”.

Dette ses tydeligst når man betragter et billede over fordelingen af satellitter i nærheden af Jorden til et givet tidspunkt (<https://maps.esri.com/rc/sat2/index.html>). Langt hovedparten (ca. 75 %) af de satellitter, som vi mennesker gennem tiden har sendt op fra Jorden, er/var placeret i et kredsløb relativt tæt på Jordens overflade i det, der på engelsk kaldes ”Low Earth Orbit” (LEO). Kredsløbet (LEO) går fra en højde på cirka 300 km til en højde på cirka 3000 km over jordoverfladen. I Danmark er rumerhvervet voksende og i 2018 kunne der identificeres ca. 200 virksomheder med rumandele (Opfølgning på den danske rumstrategi, december 2018, UFM www.ufm.dk/brugrummet) – altså med kommercielle aktiviteter inden for rumområdet. 19 % af aktiviteterne i Danmark er Upstream (aktiviteter som resulterer i produkter og teknologi til løfteraketter, satellitter og jordbaserede kontrolsystemer), mens hovedparten, de 81 %, er Downstream aktiviteter (aktiviteter som leverer, modtager eller distribuerer data til navigation, meteorologi, jordobservation og kommunikation). Studerende ved en række danske universiteter er blandt andet også i gang med at planlægge opsendelsen af en række CubeSat-er gennem programmet DISCO. Her forventes det, at der i sommeren 2022 opsendes en CubeSat med en Falcon-9 raket. Satellitten skal indeholde en række eksperimenter udtænkt af de studerende selv (<https://phys.au.dk/aktuelt/nyhed/artikel/danske-studerende-skal-ende-deres-egen-satellit-op-naeste-sommer/>).

Rummets betydning for Danmark er således inde i en rivende udvikling og kernestoffet inden for ”Rumfysik” skal give eleverne med fysik A et indblik i nogle af de *aktuelle tekniske og naturvidenskabelige problemer* knyttet til rumområdet, som det er beskrevet ovenfor, *hvor fysik spiller en væsentlig rolle i forståelsen og løsningen*.

Et af de centrale emner under rumfysik er, hvad satellitterne benyttes til, altså hvilken ”payload” der er på satellitterne. Satellitternes sensorer er essentielle, og de forskellige sensorer har stor betydning for, hvad der kan observeres. Eleverne skal opnå et grundlæggende kendskab til, hvordan satellitter kan benyttes til jordobservationer i forbindelse med områder som blandt andet landforvaltning, havmiljø, atmosfære og klimaændringer. Det er ikke et krav, at man kommer ind på alle områderne i forbindelse med undervisningen.

Eleverne skal desuden opnå et grundlæggende kendskab til, hvordan emission, absorption og refleksion af elektromagnetisk stråling udgør en væsentlig baggrund for fortolkningen af data fra satellitter i forbindelse med spektrometri fra jordobservationer. Eleverne skal kunne udføre enkle beregninger relateret til udsendelse og detektering af stråling, herunder kendskab til Planckkurver og betydningen af arealet under en Planckkurve eller dele af en Planckkurve.

Eleverne skal have kendskab til, hvorledes raketter til opsendelse af satellitter og andre rumfartøjer virker, herunder skal de kunne udføre enkle beregninger med raketligningen i tyngdefeltet. Det forventes blandt andet, at en rakets fart efter en vis brændtid for raketten er udledt og kan benyttes ved løsningen af enkle problemer. Det forventes ligeledes, at eleverne kan lave beregninger på satellitter og rumfartøjers bevægelse i rummet, dog med en afgrænsning til cirkulære baner og energibetragtninger i elliptiske baner.

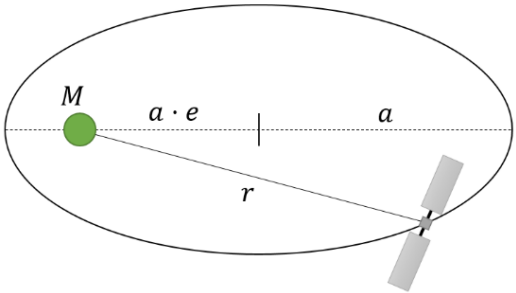
Under emnet satellitteknologi forventes det, at eleverne har et grundlæggende kendskab til opbygningen af satellitter og rumfartøjer, så de kan virke i rummet og udholde rummets fysiske udfordringer. Det kan blandt andet være om satellittens energiforsyning og kommunikation, og hvordan satellitten opbygges for at kunne holde til forholdene i rummet, herunder stråling og varme/kulde påvirkning. Det forventes, at eleverne kan udføre enkle beregninger med afstandskvadratloven, samt at de kan anvende andre dele af det allerede kendte kernestof i løsningen af problemer i relation til satellitters virke i rummet.

Emnet som helhed rummer inden for mekanik, atomfysik og bølger en udvidelse af det kernestof, der allerede er omtalt i læreplanen for fysik på A-niveau. Man kan derfor vælge fx at arbejde med mekanik og atomfysik ved at benytte emnet "Rumfysik" som et gennemgående tema. Et hold kan også vælge at lægge arbejdet med emnet sent i det sidste skoleår. Ved denne tilrettelæggelse bliver store dele af kernestoffet i mekanik, atomfysik og bølger naturligt repeteret og konsolideret.

Forslag til eksperimenter

- Forsøg med raketter, herunder
 - bestemmelse af motorkraft ved direkte målinger
 - måling på raketens bevægelse (hastighed og flyv højde)
- Spektrometri
 - Konstruktion af et hjemmelavet spektrometer
 - bestemmelse af den spektrale opløsning
 - måling af linjespektre og bestemmelse af bølgelængder
- Afstandskvadratloven
- Stefan-Boltzmanns lov (ved høj og lav temperatur)
- Strålingsbalance
- Absorption af strålingsenergi på overflader
- Bestem opløsningen af et digitalkamera (pixel)
- Billeder med termisk kamera, nærinfrarød eller med filter

Eksempler på relevante formler indenfor emnet. Listen er ikke udtømmende og uden forklaringer og ikke nødvendigvis dækkende for, hvilke områder der blive stillet opgaver i ved den skriftlige prøve. Der henvises her til de vejledende opgaver, som bredt udspænder det felt, der kan blive stillet opgaver inden for.

| Raketter | |
|--|---|
| Raketligningen | $v_2 - v_1 = u \cdot \ln\left(\frac{m_1}{m_2}\right)$ |
| Rakets hastighed fra start i lodret bevægelse | $v_z = u \cdot \ln\left(\frac{m_{start}}{m}\right) - g \cdot t$ |
| Motorkraften | $F_{motor} = -u \cdot \frac{dm}{dt}$ |
| Bevægelse af satellitter i kredsløb om centrallegeme | |
| Ellipsebanen (Keplers 1. lov) |  |
| Keplers 3. lov | $\frac{a^3}{T^2} = \frac{G \cdot M}{4 \cdot \pi^2}$ |
| Energiforhold | $E_{mek} = -G \cdot \frac{M \cdot m}{2 \cdot a}$ |
| Radius i cirkulær bane | $r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2}}$ |
| Fart i cirkulær bane | $v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$ |
| Stråling | |
| Strålingsintensitet på et areal A , som rammes af en stråling med effekten P | $I = \frac{P}{A}$ |
| Afstandskvadratloven | $I(r) = \frac{k}{r^2}$ |
| Stefan-Boltzmanns lov for ikke-sorte legemer | $P = \epsilon \cdot A \cdot \sigma \cdot T^4$ |
| Wiens forskydningslov | $\lambda_{max} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3} m \cdot K}{T_{eff}}$ |
| Kameraopløsning for en linse med fokallængden f | $h_{genstand} = h_{billede} \cdot \frac{x_{genstand}}{f}$ |

