

Vejledningen er et bilag til forløbet: "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" på emu.dk

Lærervejledning til forløbet: Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson

Introduktion

I denne supplerende lærervejledning til gæstelærerforløbet "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" kan du læse en beskrivelse af de indholdsmæssige elementer i forløbet samt få idéer til, hvordan forløbets fire film kan bruges i undervisningen.

Forløbet er udviklet til faget fysik/kemi og tager udgangspunkt i kompetenceområderne *Undersøgelse og Kommunikation*. Eleverne arbejder særligt inden for færdigheds- og vidensområdet *Jorden og Universet*. Forløbet er målrettet udskolingen.

Præsentation af forløbets indhold og aktiviteter

Forløbet er bygget op omkring fire videoer med astrofysiker Sarah Pearson som gæstelærer. Den første video er en introduktionsvideo, og de tre øvrige videoer præsenterer nogle faglige temaer, som eleverne kan arbejde videre med, når de har set videoerne.

Forløbet indeholder videoer og konkrete forslag til aktiviteter, som eleverne kan gennemføre i skolen eller hjemme. Videoerne og aktiviteterne, der lægges op til, har potentiale til at inspirere og stimulere elevernes nysgerrighed samt at aktivere eleverne til selv at undersøge mere om astronomi.

Forforståelse

Rigtig mange elever er fascinerede af nattehimmelen, og måske har de også læst om planeter, stjerner og sorte huller. For at optimere forløbet, er det centralt at kende elevernes viden og forforståelse inden for astronomi, inden forløbet gennemføres. Det er dog på ingen måde nødvendigt, at eleverne har en stor viden om astronomi for at gennemføre forløbet, da fokus i forløbet høj grad er på at vække elevernes nysgerrighed og interesse.

Elevernes forforståelse kan, inden den første video ses, kortlægges ved en indledende samtale, ved at vise billeder af himlen og lade eleverne forklare disse eller ved at arbejde med begrebskort. Eleverne kan skrive spørgsmål og finde billeder af begreber eller fænomener, de gerne vil lære at kende. Det kan bruges til en forundringsvæg, hvor forklaringer på begreber og fænomener kan hænges op under forløbet. Eleverne lave et mindmap over ord, de forbinder med astronomi og rummet.

Vejledningen er et bilag til forløbet: "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" på emu.dk

Begrebskort er en række kort, hvor der på den ene side er en illustration af et astronomisk fænomen, eksempelvis en måne, en stjerne eller en galakse. Eleverne kan trække et kort og kort forklare resten af klassen, hvad illustrationen viser. Kortet og svarene kan hænges på opslagstavlen. Antallet af kort kan udbygges under forløbet.

Forslag til spørgsmål, der kan tales med eleverne om inden forløbet:

- Hvilke af Universets "bestanddele" kender du til, hvad ved du om dem, og hvor ved du det fra?
- Hvad er en astrofysiker? Hvorfor forskes der så meget i universet?
- Forestil dig, at du er journalist og har fået muligheden for at stille Sarah Pearson, der er astrofysiker, et spørgsmål, der relaterer sig til universet - hvad ville dit spørgsmål være?

I kan også tale om et par mere filosofiske spørgsmål:

- Har Universet en begyndelse og en afslutning?
- Vil mennesket sætte sine fødder på Mars inden 2030?
- Er der liv andre steder i Universet end på Jorden?

Video 1: Introduktion

Her præsenterer Sarah Pearson sig selv og sin interesse for astronomi, og hvad hun arbejder med hos NASA.

I forbindelse med introduktionen er der en række forslag til aktiviteter, både inde og ude, når det er mørkt. Aktiviteterne kan skærpe elevernes interesse og nysgerrighed for stjernehimlen og astronomi. Aktiviteterne er også med til at introducere og forklare forskellige astronomiske begreber.

Aktivitetsforslag: At opleve nattens komme – bliv fascineret af aftenhimlen

Som introduktion til aktiviteten kan eleverne præsenteres for et foto fra NASA af nattens komme til Europa. Find billedet her: <https://apod.nasa.gov/apod/ap030324.html>

Satellitbilledet fra NASA viser, at natten passerer Europa. Eleverne kan forestille sig, at de står på Jorden på skillelinjen mellem lys og mørke og ser på solnedgangen.

Herefter kan du tale med eleverne om, at de en aften skal observere stjernehimlen. Eleverne skal lægge sig, så hovedet peger mod Nordstjernen. Du kan tale med eleverne om Nordstjernen, og hvordan man kan identificere denne. Du kan også tale med dem om, hvad tid på døgnet, de skal ud for at kunne lave denne observation – afhængigt af årstiden.

Aktiviteten giver eleverne mulighed for at opleve mørkets komme og se stjerner og planeter mod syd. Eleverne vil i løbet af noget tid kunne bemærke, at stjernerne og planeterne drejer.

Vejledningen er et bilag til forløbet: "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" på emu.dk

Du kan bede eleverne om at observere, beskrive og forklare det, de observerer:

- I hvilken retning drejer stjerner og planeter?
- Hvis Månen er fremme, ser I, at den drejer. I hvilken retning?

Næste aften har Månen har flyttet sig i forhold til baggrundsstjernerne.

- I hvilken retning har Månen flyttet sig i forhold til baggrundsstjernerne? Hvordan kan det forklares?

Video 2: Himlen over os - planeter, stjerner og galakser

Nattehimlen med alle de lysende prikker har til alle tider fascineret mennesker. Vi har fortalt historier om, at himlen var befolket med guder, og at stjerner og planeter havde stor indflydelse på menneskernes liv på Jorden. For flere hundrede år siden begyndte videnskaben at undersøge nattehimlen, først med det blotte øje og senere med instrumenter som kikkert og teleskoper.

Sarah Pearson fortæller i videoen, hvordan vi observerer og fortolker himlen over os og laver modeller for, hvordan vi kan forklare de indsamlede data.

Sarah fortæller blandt andet om galakser med fokus på Mælkevejen. Hun fortæller om, hvor vanskeligt det er at kortlægge Mælkevejen, og hvordan moderne teleskoper, som Hubble teleskopet, kan hjælpe os til at blive klogere og lave bedre modeller.

Som led i forløbet kan eleverne udføre flere praktiske og undersøgende aktiviteter, enten hjemme eller i skolen. Når eleverne har set videoen, kan nedenstående aktiviteter igangsættes. Aktiviteterne er valgt, så de understøtter og illustrerer centrale dele af det, som Sarah Pearson fortæller.

Aktivitetsforslag 1: At opleve Mælkevejen – og andre galakser

Efter at have set video 2, kan du aftale med eleverne, at de skal gå ud en mørk og klar aften. Her kan de kigge efter en aflang "sky", der nærmest ser ud som spildt mælk på himlen. Du kan lade eleverne tale om, hvad det kan være, og senere kan de få forklaringen: Det er ikke en sky, men en del af Mælkevejen. I bjælkespiralgalaksen Mælkevejen og i andre galakser er der flere hundrede milliarder af stjerner.

Du kan bede eleverne finde ud af, hvor mange stjerner, de kan tælle med det blotte øje. De kan skrive antallet ned på et stykke papir eller på deres mobiltelefon.

Eleverne kan nu prøve at se på Mælkevejen gennem en håndkikkert. De kan tælle, hvor mange stjerner, de kan se i synsfeltet, når de kigger på Mælkevejen. De kan skrive antallet ned og sammenligne med, hvor mange stjerner de kunne se med det blotte øje.

Vejledningen er et bilag til forløbet: "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" på emu.dk

Herefter kan eleverne tale om, hvorfor de kan se flere stjerner med en kikkert, end uden. De kan også tale om, hvordan vil det gå med antallet af stjerner, de kan se, hvis de bruger stærkere kikkerter eller store teleskoper.

Med håndkikkerten kan stjerner ligeledes observeres et andet sted på himlen end Mælkevejen. Eleverne kan reflektere over, hvor mange stjerner de ser i synsfeltet dér. De kan skrive antallet af stjerner, de umiddelbart kan tælle, ned. Den klare forskel på observationerne (de optalte stjerner) kan forklares med i hvilken retning, eleverne kigger, og om de kun bruger det blotte øje eller instrumenter. På den nordlige halvkugle ser vi ud mod kanten af Mælkevejen, mens man på den sydlige halvkugle ser lige mod Mælkevejens centrum. Derfor kan man se mange flere stjerner på den sydlige halvkugle.

Du kan spørge eleverne, om de kan få øje på klare objekter, der ikke blinker. I kan tale om, at stjerner blinker, fordi deres lys påvirkes af uro i atmosfæren. I kan eventuelt tale om, at man oplever tilsvarende lufturo ved at se hen over et bål eller varm asfalt. I kan også tale om, at lysforureningen i og omkring byerne forhindrer os i at opleve Mælkevejen dér, og at det kun er, når man kommer langt ud på landet eller vandet, at man får mulighed for at opleve Mælkevejen.

Eleverne kan også kigge efter Andromedagalaksen med det blotte øje. De kan kigge efter tre stjerner i Cassiopeias "w", der danner en bue, som "skyder en pil" mod Andromedagalaksen. Caph, Shedar og Navi danner buen, og pilen udskydes fra Shedar. Pilen rammer en svag tåge. Det er Andromedagalaksen.

Et ekstra tip til eleverne er, at pilen rammer lidt ved siden af stjernen Mirach, den midterste af de tre klareste stjerner i stjernebilledet Andromeda. Stjernen Mirach danner foden af et stort Y af svage stjerner. Andromedagalaksen ses som en tåge over Y-et. Søg eventuelt på Google for at finde billeder, der viser, hvordan Andromeda kan findes.

Aktivitetsforslag 2: En smuk oplevelse at observere Månen

Det kan også aftales med eleverne, at de skal iagttage Månen i ca. 11 dage inden en fuldmåne. Sammen kan I kigge på en månekalender som indledning til aktiviteten.

Første aften ses en smal nymåne, der går tidligt ned i vest. Eleven kan hver aften i de 11 dage tegne Månen sammen med de planeter og stjerner, der ses bag Månen. Tegningerne vil afsløre, at Månen flytter sig i forhold til baggrunden. Opgaven for eleverne kan være at observere i hvilken retning, Månen flytter sig. Du kan spørge eleverne, om de kan se, at Månen bevæger sig mod sin nedgang i vest i løbet af aftenen, og at næste aften har Månen flyttet sig mod øst i forhold til baggrunden.

Du kan bede eleverne om at finde en forklaring: Stemmer det observerede med, at Jorden drejer mod øst om sin akse, og at Månen drejer mod øst omkring Jorden? Ligeledes kan eleverne forklare, hvorfor Månens segl ses bredere den følgende aften.

Du kan også tale med eleverne om, at når man ser Månen i en håndkikkert eller et lille teleskop, kan man blive forundret over Månens udseende. Man kan se belyste kraterrande med mørke

Vejledningen er et bilag til forløbet: "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" på emu.dk

skygger nede i kraterne, og hver aften kan man se nye kraterer med god kontrast. Det er fordi, sollyset rammer nye kraterrande. Der kastes lange skygger inde i krateret, fordi Solen står lavt det sted på Månen.

Aktivitetsforslag 3: Præsentation af begreber

Eleverne kan i grupper vælge et begreb fra videoen, som de gerne vil vide mere om. Eleverne kan så undersøge dette begreb. Du kan med fordel have udvalgt relevante hjemmesider, hvor eleverne kan søge viden. Eleverne kan herefter præsentere begrebet for deres klassekammerater eller andre klasser på skolen. Måske kan de selv lave en kort video eller lydfil, hvor de på højest to minutter forklarer begrebet.

Forslag til begreber:

- Galakser
- Rumteleskoper
- Gas i rummet
- Universets struktur
- Mørkt stof
- Sorte huller
- Solsystem
- Lysår
- Hubble Ultra Deep Field

Gode råd om hjælpemidler til at iagttage himlen og gøre imponerende observationer

- Du kan låne et klassesæt af **Galileoscoper** på alle Centre for Undervisningsmidler. Galileoscoper er små teleskoper, som eleverne selv kan adskille og samle. Alle elever kan låne et teleskop med hjem i et par måneder. Galileoscopet sættes på et almindeligt fotostativ, når man skal observere. Der findes vejledninger på www.boernafgalileo.dk. Der findes også en guide over, hvad det er muligt at se i den aktuelle måned.
- Eleverne kan finde rundt på stjernehimlen med **appen Star Tracker Lite**. Når man holder mobiltelefonen foran sig, kan man se, hvilke stjerner og planeter der findes i mobiltelefonens retning. *Vær opmærksom på eventuel afgivelse af en række personoplysninger og tilladelser til lokalitetsbestemmelse ved brug af apps.*
- Eleverne kan downloade programmet **Stellarium** til pc via www.stellarium.org eller <https://stellarium-web.org/>. Her kan eleverne lære stjernehimlen at kende. *Vær opmærksom på eventuel afgivelse af en række personoplysninger og tilladelser til lokalitetsbestemmelse ved brug af programmer.*
- På vildmed rummet.dk findes mange billeder, videoer, spil og tekster: www.vildmedrummet.dk

Vejledningen er et bilag til forløbet: "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" på emu.dk

Video 3: Mørkt stof og tyngdekraft

I denne video fortæller Sarah Pearson om mørkt stof, og hvordan vi ud fra tyngdekraften kan se, at der mangler en masse stof i vores univers. Vi har i mange årtier vidst, at de yderste stjerner bevæger sig alt for hurtigt til, at tyngdekraften fra synligt stof, altså alt det vi kender fra Grundstoffernes Periodesystem, kan holde på stjernerne. Stjernerne burde "flyve væk". Det gør de ikke, så der må være noget ekstra tyngdekraft fra noget, vi ikke kan se – noget usynligt stof. Det er det, forskerne kalder mørkt stof, og som de aktuelt undersøger.

Når eleverne har set videoen, kan de undersøge forskellige bevægelsesforhold for at illustrere tyngdekraftens indflydelse og selv forsøge at påvise tilstedeværelsen af stof, som ikke umiddelbart kan ses med det blotte øje, nemlig luft.

Aktivitetsforslag 1: En Einstein-ring

I denne undersøgelse kan eleverne undersøge og blive klogere på:

- Hvad er en Einstein-ring?
- Hvor finder vi en Einstein-ring?

Tyngdekraften krummer rummet således, at banen for en lysstråle bliver en bue i stedet for en ret linje. Vi kan ikke i et laboratorie vise lysets krumning, men vi kan krumme eller bøje lys med linser og på den måde efterligne lysets krumning. En lidt tyk fod på et vinglas egner sig godt til denne øvelse, hvor eleverne kan vise, hvordan en Einstein-ring ser ud.

Eleverne kan stille et vinglas på ternet papir og skubbe rundt med glasset. Her vil de se, at lyset brydes i glassets fod, så rette linjer gøres krumme. Det er et godt billede på, hvordan tyngdekraften fra især det mørke stof i en galaksehob samler lyset fra en bagvedliggende galakse, så galaksen observeres som en ring omkring galaksehoben.

Når eleverne laver denne aktivitet, ser de altså en ring, der minder om den Einstein-ring, Sarah taler om. Størrelsen (radius) af de Einstein-ringe, der dannes, afhænger af den samlede tyngdekraft. Jo mere masse, jo mere massetiltrækning, og jo mere bøjer lyset. Ud fra ringenes størrelse (radius), kan man udregne, at der er omkring fem gange så mere mørkt stof end almindeligt stof.

Hvis I gennemfører forløbet i klassen, kan I sætte vinglasset på et stjernekort og se, hvad der svarer til en Einstein-ring. Her brydes lyset af vinglassets fod. Omkring en Galaksehob samles lyset af tyngdekraften fra det mørke stof, som Sarah fortæller om.

Aktivitetsforslag 2: Hvordan kan vi påvise stof, vi ikke kan se?

I denne undersøgelse kan eleverne prøve at besvare spørgsmål som:

- Findes der stof, som vi ikke kan se?
- Hvordan kan vi påvise stof, som ikke reagerer på lys?

Vejledningen er et bilag til forløbet: "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" på emu.dk

I videoen forklarer Sarah, hvorfor vi tror, der er stof, vi ikke kan se. Det er det, som kaldes mørkt stof. Fra vores hverdag kender vi også til stof, vi ikke kan se, nemlig luft. Da luft er usynlig, må vi finde på en anden måde at påvise luften på. Det er ligesom mørkt stof, som ikke kan påvises med lys, men viser sin tilstedeværelse ved tyngdekraften.

Eleverne kan nu få den udfordring at påvise stof, som ikke kan ses. For at stilladsere undersøgelsen kan du vise et tomt glas og spørge eleverne, om glasset er tomt. Om der er noget i glasset, eller om det virkelig er tomt, kan afgøres ved en undersøgelse. Eleverne kan finde på en undersøgelse, der viser, om glasset er tomt. Til undersøgelsen kan de bruge et stykke papir, 3 x 3 cm og et vandfad, der er 2/3 fyldt med vand. Det kan vises på flere forskellige måder, om glasset er tomt, og eleverne skal selv prøve at finde en god og enkel måde.

At glasset ikke er tomt, kan vises ved at fylde et kar 2/3 op med vand, lægge et stykke papir på overfladen og sætte glasset langsom ned over papiret. Da der er luft i glasset, presses overfladen af vand med papiret længere ned. Der er tydelig forskel på vandstanden inde i glasset og uden for glasset. Der er altså "noget" i glasset, som forhindrer vandet i at komme op i glasset. Det "noget" kalder vi luft. Hvis munden af glasset drejes, så noget af luften bobler op, kan det ses, at vandet nu kan komme ind i glasset.

Aktivitetsforslag 3: At bringe en prop eller en bold i kredsløb

Sarah undersøger himlen ved at "kigge" ud fra Jorden og samle data, som fortolkes og anvendes til at beskrive, forklare og lave modeller, der beskriver Universet. Når astronomer "kigger" ud, ser de bagud, fordi lyset har været kortere eller længere tid undervejs. De modeller, Sahra er med til at udvikle, skal kunne forklare det, vi ser nu, og så beskrive, hvordan det vil gå i fremtiden.

Da vi af gode grunde ikke kan lave eksperimenter med universet, må vi lave modeleksperimenter, altså finde nogle eksperimenter, der kan beskrive, forklare og understøtte vores modeller. Du kan igangsætte et modelforsøg, der kan understøtte elevernes naturfaglige forklaringer på tyngdekraftens indflydelse på eksempelvis planeters rotationshastighed.

Forsøget, der beskrives herunder, illustrerer, hvordan en større tyngdekraft kan holde fast i en hurtigere rotation. I Mælkevejen kommer den ekstra tyngdekraft fra mørkt stof, som Sarah fortalte om.

Forsøgsbeskrivelse:

- Eleverne kan finde to forskellige størrelser propper med huller. Den mindste prop skal svinges rundt, og den største hænger som kontravægt.
- Snøren kan trækkes gennem et kort stykke elektriskerrør, og propperne kan bindes fast i hver sin ende af fiskesnøren.
- Elektriskerrøret holdes lodret, og den øverste prop slynges rundt, så den kredser, mens den nederste bold strammer snøren med sin tyngde, så den kredsende prop ikke slynges væk.
- Forslag til spørgsmål, der kan stilles undervejs: Hvad ville der ske, hvis nogen klippede snøren over, mens den øverste prop kredsede om elektriskerrøret?

Vejledningen er et bilag til forløbet: "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" på emu.dk

- Nu kan eleverne hænge et lille lod fast i snøren ved den nederste prop.
- I kan derefter tale om, hvorvidt I bemærker ændringer i hastigheden af den kredsende prop? Forklaringen ligger i, at der opstår en ny balance mellem tyngde og omløbstid.
- Eleverne kan nu hænge et lod mere i den nederste prop.
- I kan derefter tale om, hvordan kredsløbet nu forandrer sig?

Eleverne kan med fordel skrive deres observationer i et skema som dette:

Tyngden	Uden lod	Med et lod	Med to lodder
Rotation			

Video 4: Fejl bringer os videre

Det er de færreste, der tænker over, at mange af de helt store erkendelser er fremkommet på baggrund af, at forskerne har taget fejl. I video 4 giver Sarah Pearson en række eksempler på, hvordan fejlopfattelser har været med til at give helt ny indsigt.

Du kan præsentere eleverne for eksempler fra astronomien, hvor netop fejlopfattelser har givet anledning til undersøgelser, hvis resultater gjorde, at der måtte opstilles helt nye modeller. I kan tale om, at det ikke sker uden sværds slag, da det kan være svært at opgive en model, man har arbejdet med i mange år. I kan også tale om, at den nye model i mange tilfælde vil vise, at den gamle model stadig er god nok, men nu inden for et begrænset område.

Aktivitetsforslag 1: Universet udvider sig

Dopplereffekten og rødforskydning

At bølglængden ændres afhængigt af, om noget bevæger sig mod os eller væk fra os, er et kendt fænomen fra lyd og kaldes dopplereffekten. Bevæger noget sig mod os, bliver bølglængden mindre, og frekvensen bliver større. Og bevæger det sig væk fra os, bliver bølglængden større. Rødforskydning er netop større bølglængde og kan derfor forklares ved, at universet udvider sig, og jo længere væk fra os galakserne er, jo hurtigere bevæger de sig.

Du kan tale med eleverne om, at de fleste mennesker for mere end 100 år siden troede, at universet var uforanderligt. I 1929 viste Edwin Hubble, at lys fra fjerne galakser adskiller sig fra lys fra nærmere galakser. Det stemmer ikke med, at universet er uforanderligt. For så ville det lys, der har været længe undervejs fra fjerne galakser, ikke adskille sig fra lys fra nærmere galakser.

Herefter kan du igangsætte nedenstående aktivitet, hvor eleverne selv skal få fornemmelsen af, at lyd ændrer sig afhængigt af, om den bevæger sig væk fra os, eller mod os. Eleverne kan således selv opleve dopplereffekten. Aktiviteten kan gennemføres ved brug af app'en Tone Generator. *Vær opmærksom på eventuel afgivelse af en række personoplysninger og tilladelser til lokalitetsbestemmelse ved brug af apps.*

Aktivitetsbeskrivelse

Eleverne kan i makkerpar skiftes til at lave aktiviteten og undervejs notere, hvad de oplever. Der

Vejledningen er et bilag til forløbet: "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" på emu.dk

kan samles op på aktiviteten i plenum, hvor enkelte elevgrupper præsenterer deres beskrivelser. Disse beskrivelser bør danne rammen om forklaringen på, hvordan universet udvider sig, og dermed opdagelsen af stjerners rødforskydning.

- Eleverne gør klar til at lytte til en tone på 1.000 Hz
- Eleven stiller sig med front mod sin kammerat, som flytter mobiltelefonen hurtigt. Mobiltelefonen skal flyttes fra bag øret til lige så langt foran øret.
- Eleverne noterer deres oplevelser ned. Hvad oplevede de, at der skete med lyden?

Fælles opsamling

Du kan via dialog hjælpe eleverne til at forstå, at lyd er en bølge. Ved at bevæge lyden optræder der forskellige bølgefrequenser. Der betyder, at lyden ændrer sig. På samme måde er lys bestående af bølger, og bølgelængderne ændrer sig, hvis lyskilden bevæger sig enten mod dig eller fra dig.

Eksempler på spørgsmål, der kan stilladsere elevernes beskrivelser til forståelsen af rødforskydning:

- Hvad var jeres oplevelse af denne toneaktivitet?
- Hvordan udførte I aktiviteten – kan I beskrive den for mig?
- Hvad er lyd bestående af?
- Hvad mon der skete med bølgerne, da I bevægede jer hen mod øret og væk fra øret?

Nedenstående spørgsmål kan anvendes i en fælles opsamling eller som et nyt gruppearbejde:

- Kender I til andet, der består af bølger?
- Hvis lys er bølger, hvordan ville det så opføre sig, når det henholdsvis bevægede sig mod jer og væk fra jer?
- Kan I ud fra en model af lyset fra Solen beskrive lysets måde at opføre sig på? (find en relevant model på nettet).
- Hvordan hænger det sammen med toneøvelsen, vi lavede tidligere?

Efter gruppearbejdet kan eleverne præsentere deres undersøgelser om lys og bølger for klassen. Her kan de komme ind på, hvad der sker med stjerners lys, når universet udvider sig, og lyset dermed bevæger sig væk fra os.

Aktivitetsforslag 2: Nye perspektiver

I forlængelse af videoen kan du tale med eleverne om, hvordan Tycho Brahes observationer lagde grunden til, at det gamle verdensbillede blev ændret. Den danske astronom Tycho Brahe udførte på Hven en række meget nøjagtige målinger af blandt andet fiksstjerners placering og planeternes baner. Tycho Brahe udviklede og konstruerede selv en lang række instrumenter, der gjorde målingerne så præcise, at den tyske astronom Johannes Kepler kunne anvende Tycho Brahes data til at udregne Mars' bane som en ellipse.

Vejledningen er et bilag til forløbet: "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" på emu.dk

Herefter kan eleverne lave aktiviteter, der kan hjælpe dem til at forstå, hvordan "verdensbilleder" kan forandre sig. I denne aktivitet undersøger eleverne forgrund og baggrund.

Øvelse 1: Instruktionen til eleverne kan lyde således:

- Luk det ene øje og **sigt på én ting i forgrunden og én ting i baggrunden** med det andet øje.
- Sigt derefter med det modsatte øje.
- Overvej og fortæl om, hvilken forskel der er på de to billeder, I ser.
- Er det forgrunden eller baggrunden, der flytter sig mest?

Øvelse 2: Eleverne kan sætte ting på række og gå rundt om det, de har sat for enden af rækken. Du kan herefter tale med eleverne om, hvilken ting ser man flytte sig mindst set fra sin bane. I kan selvfølgelig også tale om hvorfor, de oplever det sådan.

Øvelse 3: I en skov kan eleverne finde en sti eller en vej med træer i kanten. Eleverne kan udvælge træer, de gerne vil holde øje med. Herefter går de, og undervejs kan de tage stilling til, hvilke træer der flytter sig mest: Er det de nærmeste eller de fjerneste træer, der flytter sig mest?

Øvelse 4: Eleverne kan forestille sig, at de kører på en lige vej og holder øje med Månen. Den ser ud til at følge med. I kan tale om, hvordan det kan forklares.

Parallelaksen og Tycho Brahe

Afstanden mellem øjnene gør, at hjernen opfatter en lille forskel i de to billeder. Uden at man tænker over det, går hjernen ud fra, at jo mindre forskel, der er på de to billeder, des længere borte er genstanden. Hjernen bruger dette til at bedømme afstand, så man eksempelvis lettere kan sætte en tråd gennem et nåleøj. Uglen bruger dette til at bedømme afstanden til en mus, så den let kan slå med på musen. Denne teknik kaldes parallaxe.

Tycho Brahe brugte parallaxe til at måle afstand. I 1500-tallet troede man, at stjernerne var uforanderlige. Tycho Brahe modbeviste dette med sine observationer.

- a) **Supernovaen i 1572:** Tycho Brahe kendte alle klare stjerner, men en aften i 1572 opdagede han en ny stjerne på himlen. I dag ved vi, at det var en stjerne, der sank sammen og eksploderede - en supernova. I flere måneder målte Tycho Brahe vinklerne mellem den nye stjerne og dens nabostjerner. Den nye stjerne flyttede sig ikke i forhold til de andre stjerner. Så måtte den være så langt borte, at den var blandt stjernerne og ikke blandt planeterne.
- b) **En komet i 1577:** Folk troede, at der var syv himle. Stjernerne befandt sig i den yderste, uforanderlige 7. himmel. De syv himle var adskilt af krystalskaller, mente man. I 1572 målte Tycho Brahe banen for en komet set fra øen Hven. Fra Prag observerede en astronom samme bane for kometen. Men Månen måltes i en lidt anden retning set fra Prag, end set fra Hven. Parallaxemetoden viste derfor, at Kometen var længere borte end Månen. Tycho Brahe beregnede, at kometen måtte være fløjet igennem krystal-skallerne. Med sine nøjagtige målinger og beregninger, havde Tycho Brahe modbevist, at der skulle findes sådanne adskillende krystal-skaller omkring Jorden.

Kilde: <https://www.experimentarium.dk/rummet/tycho-brahe-astronomi/>

Vejledningen er et bilag til forløbet: "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" på emu.dk

Drejer Jorden omkring Solen?

For 400 år siden var forskerne meget uenige om dette. Tycho Brahe sagde rigtig, at hvis Jorden drejer sig om Solen, så skal vi hvert år kunne måle, at stjernerne bevæger sig i små ringe omkring deres plads på himlen - man kalder dette for parallakse. Vi må se stjernerne fra nye vinkler i løbet af året, hvis vi kredser omkring Solen.

Men Tycho Brahe kunne ikke måle stjernernes parallakse, selvom han målte 10 gange mere nøjagtigt, end de næstdygtigste astronomer på den tid. Derfor mente Tycho Brahe ikke, at Jorden kredser omkring Solen. Hans argument var rigtigt. Han kunne ikke vide, at stjernerne er så langt borte, at deres bevægelser ikke kunne måles med datidens instrumenter.

I 1838 målte Friedrich Bessel parallaksen for stjernen 61 Cygni. Deraf kan man beregne afstanden til stjernen. Siden da er der målt parallakse og afstand til mange stjerner. Dette stemmer med, at Jorden drejer omkring Solen.

For få år siden har forskerne med satellitten Gaia målt data på så mange stjerner, at vi kan lære meget mere om Mælkevejen. Disse data bruger Sarah Pearson i sin forskning. Nye nøjagtige målinger gør det muligt at rette fejl i de gamle verdensbilleder.

Yderligere inspiration

Selvom videoerne med Sarah Pearson og arbejdet med forløbet giver meget viden og indsigt, er der stadig mange spørgsmål, som måske hverken er helt eller delvis besvaret. Herunder er samlet en række spørgsmål til det videre arbejde med emnet:

- Er der liv andre steder end på Jorden?
- Hvilke forestillinger havde vi tidligere om Universet og mennesket placering?
- Kan vi overleve på Mars eller andre planeter?
- Hvad er forskellen på astrologi og astronomi?

Der er mange meget forskellige spørgsmål, som kan fange elevernes interesse og nysgerrighed. Herunder er der en række link til seriøse hjemmesider, hvor man kan finde nogle svar.

Inspiration til fællesfagligt forløb

I kan arbejde videre med Astras fællesfaglige forløb om plantedyrkning på Mars på astra.dk

Grubletegninger som inspiration

Grubletegninger er tit en god indfaldsvinkel til inspiration, skabe interesse, dialog og en faglig snak. Både ASTRA og Naturfagscenteret i Oslo har en række grubletegninger som kan anvendes i forbindelse med undervisningen. Find dem på astra.dk eller naturfagscenteret.no

Relevante links

Find yderligere links til inspiration og viden under forløbsbeskrivelsen til dette forløb "Stjerner, galakser og mørkt stof med NASA-forsker Sarah Pearson" på emu.dk.