

# Dine digitale gæstelærere: Anja C. Andersen og Mads Toudal Frandsen

Lærervejledning til forløbet 'Forstå mørkt stof og stjernestøv'



**Forløbet handler om mørkt stof og stjernestøv**



**Målrettet matematik A og fysik A, B, C på de gymnasiale uddannelser**



**Online eller fysisk fremmøde**



**Forløb på 3-5 moduler à 50 minutter**

**Dette gæstelærerforløb handler om universet og dets opbygning med særligt fokus på nogle af universets mindstedele: mørkt stof og stjernestøv. I forløbet tegner og fortæller Anja C. Andersen og Mads Toudal Frandsen om universet og dets mindstedele med udgangspunkt i deres forskning inden for astrofysik og partikelfysik. Forløbet er målrettet fysisk og matematik på de gymnasiale uddannelser.**

Universet er stort og ufatteligt og har alle dage pirret menneskers nysgerrighed. Både tekniske og videnskabelige spørgsmål knytter sig til universet: Hvordan er det opstået? Hvor stort er det? Hvad består det af? Hvordan har det formet sig til det, det er i dag?

Universet rejser også filosofiske spørgsmål: Er der noget, vi (ikke) kan erkende om universet? Er der liv i andre galakser? Hvis ja, hvordan ser det ud? Hvordan opfører tid og rum sig uden for vores galakse?

I dette gæstelærerforløb fortæller professor Anja C. Andersen og lektor Mads Toudal Frandsen om universet og dets opbygning fra Big Bang og frem. Anja C. Andersen er professor i offentlighedens forståelse for

videnskaben ved Niels Bohr Institutet. Hun forsker i stjernestøv - herunder hvordan det dannes, og hvilken indflydelse det har for planetdannelse og stjerneudvikling. Anja C. Andersen har modtaget flere priser og æresbevisninger for sin forskning og forskningsformidling.

Mads Toudal Frandsen er lektor i fysisk, kemi og farmaci fra Syddansk Universitet og har blandt andet forsket i partikelfysik og særligt mørkt stof.

## **Forløbets formål**

Forløbet er udviklet til fagene fysik og matematik. I fysik er blandt andet universet og dets udviklingshistorie kernestof. Det samme gælder atomer og subatomare partikler



som grundlag for at forklare makroskopiske egenskaber samt atomare systemers emission og absorption af stråling.

I matematik er det relevant at fokusere på opstilling af matematiske modeller til at beskrive planeters bevægelse i ellipsebaner samt træning af deduktiv argumentation.

Formålet med forløbet er desuden at løfte elevernes læring, motivere dem og styrke deres trivsel med undervisning af gæstelærere, der er faglige kapaciteter på deres felt.

Find alle de digitale gæstelærerforløb på [www.emu.dk](http://www.emu.dk).

### **Forløbets opbygning**

Forløbet er bygget op om fire videoer med en samtale mellem Anja C. Andersen og Mads Toudal Frandsen. Til hver video er der tilknyttet aktiviteter til matematik eller fysik.

Video 1 fungerer som en introduktion til forløbet, som det anbefales at se først. Video 2-4 kan ses uafhængigt af hinanden, ligesom de tilhørende aktiviteter kan gennemføres hver for sig.

Inden forløbet kan læreren vække elevernes nysgerrighed ved at spørge dem, hvad de ser for sig, når de tænker på universet? Hvor meget af universet de vil skyde på, at videnskaben kender og kan forklare? Og om de ser det som realistisk at finde liv i rummet?

### **Video 1: Forstå mørkt stof og stjernestøv**

I denne video præsenterer Anja C. Andersen og Mads Toudal Frandsen sig selv. De fortæller, hvorfor de er begejstrede for støv og mørkt stof, og hvad der er fascinerende ved universets mindste byggesten. Når eleverne har set videoen, kan læreren bede dem om i små grupper at reflektere over:

- Hvordan opstår planeter?
- Hvad består universet af?
- Hvad betyder det, når Mads Toudal

Frandsen siger, at mørkt stof består af helt nye elementarpartikler?

- Hvordan holder universet sig sammen, samtidig med at det udvider sig?

Grupperefleksionen kan tjene som forberedelse til de efterfølgende aktiviteter og ligger i naturlig forlængelse af de indledende spørgsmål til at vække elevernes nysgerrighed.

### **Video 2: Universets opbygning**

I denne video beskriver og tegner Anja C. Andersen og Mads Toudal Frandsen universets udvikling fra Big Bang og frem til i dag. De fortæller blandt andet, at der først kom lys i universet 380.000 år efter Big Bang, og de introducerer til både tyngdekraften og universets byggesten, herunder de kendte elementarpartikler, mørkt stof og stjernestøv.

I forlængelse af videoen kan klassen gennemføre en aktivitet om universets udvikling og opbygning med særlig relevans for fysik. Som indledning på aktiviteten kan eleverne se videoen med særlig opmærksomhed på den del, hvor Anja C. Andersen og Mads Toudal Frandsen tegner en model for udviklingen af universet fra Big Bang til det tidspunkt, hvor "vi begynder at kunne "se" universet. Læreren kan bede eleverne om at tage noter løbende, mens de ser videoen.

Herefter kan eleverne inddeles i mindre grupper og arbejde ud fra følgende spørgsmål:

- Hvordan skabes stjernestøv?
- Hvilken funktion har mørkt stof, og hvorfor har vi behov for mørkt stof for at kunne forklare udviklingen og strukturen af universet?
- Hvilke egenskaber antages mørkt stof at have?
- Hvorfor antager forskerne, at mørkt stof ikke blot er et grundstof?
- Hvor stor en andel antages mørkt stof at udgøre af universet?

Gruppedrøftelsen kan opsummeres i et produkt, hvor grupperne præsenterer og forklarer teorien



om universets udvikling og opbygning. Produktet kan være en fysisk eller digital poster, en lille videooptagelse eller lignende.

### **Video 3: Universet i dag**

I denne video forklarer Mads Toudal Frandsen og Anja C. Andersen, hvordan solsystemets planeter bevæger sig, herunder hvilken sammenhæng der er mellem planeternes afstand til Solen, tyngdekraften og planeterne rotationshastighed. Det mørke stof spiller en særlig rolle i forklaringen, hvilket fysikeren Vera Rubin beskrev, da hun forsøgte at udregne vægten af Mælkevejen.

Læreren kan i forlængelse af videoen gennemføre en eller flere af nedenstående aktiviteter.

#### Aktivitet til fysik og matematik: solsystemets planeter

Læreren kan til en start sætte eleverne i gang med at søge information om, hvilken afstand solsystemets planeter har til Solen, og hvilken hastighed de bevæger sig med.

Eleverne kan herefter udarbejde et  $r/V$ -plot i lighed med det, som Mads Toudal Frandsen og Anja C. Andersen tegner i videoen. Dernæst kan eleverne lave en potensregression for at finde den matematiske sammenhæng mellem planeternes afstand til Solen og deres rotationshastighed.

Eleverne kan desuden gense videoen, hvor Mads Toudal Frandsen opstiller en formel for sammenhæng mellem afstand og hastighed. Eleverne kan efterfølgende selv udlede denne formel ud fra Newtons gravitationslov. Herefter kan eleverne sammenligne resultatet af deres egen undersøgelse med den formel, som Mads Toudal Frandsen opstiller i videoen. Eleverne kan eventuelt også undersøge, hvordan deres resultat hænger sammen med Keplers tredje lov.

#### Aktivitet i fysik: Vera Rubin

I videoen beskriver Mads Toudal Frandsen og Anja C. Andersen den amerikanske fysiker Vera Rubins forskning. Læreren kan på den baggrund bede eleverne drøfte nedenstående spørgsmål i makkerpar:

- Hvad ville Vera Rubin undersøge?
- Hvad fandt hun ud af?
- Hvorfor var det overraskende, og hvilke mulige forklaringer er der på Vera Rubins resultater?

Herefter kan eleverne læse artiklen 'Vera Rubin and Dark Matter', som belyser Rubins forskning. Artiklen kan findes på amnh.org. Den viden, som eleverne nu har om Vera Rubins forskning, kan de dernæst præsentere sammen med deres perspektiverende overvejelser fra drøftelsen i makkerpar i en skriftlig opgave. Præsentationen kan også laves mundtligt ud fra et produkt i for eksempel et præsentationsprogram, en model eller en lille video.

Eleverne kan afslutningsvist dele tanker, idéer og spørgsmål med hinanden med udgangspunkt i præsentationerne.

#### Aktivitet i matematik: ellipsens ligning og planeterne i solsystemet

Mads Toudal Frandsen og Anja C. Andersens fortæller i videoen om ellipsens ligning. Læreren kan give en uddybende præsentation af ligningen som optakt til, at eleverne individuelt eller i grupper selv udleder ellipsens ligning og opstiller en parameterfremstilling for ellipsens ligning. Læreren kan herefter instruere eleverne i at anvende parameterfremstillingen til at undersøge, hvordan hastighed og acceleration beregnes i et punkt.

Som næste skridt kan læreren inddele eleverne i grupper og bede dem om at udlede Newtons udgave af Keplers tredje lov med udgangspunkt i gravitationsloven. Efterfølgende kan eleverne finde omløbstider for planeterne i solsystemet og halve storakser for planeterne i solsystemet og bruge Newtons udgave af Keplers tredje lov til at beregne masserne af solsystemets planeter.



Læreren kan vælge at afrunde aktiviteten med en fælles plenumopsamling eller med, at eleverne udarbejder en skriftlig fremstilling af deres undersøgelser og undersøgelsesresultater.

#### **Video 4: Støv og opbygning af galakser**

I denne video taler Anja C. Andersen om interstellare skyer - herunder Orion, som kan jagttages. Derudover forklarer Anja C. Andersen og Mads Toudal Frandsen om støv og mørkt stof og om, hvorfor disse begreber er svære at indfange og måle.

Læreren kan i forlængelse af videoen gennemføre en aktivitet om stjernestøv med særlig relevans for fysik. Aktiviteten udspringer fra erkendelsen af, at der er rigtigt meget i universet, der ikke kan ses - selv ikke med enorme rumteleskoper.

Som første trin i aktiviteten kan eleverne søge på internettet efter billeder fra Hubble-rumteleskopet. Derefter kan eleverne læse om Orion på internettet i magasinet *Astronomy*. Herefter kan læreren inddele eleverne i makkerpar, som kan dele tanker og undren med udgangspunkt i disse spørgsmål:

- Hvad har overrasket jer i den information, I har erhvervet?
- Hvilken viden undrer jer?
- Hvilken viden virker skræmmende?

Efter denne deling af tanker og undren kan eleverne udarbejde en præsentation i et præsentationsprogram med forklaring på, hvad stjernetåger er, fakta om Orion samt udvalgte billeder af Orion fra Hubble-rumteleskop-sitet. Som et supplement kan læreren planlægge en hjemmeopgave, hvor eleverne på en stjerneklar aften selv går ud og observerer Orion med en fugle- eller stjerneikkert. Eleverne kan skrive deres observationer ned i stikord og derefter lave en skitse af det, de ser.

Elevernes præsentationer kan fremlægges i klassen, og læreren kan opsamle den erhvervede viden i en klassesdrøftelse.

#### **Evaluering**

Forløbet kan evalueres ved, at eleverne vælger to af følgende punkter og udfylder dem.

- Skriv to punkter ned med ny viden, som du har lært af forløbet.
- Skriv to punkter ned, som provokerede dig ved forløbet.
- Skriv to punkter ned, som overraskede dig ved forløbet.
- Hvor har forløbet vækket din nysgerrighed? Stil to spørgsmål til forløbet.
- Vælg, find eller tag to billeder, som reflekterer forløbet som helhed.

Eleverne kan herefter gå sammen i makkerpar, dele deres besvarelser og give hinanden feedback på punkterne. Til sidst kan evalueringen vendes i plenum i hele klassen.



## Tilrettelæggelse

Opbygningen af forløbet lægger op til, at det gennemføres over tre til fem moduler. Tidsforbruget kan variere afhængigt af den faglige forankring af forløbet, herunder graden af tværfagligt samarbejde, samt af hvor mange af ovenstående forslag til aktiviteter læreren prioriterer.

Forløbet er designet med forslag til konkrete fokuseringer i fag, men med en vis åbenhed, så læreren stadig kan tilrettelægge og re-didaktisere efter egne ønsker. Flere af beregningerne, udledninger og omskrivninger er i højere grad egnede til fysik A og fysik B men i mindre grad fysik C, hvor de vil være vanskelige for mange elever. Læreren bør derfor udvælge aktiviteter, der passer til elevernes niveau.

Som led i tilrettelæggelsen kan læreren forberede sig ved at definere en række vigtige begreber, som indgår i videoen med

Anja C. Andersen og Mads Toudal Frandsen om universet og nogle af de mindste dele, som universet består af. Begreberne kan eksempelvis være:

- Viden
- Erkendelse
- Videnskabelige undersøgelser
- Stjernebilleder
- Universet og dets opbygning
- Galakser og spiralarme
- Stjerne
- Planeter
- Big Bang
- Rotation
- Masse
- Mørkt stof
- Stjernestøv.

## Hvis undervisningen er online...

Forløbet kan gennemføres som fjernundervisning uden væsentlige ændringer af indhold og proces. Ved fjernundervisning kan der gøres brug af onlineklasserum, for eksempel breakout rooms på klassens virtuelle platform, for at understøtte gruppeaktiviteter. Ligeledes kan der gøres brug af for eksempel Padlet eller et andet online kanvasredskab til at fastholde fælles brainstorm eller præsentere elevernes produkter.

*Publikationen er udarbejdet juli 2021 af Rambøll Management Consulting, Københavns Professionshøjskole, VIA University College, Syddansk Universitet og Operate for Styrelsen for Undervisning og Kvalitet.*

Grafisk tilrettelæggelse: Operate



**BØRNE- OG  
UNDERVISNINGSMINISTERIET**



**OPERATE**

