

ELEVHEFTE

# SVARTE HULL

For ungdomstrinn

## Kort om aktiviteten

Svarte hull er spennende! Svarte hull er skummelt! Svarte hull er noe «alle» snakker om, men ingen egentlig forstår hva er.

De fleste elever er opptatt av svarte hull. Mange tenker nok at dette er et skummelt hull i verdensrommet, som drar alle ting til seg. Men hvor kommer dette «hullet» fra? La oss undre oss og spekulere i dette før vi avslører den store sannheten. Kanskje kan du oppleve at du ikke engang tror at sannheten stemmer.

Er et svart hull faktisk et hull? Det heter jo et svart hull. Man ville jo ikke kalle det et hull hvis det ikke var et hull, vel? Og hvorfor er det svart? La oss ta en reise i det mørke universet. Det kan bli litt skummelt, så husk å ta med mye mot, matpakke og lommelykt. God tur!

## Læringsmål

- beskrive universet og ulike teorier for hvordan det har utviklet seg
- undersøke et emne fra utforskningen av verdensrommet, og sammenstille og presentere informasjon fra ulike kilder
- forstå begrepene fart og akselerasjon og gi eksempler på hvordan kraft er knyttet til akselerasjon
- bruke enkle modeller for å forklare fenomener man ikke kan observere direkte

## Innhold

Kort om aktiviteten.....	1
Læringsmål.....	1
Svarte hull .....	3
Så hva er egentlig et svart hull? .....	3
Gravitasjon .....	4
Gravitasjonen i svarte hull.....	4
Oppgave 1 Gravitasjon.....	5
Ikke engang lyset slipper unna.....	6
Så hva er da egentlig et svart hull, hvis det ikke er et hull? .....	6
Mysteriet svarte hull.....	7
Oppgave 2.....	8
Aktivitet 1 Gravitasjon .....	9
Aktivitet 2 Implosjon.....	10
Ordliste.....	11

## Svarte hull

Svarte hull er det mest spennende som finnes i verdensrommet, men også det mest uforståelige. Vi forstår dem ikke, men vi vet at de er der, og vi vet at det vi kan om fysikk i dag faktisk slutter å være sant når det kommer til svarte hull. Og et svart hull er jo ikke egentlig et hull i det hele tatt.

---

*Virkelig visdom er å vite hva vi ikke vet*

*Sokrates*

---

### Så hva er egentlig et svart hull?

De fleste svarte hull blir til når en stjerne dør. Det betyr ikke at alle stjerner blir til svarte hull. Vår sol kan for eksempel ikke bli det, heldigvis for oss. For at en stjerne skal kunne bli et svart hull, må den være mange ganger større enn sola vår.

Stjerner er fulle av energi. Etter noen millioner år går stjerna tom for energi. Da har kjernen midt inne i stjerna blitt til fast stoff (ofte jern) og hele stjerna kollapser. Vi får da det som kalles en supernovaeksplosjon. Mye av solmassen slynges ut i verdensrommet, mens resten klapper sammen til en veldig tett masse.

---

*Til sammenligning kan vi tenke oss at jorda presses sammen til den er på størrelse med en klinkekule (ikke at det kan skje, altså). Tenk dere hvor tett den massen ville være, samtidig som den, altså klinkekula, ville veie like mye som jorda.*

---

Den sammenklemte stjerna får da en massetetthet som skaper en uendelig sterk gravitasjonskraft.



Bilde: Det første faktiske bilde av et svart hull i galaksen M87. EHT Collaboration

## Gravitasjon

Gravitasjonskraften er den kraften som holder oss på jorda, det som trekker oss tilbake ned når vi hopper opp i lufta, og det som gjør at ting faller når vi mister det.

Har du hørt historien om Newton og eplet som falt? Om historien er sann eller ikke, skal vi ikke fundere på, men at Newton var genial, kan man ikke betvile. Newton var den første til å påstå at det var de samme fysiske lovene som styrte stjernenes bevegelser og bevegelsen til ting på jorda. Alle legemer tiltrekkes hverandre og det er *massen* (altså størrelsen gange tettheten) til legemet som bestemmer hvor sterk denne kraften er. Dette er den universelle gravitasjonsloven. (gravitasjonskraften kalles *g*.)

*Akselerasjonen denne tingen får på grunn av denne kraften er  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$*

Det betyr at akselerasjonen er 9,8meter per sekund, *per sekund*. Vi tenker oss at eplet faller. Etter et sekund faller det 9,8 m/s, og etter 2 sekunder faller det 18,6 m/s, etter 3 sekunder faller det 28,4 m/s, og så videre. Selvfølgelig påvirkes dette også av luftmotstand, så skal man regne ut faktisk fart, må man også legge til dette, men vi skal ikke bry oss om det nå.

Noe som derimot er viktig å forstå, er at jo større *masse* noe har, jo større blir denne akselerasjonen. På sola for eksempel, er  $g = 274 \text{ m/s}^2$  mens på månen er det bare  $g = 1,62 \text{ m/s}^2$ . Tenk da hvor stor denne kraften blir på en stjerne mange ganger større enn sola.

## Gravitasjonen i svarte hull

Når det kommer til svarte hull er det viktig å forstå forskjellen på størrelse og masse.

La oss for eksempel se på forskjellen mellom en svamp og en klinkekule. Svampen er mange ganger større enn klinkekula, men vi tenker oss at vi putter den inn i en maskin som klemmer den sammen til en ball. All luft og alt annet enn stoffet klemmes ut og vi sitter igjen med en ørliten ball av tettpakket svamp. Klinkekula er mye mer kompakt, og har derfor mer masse enn svampen, selv om den er større i volum.

Nå tenker vi oss at det samme skjer med ei stjerne ti ganger større enn sola vår. Når den dør i en supernovaeksplosjon slynges mye av massen ut i verdensrommet, men resten imploderer. Det betyr at det trekker seg sammen. Og det fortsetter å trekke seg sammen til en uendelig tett masse. Jo mer noe trekker seg sammen, desto større blir gravitasjonskraften. Den døde stjerna, som hadde en enorm gravitasjonskraft til å begynne med får nå omtrent uendelig sterk gravitasjonskraft.

## Oppgave 1 Gravitasjon

Les gjennom teksten over og prøv å svare på disse spørsmålene

1. Hva er gravitasjon?
2. Vi sier at gravitasjonskraften på jorda er  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  Hva betyr det at meter per sekund er opphøyd i andre, altså per sekund, *per sekund*?
3. Hva er forskjellen mellom størrelse og masse?
4. Hva betyr implosjon?



## Ikke engang lyset slipper unna

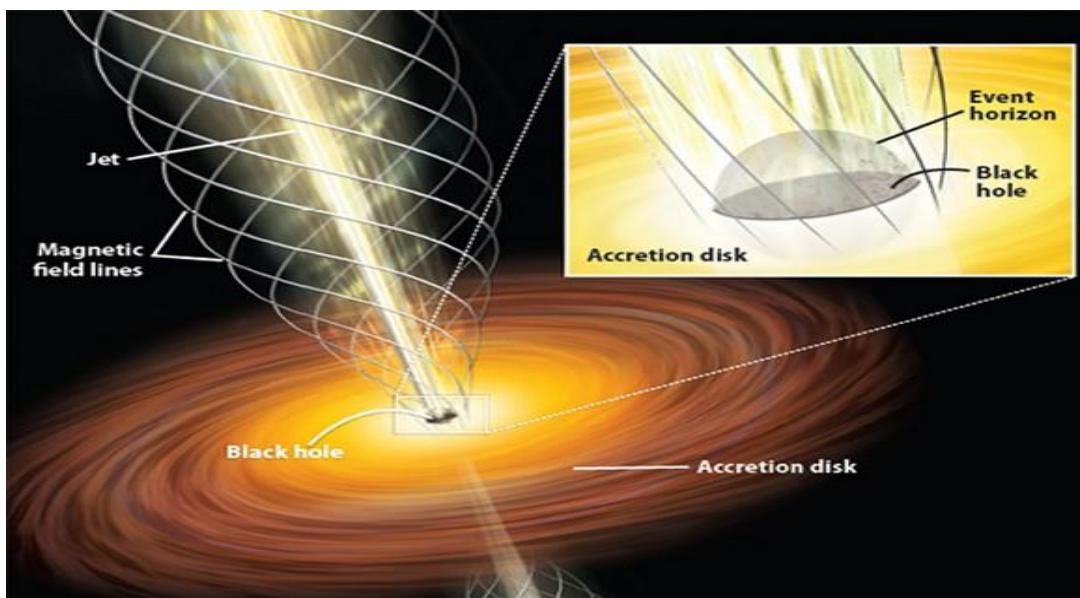
Når vi sender opp raketter fra jorda må raketten slippe unna jordas gravitasjonskraft for ikke å trekkes ned igjen. Det betyr at raketten må ha en viss størrelse og en viss fart.

Hvis vi tenker oss at vi er i et romskip på vei inn i et svart hull måtte vi reise fortere enn lysets hastighet for å kunne slippe unna, og så fort er det umulig for oss å reise. Og ettersom man må reise fortere enn med lysets hastighet, betyr det jo at ikke engang lyset kommer bort fra det svarte hullet. Dette er grunnen til at det kalles svart hull. Lyset slipper ikke ut og vi ser bare et «svart hull». Stjerner og andre ting som kommer for nært et svart hull trekkes inn og blir slukt opp av gravitasjonskraften. På den måten vokser også energien til hullet og det blir et enda større hull.

## Så hva er dag egentlig et svart hull, hvis det ikke er et hull?

Ok. Vi har nå forstått at et svart hull, som ikke egentlig er et hull, er en død stjerne som har implodert og klumpet seg sammen til en uendelig tett masse, som derfor også har uendelig sterk gravitasjonskraft. Denne massen kalles *Singularitet*. Men det er ikke alt et svart hull er.

Rundt denne massen, singulariteten, som en gang var en strålende stjerne har det nå dannet seg en slags «boble» av gravitasjonskraft. Dette kalles Event horizon på engelsk, eller *Hendelseshorizonten*. Dette er grensa hvor man ikke lenger kan slippe unna gravitasjonskraften, og er det som faktisk regnes som «hullet». Størrelsen på hendelseshorizonten bestemmes av massen på singulariteten. Forskere mener at de største svarte hullene kan ha en hendelseshorizont på mange millioner kilometer.



Bilde: Astronomy/ Roen Kelly

NRK Newton har laget en video for å forklare svarte hull. Den finner dere her:

[https://www.nrk.no/video/PS\\*183427](https://www.nrk.no/video/PS*183427)



## Mysteriet svarte hull

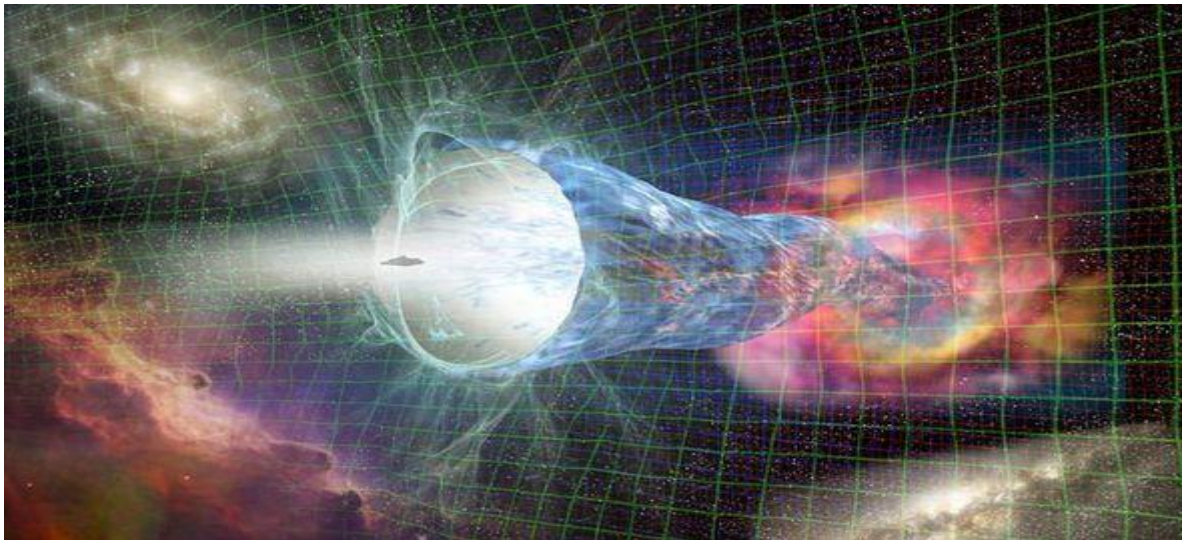
Det er mye med svarte hull vi ikke vet. Vi kommer jo liksom ikke nær et så vi kan studere det skikkelig.

For eksempel vet vi ikke helt hvordan det er innenfor hendeshorizonten. Hvordan ser egentlig singulariteten ut? Hvor liten kan den bli? Det aner vi ikke. På grunn av at alt innenfor hendeshorizonten aldri kan komme ut, kan vi heller aldri finne det ut.

Vi tror at det finnes svarte hull i midten av alle galakser, også i Melkeveien. Det største svarte hullet vi vet om (til nå) befinner seg i en galakse som heter M87. Det hullet mener forskerne veier like mye som 3 milliarder soler som vår. Et slikt supermassivt svart hull kan «spise» en stjerne hver eneste uke. Ganske skremmende, er det ikke? Heldigvis er verdensrommet så stort at dette ikke kan påvirke oss på jorda.

Tiden er også noe som er et mysterium i nærheten av svarte hull. Det ser ut som tiden går mye saktere i nærheten av hendeshorizonten. Noen forskere mener at dette kan utnyttes til å reise i tid i framtida. Dersom vi reiser til et svart hull vil tida ha gått mye fortere på jorda. Det betyr at når astronautene vil komme tilbake til jorda kanskje hundrevis av år senere. Det eneste problemet med dette er at man ikke kan reise tilbake igjen. Altså, teoretisk sett er det mulig å reise framover i tid, men foreløpig ser ikke forskerne noen mulighet til å reise tilbake i tid.

Svarte hull har inspirert til mange spennende fortellinger og ideer. Noen mener at det kanskje er en mulig inngang til andre univers, eller andre dimensjoner. Tenk for en fantasireise det kan bli?





## Oppgave 2

1. Hva mener vi med at ikke engang lys ikke slipper unna svarte hull?
2. Prøv å forklare *Singularitet* og *Hendelseshorisont* med egne ord.
3. Skriv en tekst om et svart hull. Du kan selv bestemme om det skal være en faktatekst eller fantasi.



## Aktivitet 1 Gravitasjon

Det er litt risikabelt å skulle reise til et svart hull for å teste ut gravitasjonskraften der, så vi prøver en litt tryggere måte her.

For å klare dette trenger dere noen enkle ting:

- Plastfolie (sånn som de fleste har i kjøkkenskuffa)
- Klinkekuler, gjerne liten og stor
- Vann

Hold plastfolien så den er helt strukket ut. Den kan også festes på noe så du har ledige hjelpende hender. Putt den lille klinkekula i midten av plastfolien. Nå kan du se at platen bøyer litt på seg. Denne bøyen er gravitasjonskraften. Drypp et par vandrdåper på platen og se at de renner ned mot kula. Kanskje den kan representere ei stjerne?

Bytt ut klinkekula med en større kule. Da ser vi at hellingen på platen blir dypere. Dette er en større stjerne, som har kraftigere gravitasjonskraft.

Ta bort stjerna (eller kula) og stikk fingeren ned i platen slik at det blir et hull. Fingeren din representerer singulariteten til et svart hull. Hva skjer om du heller noen dråper vann på platen nå? Svarte hull er akkurat som hullet i plastfolien. Når dråpene kommer til kanten vil de falle ned, akkurat som alt som kommer innenfor hendelseshorizonten på et svart hull.

## Aktivitet 2 Implosjon

Dette er et forsøk som krever litt utstyr og streng risikovurdering.

*Gjør dette bare sammen med en voksen!!*

En implosjon er det motsatte av en eksplosjon. Det er kanskje ikke så lett å tenke seg hvordan dette går for seg. Her er en enkel demonstrasjon som kan vise prinsippet av hvordan en stjerne trekker seg sammen.

Dere trenger

- En tom brusboks
- En kokeplate eller gassbrenner
- Et kar med kaldt vann
- Vernebriller
- En klype og varmebestandige hansker

Hell litt vann i brusboksen. Ikke ha i for mye vann, da tar forsøket veldig lang tid. Sett boksen på kokeplata eller over brenneren. La den stå til vannet i boksen er kokt bort. Vent lenge nok til at boksen er skikkelig varm.

Flytt boksen raskt over i det kalde vannet og se hva som skjer.

På grunn av den raske temperaturendringen vil boksen trekke seg raskt sammen.

Denne demonstrasjonen viser selvfølgelig ikke helt hva som skjer med ei stjerne som blir til et svart hull, men du får en ide om at noe kan trekke seg raskt sammen uten at man klemmer på det.

NEWTON viser forsøket her <https://www.youtube.com/watch?v=cDFI7cYBvyo>

## Ordliste

*Gravitasjon-* For oss på jorda er dette kreftene som trekker oss ned mot jorda. I verdensrommet er det kreftene som får planetene til å gå i bane rundt ei stjerne. Store masser (eks. stjerner) trekker mindre masser (eks. planeter) mot seg. Svarte hull har en gravitasjonskraft som er så sterk at ikke engang lyset kommer unna.

*Singularitet-* Et punkt i verdensrommet der alt er uendelig. Inne i svarte hull er dette kjernen til den uendelig sterke gravitasjonen.

*Hendelseshorison-* Det kritiske punktet rundt et svart hull. Grensen hvor ingenting kan slippe unna, ikke lys, ingen informasjon, ingen materie, ingenting ...