

Jotain pientä yleisestä
suhteellisuusteoriasta

Suhteellisuusteoria

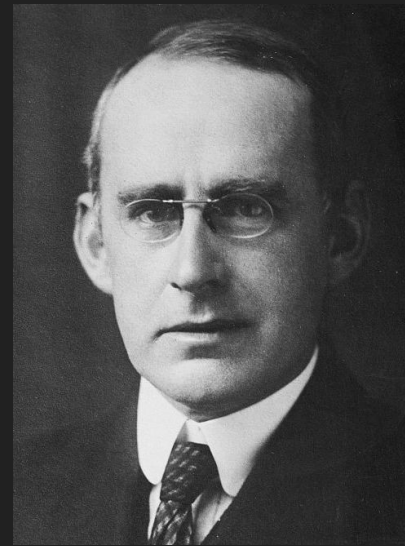
- Suhteellisuusteoria sai alkunsa Einsteinin “elämän onnellisimmasta ajatuksesta”, katolta putoavasta miehestä.
- Vapaassa putoamisessa ei tunne painoa
-> miten valo käyttäytyy? -> suhteellisuusteoria!
- Yleisen suhteellisuusteorian peruseriaate on että painovoimakenttä ja tasaisesti kiihtyvä liike on mahdotonta erottaa kokeella.
- Euklidinen geometria ei riitä, jos kaikkien kiihtyvässä liikkeessä olevien kappaleiden tulee olla samanarvoisia.



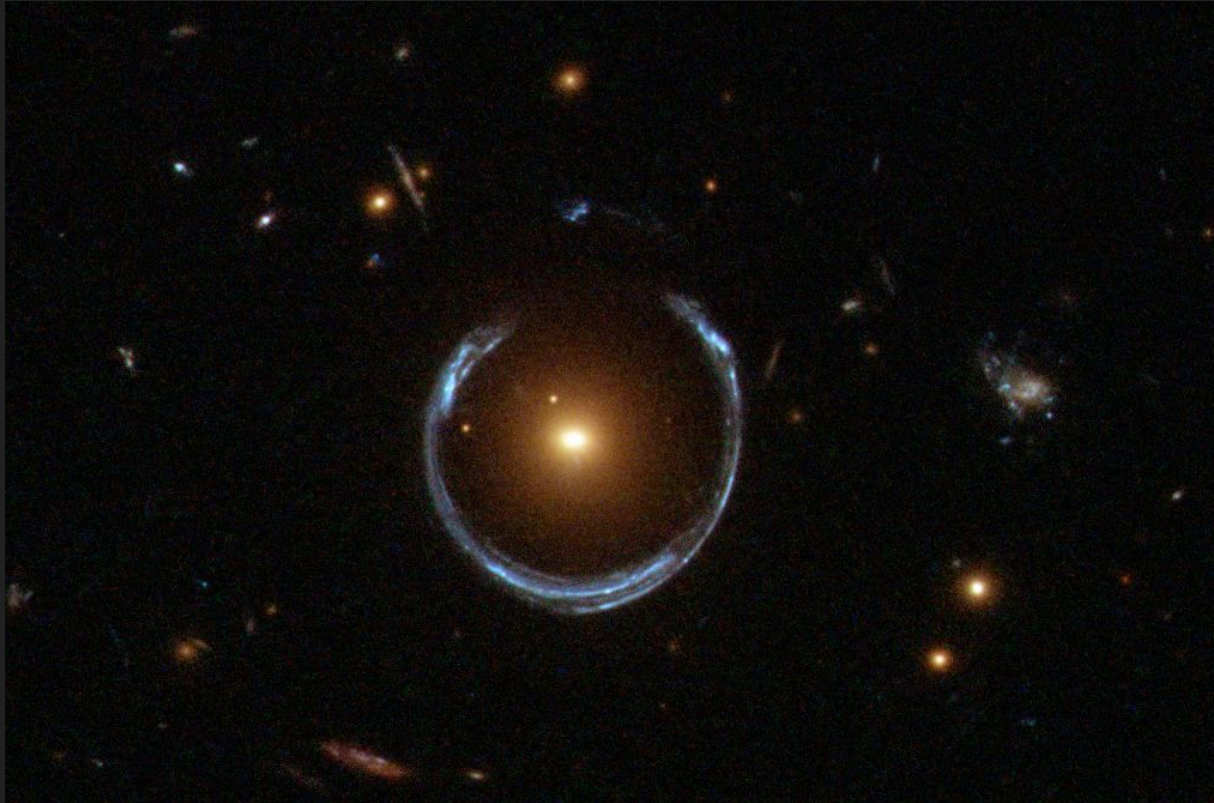
By Benjamin Shaw - Own work, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=82664630>

Yleinen suhteellisuusteoria

- John Wheelerin sanoin
 - “Space-time tells matter how to move. Matter tells space-time how to curve.”
 - Vapaa käänös: Materia liikkuu aika-avaruuden muodon perusteella. Aika-avaruus muotoutuu materian perusteella.
- Idea on siis, että massalliset kappaleet muokkaavat aika-avaruutta (aika on mukana, koska kello käy hitaammin massan läheisyydessä)
- Einsteinin yhtälöt ennustivat Merkuriuksen radan kiertymän.
- Skeptikoita riitti, mutta Einsteinin onneksi tarjolle sattui auringonpimennys ja Arthur Eddingtonin johtama ryhmä havaitsi gravitaatiolinssin vain 4 vuotta myöhemmin. Einsteinista tuli superstara.



Gravitaatiolinssi



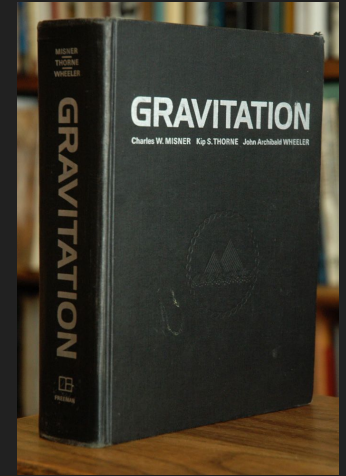
Simulaatio:

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Artist%27s_impression_of_gravitational_lensing_of_a_distant_merger.oggv

Einsteinin yhtälöt

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = -\frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

- Yksinkertaisen näköinen yhtälö pitää sisällään kymmenen komponenttiyhtälöä!
- Yhtälö ilmaisee avaruuden geometrian (etäisyyden käsitteen), kun avaruuden muoto muokkautuu siellä olevan massan ansiosta.
- Yhtälön elementit ovat *Tensoreita* ja avaruuden perusrakenteen voi määrätä kun tensoriin liittyy metriikan, eli etäisyyden käsitteen. [Metriikan tensori](#) sisältää tiedon koko avaruuden geometriasta. Neliulotteisen avaruuden metrisessä tensorissa on siis 10 alkioa!



Youtube-kaninkolo

- <https://www.youtube.com/watch?v=eNhJY-R3Gwg> Minute Physics
- <https://www.youtube.com/watch?v=tzQC3uYL67U> Visualisaatio ja yksinkertainen selitys
- https://www.youtube.com/watch?v=Hf-BxبتCq_A Metrinen tensori