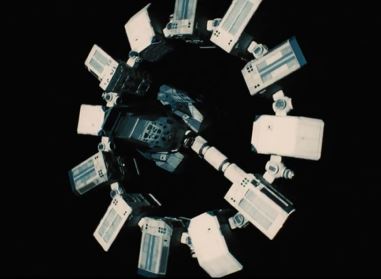
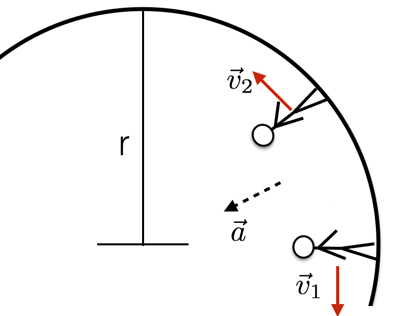
# Relativitetsteori og Interstellar

# http://i.dailymail.co.uk/i/pix/2014/12/18/242405EA00000578-2878713-image-a-1_1418907444582.jpg

1. I Interstellar skal astronauterne undslippe jordens tyngdefelt for at påbegynde deres rejse. For at undslippe en planets tyngdefelt skal man opnå hastigheden *v*, som funktion af Graviationskonstanten *G*, massen af planeten *M* og radius af planeten *r*.
2. Udregn hvilken hastighed astronauterne i Interstellar skal opnå for at undslippe jordens tyngdefelt.
3. I Interstellar laver astronauterne kunstig tyngdekraft ved at rotere rumskibet Endurance omkring sin egen akse. Centripetalaccelerationen fra en sådan rotation beregnes ved at bruge følgende formel:

hvor *v* er rotationshastigheden, *a* er accelerationen målt i afstanden r fra centeret af rotationen.

1. Beregn hvilken rotationshastighed skibet skal bruge for at opnå en centripetalacceleration tilsvarende jordens tyngdeacceleration.

Det største problem med kunstig tyngdeacceleration med denne metode er, at man vil opleve tyngdeaccelerationen forskelligt afhængigt af om man bevæger sig i bevægelses retningen af rotationen eller mod bevægelsesretning.

1. Beregn, under antagelse af, at man går med en hastighed på hhv. 2 m/s i og mod bevægelsesretningen af rotationen i afstanden r fra centreret af rumskibet, forskellen i kunstig tyngdeacceleration, som man vil opleve.
2. Newtons gravitationslov siger at gravitationskraften, *F*, mellem to legemer med masserne *M* og *m*, som er adskilt af afstanden *r* er givet ved:

Tyngdeaccelerationspåvirkningen fra en af disse planeter med massen m, på overfladen af den anden planet, kan findes som:

1. Vis at tyngdeaccelerationsændringen fra månens tiltrækningskraft på jordens overflade er tilnærmelsesvis 3,3·10-5 m/s2. Husk Newtons anden lov *F = m·a*.
2. Vores unge helte rejser til en fremmed planet (Millers planet), som er i kredsløb omkring et sort hul – Gargantua. På denne planet er tidsforskellen pga. tyngdekraftpåvirkningen fra Gargantua således, at 1 time på planeten svarer til 7 år på jorden (et ikke isotropisk tyngdefelt). Antag at Gargantuas masse er 108 gange solens masse.
3. Beregn afstanden fra Millers Planet til Gargantua.
4. Udregn tyngdeaccelerationsændringen fra Gargantua på overfladen af Millers planet.



1. På jordens overflade måles månens tiltrækningskraft, som en tyngdeaccelerationsændring på 3,306 ·10-5 m/s2. Dette svarer ca. til en tidevandsforskel på ½ meter.
2. Udregn på baggrund af dette, samt jeres resultat fra opgave 4b, hvor høje tidevandsbølgerne på Millers planet er.
3. Er jeres resultat realistisk i forhold til det som sker i filmen? Sammenlign med nedenstående billede.

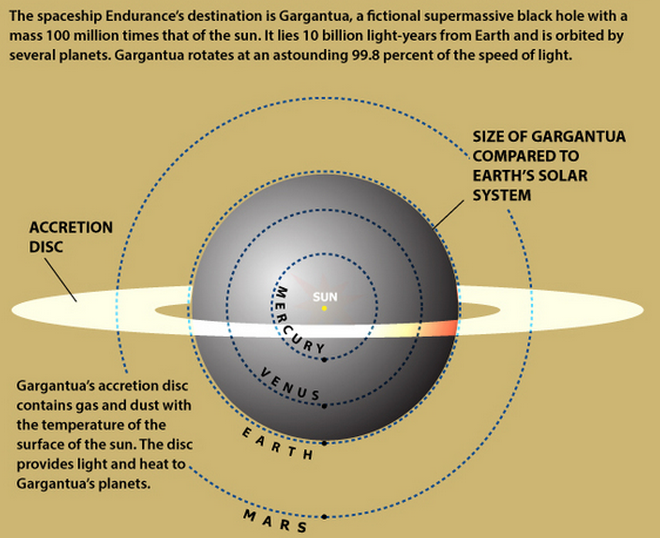


1. Vurder, på baggrund af jeres resultater, om astronauterne ville overleve et besøg på Millers planet.
2. På Millers og Dr. Manns planet er tyngdeaccelerationen hhv. 130 % og 80 % af den på jorden.
3. Beregn din egen vægt på overfladen af disse to planeter.
4. Dr. Mann forsøger at overtage Endurance og i forbindelse med en mislykket tilkobling eksploderer en del af Endurance. Cooper og Grand forsøger herefter at tilkoble sig til det halvt ødelagte Endurance (se nedenstående billede).



Efter eksplosionen roterer Endurance med 68 RPM omkring sin egen akse. Astronauterne er derfor nødsaget til at roterer deres eget rumskib med samme vinkelhastighed for at docke på Endurance.

1. Beregn g-påvirkningen, som astronauterne oplever under denne dockingprocedure. Antag at Cooper og Grand er 4 meter fra centeret af rotationen.
2. Forklar hvorfor der er en overhængende fare for at Cooper og Grand bliver bevistløse, sammenlign med følgende link: <https://www.youtube.com/watch?v=lK8U8RZyzsM>
3. Senere i Interstellar udnytter Cooper Gargantua’s tyngdefelt for at slynge rumskibet imod Edmunds planet. I løbet af de 15 min. scenen varer, får vi fortalt at jorden er blevet 51 år ældre. Effekten fra Gargantua kan antages at være 0 på jorden (et ikke isotropisk tyngdefelt).
4. Udregn i grove træk massen af det sorte hul under antagelsen af, at rumskibet er tilnærmelsesvis på overfladen af det.
5. Sammenlign med forklaringen af det sorte hul på næste side.



1. Selvom et sort hul ingenting fylder, taler astronomerne alligevel om et sort huls størrelse - dets begivenhedshorisont eller Schwarzschild-radius. Her er der tale om den afstand fra det sorte hul, hvor lyset netop kan slippe væk fra hullet. Alt hvad der foregår bag et sort huls begivenhedshorisont kan vi ikke se. Schwarzchild-radius beregnes således:
2. Beregn Schwarzchild radius for Gargantua ved at bruge hhv. den masse som i har regnet i opgave 9 og den masse, som er opgivet på ovenstående billede.
3. Sammenlign de to udregninger og vurder om filmen er retvisende.



1. Dr. Grand bliver i filmen slynget ud af det Gragantua’s tyngdefelt med en hvis hastighed (lad os antage 99.8 % af lysets hastighed – fra illustrationen på forrige side). Lad os antage at rejsen tager 4 dage.
2. Hvor meget ældre er folk på jorden blevet, som følge af kun tidsændringen pga. hendes hastighed i de 4 dage?



1. Cooper benytter sig af Newtons tredje lov for at give et ekstra boost til Endurance i det rumskibet skal undslippe Gargantuas tyngdefelt.
2. Overvej og argumenter om hvorvidt denne manøvre holder i virkeligheden og hvad der skal være opfyldt for at sådan en bevægelse ville virke. Tegn én lille opstilling som forklarer princippet.

1. Gennemgå tidslinjen for Interstellar hovedpersonerne nedenfor. Prøv at forklare hvad der menes med 5-dimensionale væsener og hvordan vi kan forestille os, at de oplever deres virkelighed. Overvej hvilke dele af Interstellar som er sandsynlige, plausible og uvirkelige. Tegn gerne på skitsen nedenfor.

