

Oversigt

- **Målgruppe:** Gymnasieelever (1.g-3.g)
 - **Tidsramme:** 2-3 lektioner á 60-90 minutter (plus evt. opfølgning efter selve formørkelsen).
 - **Fokus:** Astronomiske og geometriske aspekter ved solformørkelser, sikring af øjne ved observation, samt mulige fysiske og matematiske udvidelser (fx om vinkler, baneparametre og historiske målinger).
-

Lektion 1 – Teori og himmelmekanik

Formål

- Give et overblik over de astronomiske forhold bag solformørkelser.
- Inddrage geometriske og evt. fysik- eller matematikfaglige perspektiver på flere niveauer.
- Diskutere hvor ofte, hvor og hvornår fænomenet optræder.

1. Astronomisk baggrund (15-20 min.)

1. Jordens og månens baner

- Jorden bevæger sig om solen på ~365,25 døgn, månen om jorden på ~29,5 døgn (synodisk måned).
- Månens bane hælder ca. 5° i forhold til jordens baneplan (ekliptika).
- Derfor sker solformørkelse kun nær de punkter, hvor månen krydser ekliptika (knudepunkter) samtidig med nymåne.

2. Typer af solformørkelse

- Delvis, total og ringformet (annular).
- Penumbra (halvskygge), umbra (kerneskygge) og evt. antumbra ved ringformet formørkelse.

3. Størrelses- og afstandsforhold

- Solen er ca. 400 gange større end månen i diameter, men også omtrent 400 gange længere væk fra jorden.
- Denne tilfældige sammenhæng giver månen mulighed for at dække solskiven næsten fuldstændigt.
- Nogle gange er månen dog lidt for langt væk i sin bane, hvilket kan føre til en ringformet formørkelse.

4. Hyppighed og geografi

- Der optræder 2-5 solformørkelser et eller andet sted på jorden om året.

- Totalformørkelse kan kun ses i et smalt bælte, hvor man befinder sig i månens umbra.

2. Valgfri fysisk/matematisk fordybelse (10-15 min. eller mere)

- **Lavt niveau:**
 - Betragt månens bane som (næsten) cirkulær. Diskuter, hvorfor ikke hver nymåne medfører formørkelse (banehældning).
- **Middel niveau:**
 - Tal om, hvordan man definerer måneknuder og deres bevægelse (knudernes retrograde vandring på ~18,6 år).
- **Udvidet niveau:**
 - Gå i dybden med ellipsebaner (Keplers love), banehældninger og evt. beregning af solskivens og månens tilsyneladende vinkeldiameter (~0,5°).
 - Nævn, at formørkelsers varighed og form (fx ringformet) afhænger af månens perigeum/apogeum i dens ellipsebane.

3. Fælles modeldemonstration (10-15 min.)

1. **Materialer**
 - Kraftig lommelygte (sol), en større bold (jord) og en mindre (måne).
2. **Fremgangsmåde**
 - Dæmp lyset, lad "månen" passere mellem lyskilden og "jorden."
 - Vis, at kun en lille del af "jorden" oplever total formørkelse, mens et større område får delvis formørkelse (penumbra).
3. **Diskussion**
 - Spørg, hvorfor totalformørkelse er mere sjælden at opleve på samme sted.
 - Nævn, at selv en total formørkelse maksimalt varer få minutter (op til ~7,5 minut), alt efter månens og jordens relative hastigheder.

Lektion 2 – Observation, sikkerhed og mulige eksperimenter

Formål

- Vise sikkerhedsaspekterne ved observation af solen.
- Overveje metoder til at måle eller registrere formørkelsen (alt efter klassetrin og fagkombination).
- Lade eleverne få praktisk erfaring med simple (eller mere avancerede) observationsteknikker.

1. Sikkerhed ved observation (5-10 min.)

1. Øjenskader

- Direkte kig på solen kan skade nethinden, da man ikke nødvendigvis mærker smerten med det samme.
- Almindelige solbriller eller svejseglas er ikke gode nok.

2. Solformørkelsesbriller

- Særligt godkendte briller med optisk tæthed.
- Skal være uden skader eller ridser.

3. Pinhole-projektor

- To stykker pap, et lille hul i det ene. Man betragter projektionen af solskiven på det andet stykke pap. Ingen risiko for øjnene.

2. Metoder til dataindsamling (10-20 min.)

- Observér formørkelsen visuelt (med sikkerhed), noter tidspunkter for start, maksimum og slut – hvis vejret tillader.
- Brug en lysmåler (evt. smartphone-app) til at måle ændringen i lysstyrken under formørkelsen.
- Sammenlign målinger med teoretiske tidspunkter fra et formørkelsesdiagram (der kan findes tabeller).

3. Eksempler på forsøg (10-15 min.)

- Sæt eleverne i grupper og lad dem forsøge at projicere solens lys via pinhole, måle intensitet eller temperatur.
- **Valgfri udvidelse i fysik**
 - Tal om, hvordan man kunne bruge simple filtre og sensorer til at kvantificere lysdæmpningen i løbet af formørkelsen.
 - Nævn, at man i tidlige tider brugte lignende metoder til at forske i solens korona under totalformørkelser.

4. Afrunding af lektion 2 (5 min.)

- Mind om tidspunktet for den kommende formørkelse (29. marts 2025).
 - Motivér eleverne til at udføre forsøg eller blot observere sikkert på selve dagen.
-

Lektion 3 – Opfølgning og perspektivering

Formål

- Drøfte de erfaringer, eleverne faktisk gjorde sig under formørkelsen.
- Koble tilbage til teori, dataindsamling og mulige historiske eller kulturelle perspektiver.
- Runde af med eksempler på, hvor solformørkelser har været betydningsfulde i videnskaben.

1. Oplevelser og data (10-15 min.)

1. Samtale i klassen

- “Fik I set formørkelsen klart? Hvordan var vejret?”
- “Var der nogen synlig ændring i belysning eller temperatur?”

2. Dataanalyse (valgfrit)

- Hvis der blev målt lysstyrke eller temperatur, så sammenlign det med de teoriforudsagte tidspunkter for formørkelsens forløb.

2. Historisk eller kulturelt perspektiv (10-15 min.)

1. Historiske eksempler

- Berygtede hændelser, hvor solformørkelser enten skræmte befolkninger eller blev brugt til at bekræfte astronomiske teorier.
- Eksempel: Ekspeditionen i 1919, hvor observation af stjerner nær solens kant under en totalformørkelse blev brugt til at teste dele af gravitationsteori (afbøjning af lys).

2. Kulturelle myter

- I visse kulturer troede man, at solen blev “spist” af en drage eller lignende.

3. Perspektivering og evt. fremtidige begivenheder (10-15 min.)

1. Kommende formørkelser

- Hvornår kan der ses total formørkelse i nærheden af eller i Europa?

2. Venus- eller Merkurpassager

- Minder om solformørkelse, men kun en lille del af solskiven dækkes, og det kaldes en transit.
- Disse sker sjældent. Man kan diskutere, hvordan tidligere astronomer brugte Venuspassager til at anslå afstanden til solen.

3. Elevernes refleksion

- Bed dem sammenfatte deres læring i en lille rapport, fremlæggelse eller plakat, afhængig af klassetrin.

4. Afrunding (5 min.)

- Fremhæv vigtigheden af observerede fænomener for udviklingen af astronomi og fysik.
 - Understreg, at sikkerhed altid er afgørende, når man beskæftiger sig med observation af solen.
-

Supplerende råd og baggrund til læreren

1. Tilpasning til fagligt niveau

- I 1.g kan man holde fokus på de grundlæggende astronomiske sammenhænge og let dataindsamling.
- I 2.g og 3.g (evt. med fysik B/A og/eller matematik B/A) kan man gå mere i dybden med ellipsebaner, Keplers love, vinkeldiameterberegninger ($0,5^\circ$ for både sol og måne) og historiske forsøg (fx Eddington 1919).

2. Visuelle hjælpemidler

- Animationer, simulationer eller apps, der viser månens og jordens baner i 3D, hjælper med at forstå hældningen og knudepunkter.
- Afsæt tid til at drøfte, hvordan man kan forudse formørkelser flere årtier ud i fremtiden via beregninger.

3. Mulighed for tværfaglighed

- Historie: Hvordan formørkelser påvirkede tidligere civilisationer, berømte ekspeditioner (fx 1919).
- Religion/kulturer: Myter og historier.
- Samfundsfag: Hvordan store naturfænomener kan påvirke samfund og mediebillende.

4. Mulige projekter

- Gennemfør et længerevarende projekt, hvor eleverne forbereder målinger, udfører dem på dagen, og analyserer resultaterne efterfølgende.
- Drøft alternative metoder til at observere solen, fx brug af teleskoper med solfilter eller solprojektion.

5. Plan B

- Vær forberedt på overskyet vejr, så eleverne ikke mister hele oplevelsen. Hav videoer, billeder eller live-stream fra andre steder.

Afsluttende bemærkninger

Forløbet her kan justeres i dybde og varighed, afhængigt af om det er 1.g eller 3.g, og om klassen har fysik/matematik på højt niveau. De essentielle brikker er forståelsen af banerne, størrelses- og afstandsforholdene mellem sol og måne, sikkerhedsaspekter ved observation, og hvordan den delvise formørkelse vil se ud i Danmark i 2025. Samtidig kan der åbnes for spændende perspektiver om historisk betydning, kulturelle fortolkninger og mere komplekse fysiske modeller, hvis niveauet i klassen tillader det.

Ekstra ressourcer

Her er nogle nyttige ekstra ressourcer, du kan bruge for at forbedre undervisningen eller din egen baggrundsviden:

Dybgående teori – NBI Fysikleksikon (dansk): Niels Bohr Institutets fysikleksikon har en detaljeret artikel om solformørkelser. Den gennemgår fænomenet med høj faglig præcision – forklarer f.eks. hvorfor Månens skygge kun dækker et begrænset område på Jorden, og hvorfor den totale fase maks varer ca. 7 minutter

fysikleksikon.nbi.ku.dk. Artiklen beskriver også umbra og penumbra samt historiske formørkelser (fx totaliteten i 1851) i Danmark. Dette er velegnet til gymnasieelever, da sproget er naturvidenskabeligt, og det giver et solidt teoretisk grundlag på dansk, som kan perspektiveres i undervisningen.

NASA's Eyes on the Solar System – Total Solar Eclipse (engelsk): Et avanceret interaktivt astronomi-værktøj fra NASA, hvor gymnasieelever kan **simulere solformørkelser i 3D**. Med "Eyes" kan man opleve, hvordan en total solformørkelse ser ud fra forskellige perspektiver – fx set fra rummet versus fra et punkt på Jorden

science.nasa.gov. Man kan spole tiden frem/tilbage og se Månens skygge bevæge sig hen over Jordens overflade. Dette giver eleverne mulighed for at fordybe sig i data og visualiseringer, og knytte observationer til fysiske principper (bevægelse, baneplaner, osv.) på et højt fagligt niveau.

NASA Eclipse Web Site & databaser (engelsk): NASAs officielle solformørkelses-portal tilbyder enorme mængder **data og beregninger**. Her findes kort og tabeller for formørkelser over en periode på 5.000 år, tekniske detaljer om Saros-cykler samt vejledninger til observation eclipse.gsfc.nasa.gov. Siden (drevet af NASA Goddard) giver adgang til formørkelsesbaner, tidspunkt for maksimal formørkelse, varighed, osv., og er dermed et oplagt sted for gymnasieelever at hente **rå data** til projekter. For eksempel kan eleverne undersøge historiske formørkelser eller forudsige fremtidige ved hjælp af de publicerede NASA-data.

Videnskabelige visualiseringer og artikler (engelsk): For yderligere fordybelse kan gymnasieelever benytte forskningsbaserede ressourcer som NASA's Scientific Visualization

Studio, der har højt opløste videoer og animationer af solformørkelser science.nasa.gov. Desuden tilbyder NASA's **Universe of Learning** projekt artikler, billeder og aktiviteter, der relaterer solformørkelser til avancerede emner som fx **gravitationslinser og exoplanet-transitter**, hvor lignende formørkelsesprincipper gør sig gældende science.nasa.gov. Disse ressourcer kan bruges til at koble pensum til aktuel forskning – fx at forstå, hvordan formørkelser gav data til at teste Einsteins relativitetsteori, eller hvordan astronomer opdager exoplaneter ved at observere mini-“formørkelser” når planeter passerer foran deres stjerne. Such materials (primarily in English) udfordrer de ældste elever og giver et indblik i astronomi på et højere niveau, samtidig med at de kan bruges direkte i undervisningen via de tilhørende guider og aktivitetsforslag.