

Doopsgezinde
Gemeente
Aalsmeer

14 dec 2016



NIKHEF

Deeltjes en Zwaartekracht in 2016

Niels Tuning

2016



- Nieuw deeltje?
- Zwaartekrachtsgolven?
- Nieuwe zwaartekracht theorie?



SUISSE
FRANCE

CMS

LHCb

CERN Prévessin

ATLAS

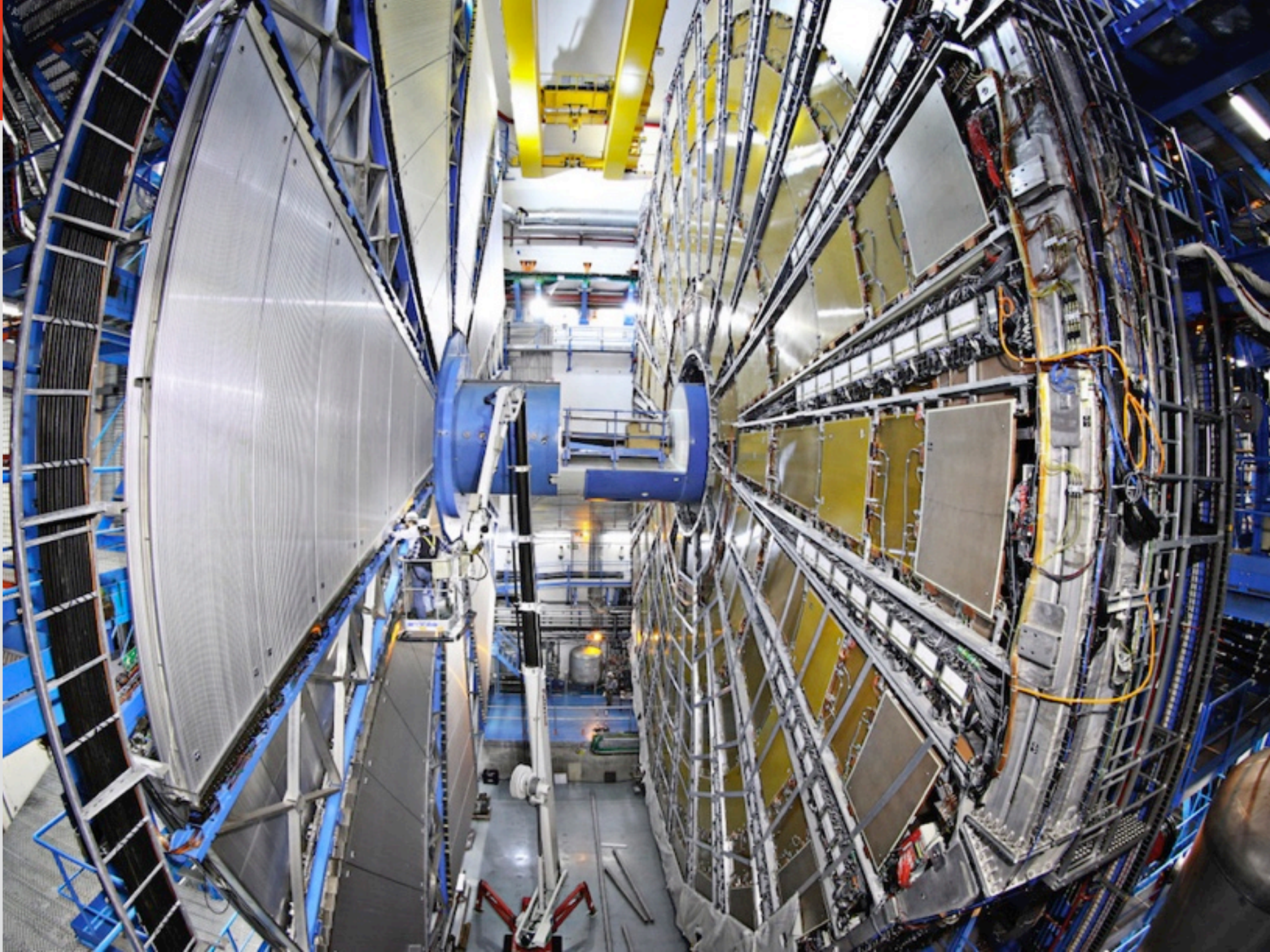
CERN Meyrin

SPS 7 km

LHC 27 km

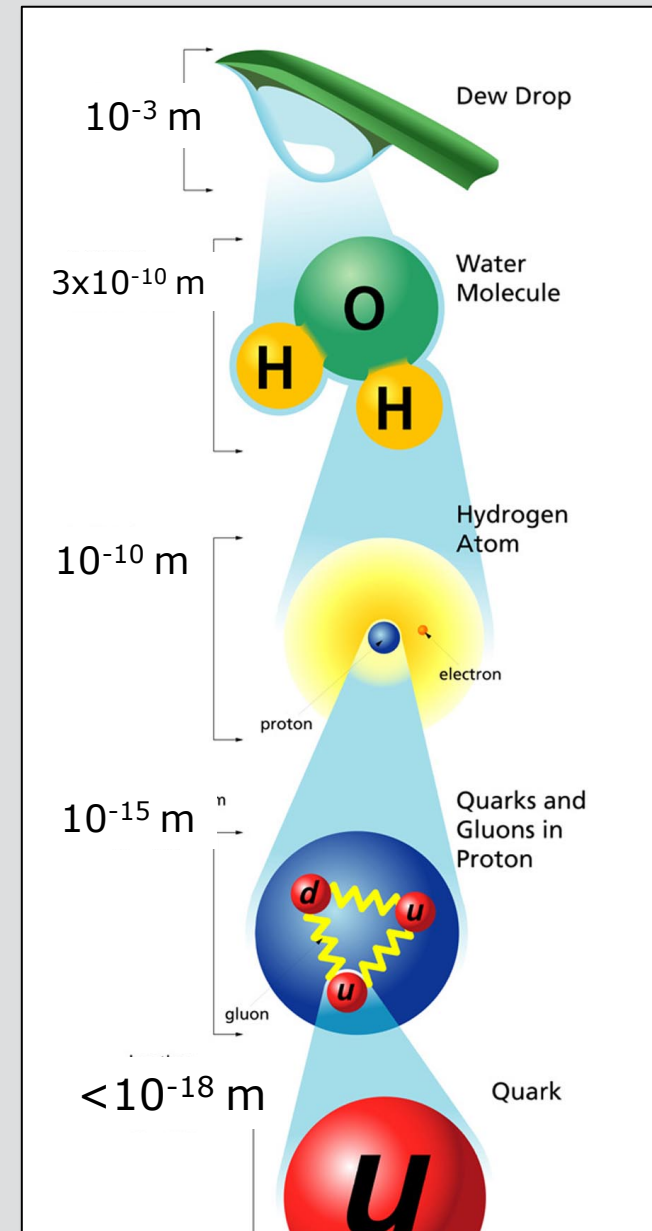
ALICE

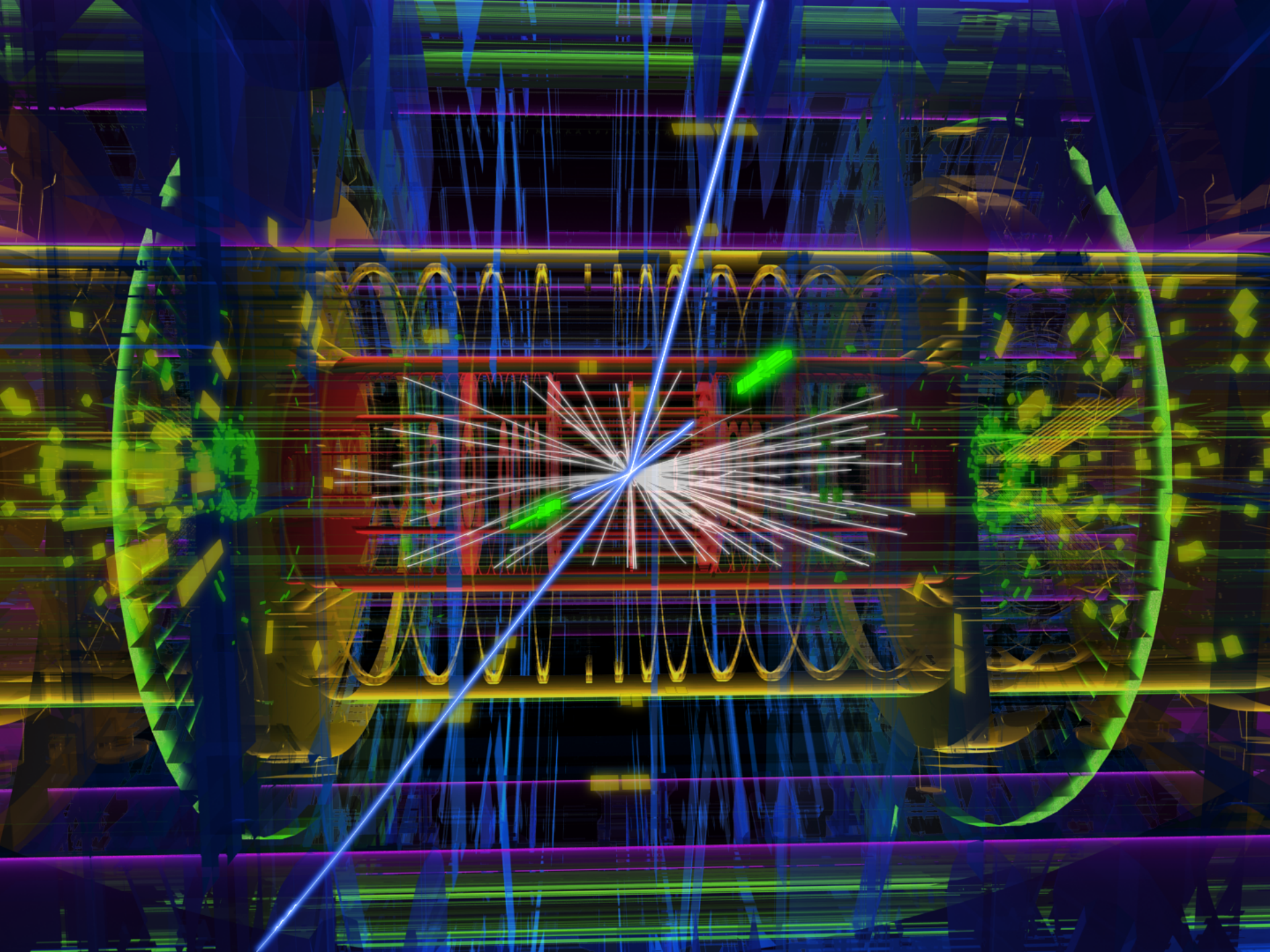




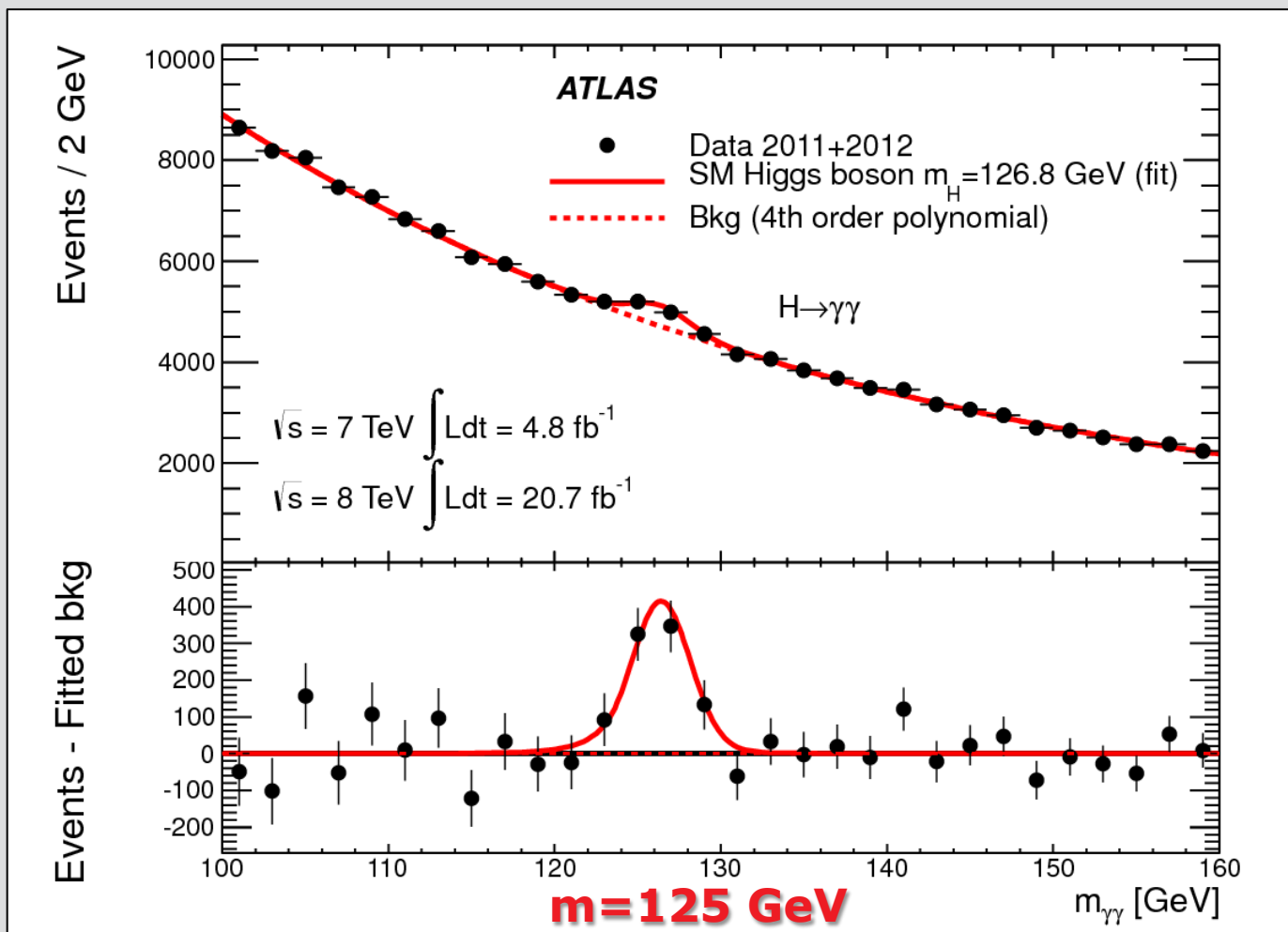
Klein, kleiner, kleinst

- LHC maakt deeltjes uit energie: $E=mc^2$
- Belangrijk tijdens de Big Bang





Ontdekking van het Higgs Boson (2012)



2016: een totaal nieuw deeltje??



Lichthobbeltje zet CERN op zijn kop

Het is een gekkenhuis, deze dagen op deeltjeslab CERN in Genève, in de aanloop naar de traditionele voorjaarsvergadering Rencontres de Moriond, die volgend weekend begint. Experimentatoren van de grote Atlas-detector en CMS-detectoren vliegen af en aan voor overleg, discussies en analyses. Theoretici gaan door de stapels verklaringen voor wat alle opwindende verontwaardiging veroorzaakt: een onmogelijk hobbeltje op de datagrafiek. De vraag is of het echt is. En wat het betekent.

Door: Martijn van Calmthout 5 maart 2016, 02:00



CERN-fysici voorzichtig optimistisch over ontdekking nieuw deeltje

Of het de ontdekking van een nieuwe deeltjeswereld wordt, moet nog blijken. Maar fysici waren donderdag voorzichtig optimistisch over een lichthobbeltje dat maanden subtiel maar hardnekkig op de meetgrafiek van deeltjeslab Cern te zien lijkt. 'Het is alsof je een nieuw continent kunt ruiken', zegt een van hen vanuit ski-oord La Thuile in Italië, waar de traditionele voorjaarsvergadering van het lab plaatsvindt.

Door: Martijn van Calmthout 17 maart 2016, 18:00



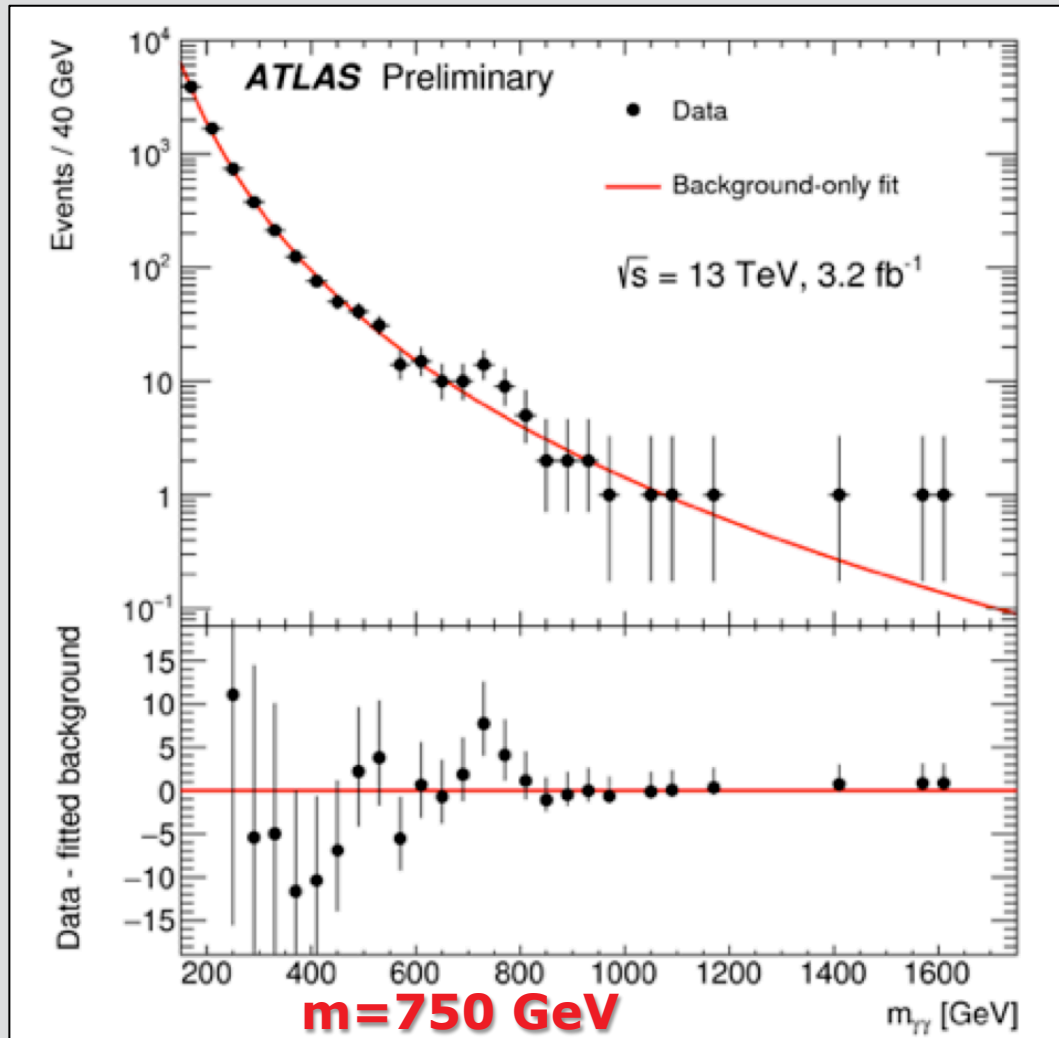
Mysterieuze fotonpiek in deeltjeslab Cern voedt geruchten over grote ontdekking

Komt Cern opnieuw met reuzenontdekking?

Het zoemt weer van de geruchten over een grote ontdekking met de LHC-reuzenversneller van deeltjeslab Cern in Genève. Maar de buitenwereld hoort pas op 3 augustus echt wat er gaande is.

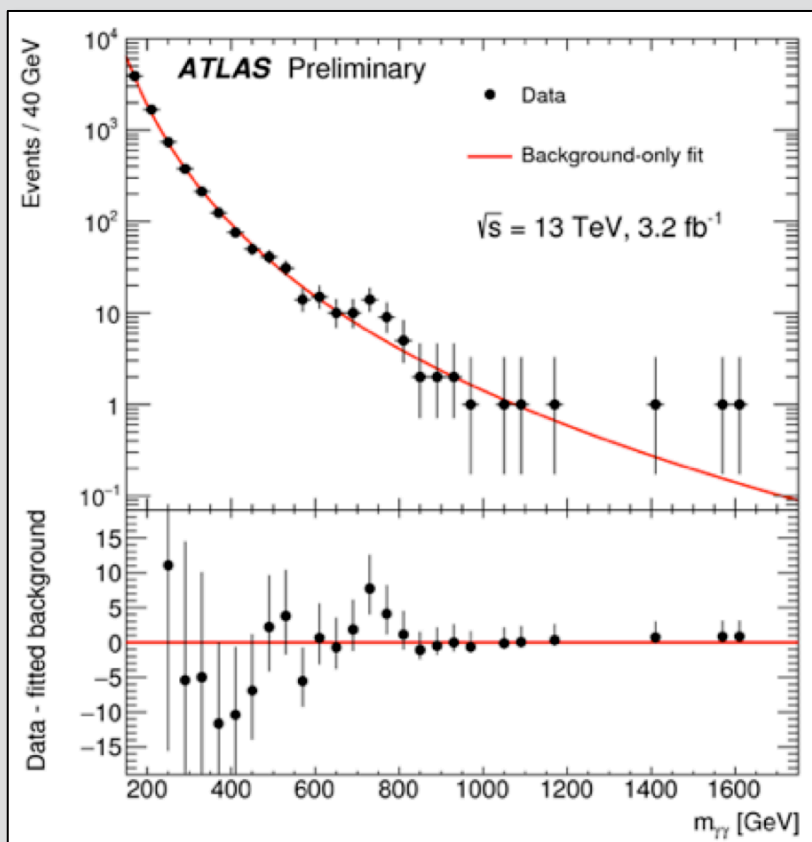
Door: Martijn van Calmthout 27 juni 2016, 07:00

2016: Ontdekking nieuw deeltje?

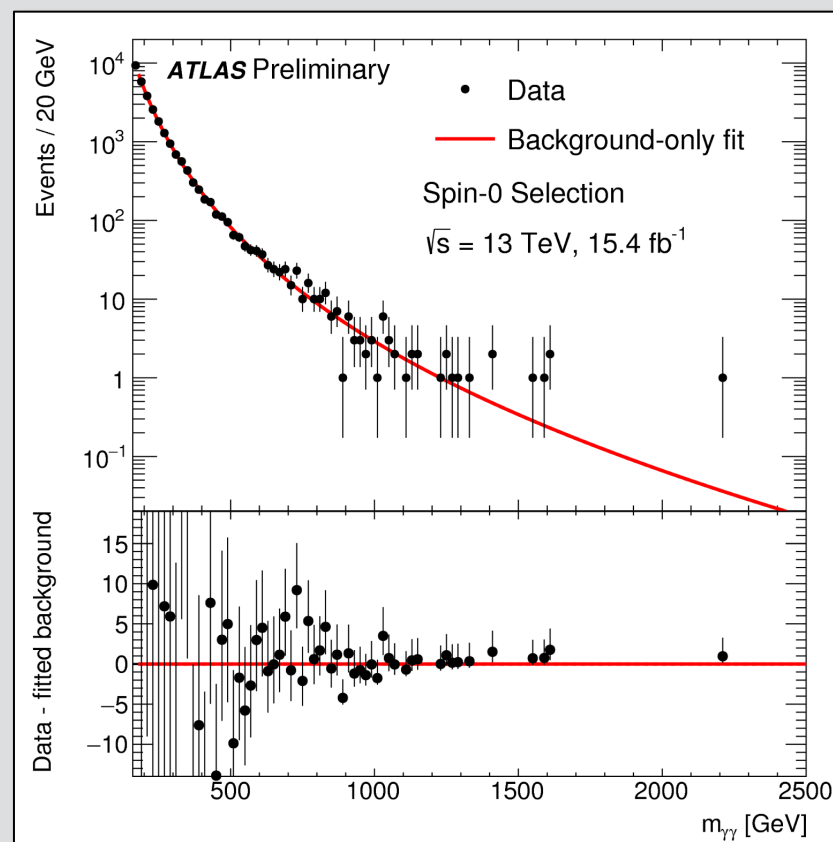


2016: Ontdekking nieuw deeltje?

Voorjaar 2016

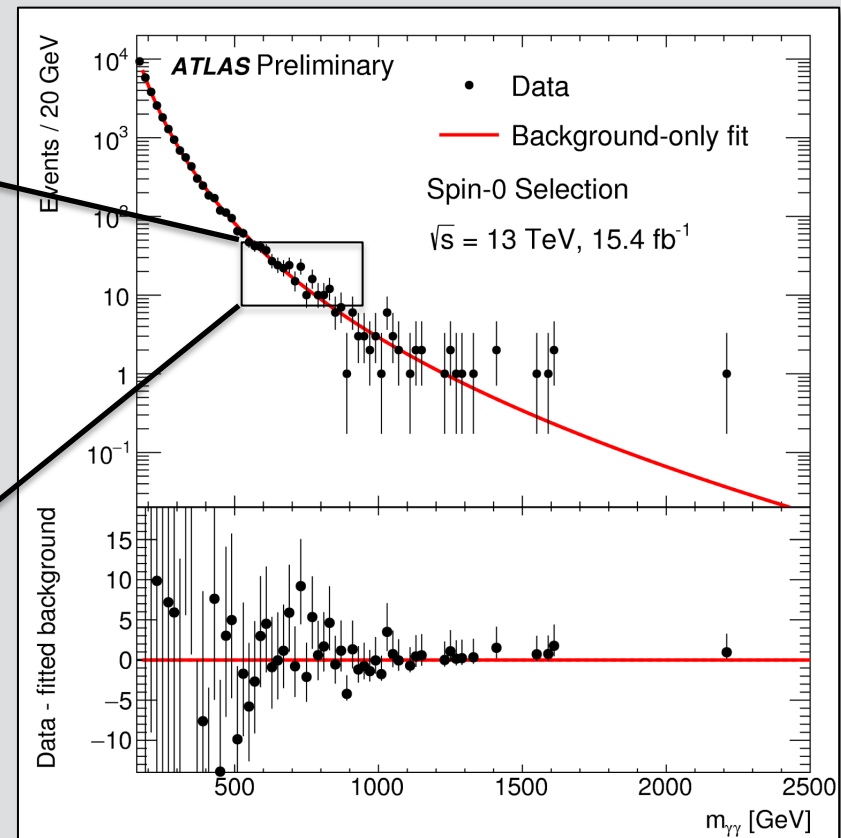
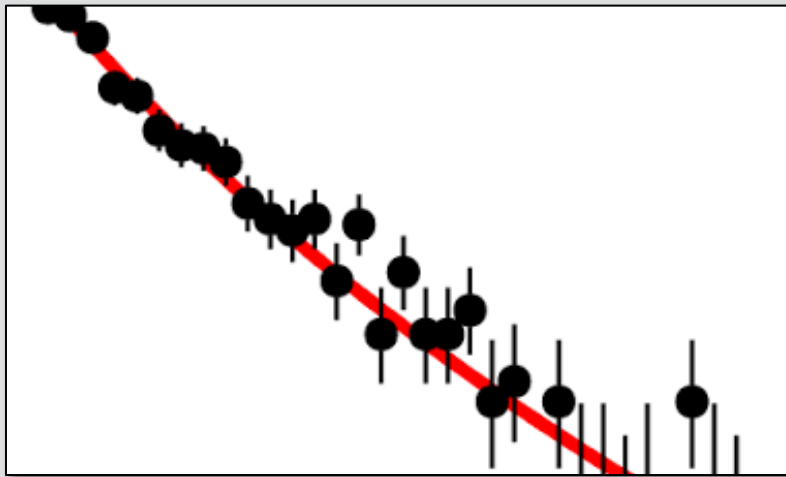


Zomer 2016



2016: Ontdekking nieuw deeltje?

Zomer 2016



- “Resultaten ... op het gebied van kleine deeltjes” ?
- “Ze zitten eraan te komen.”

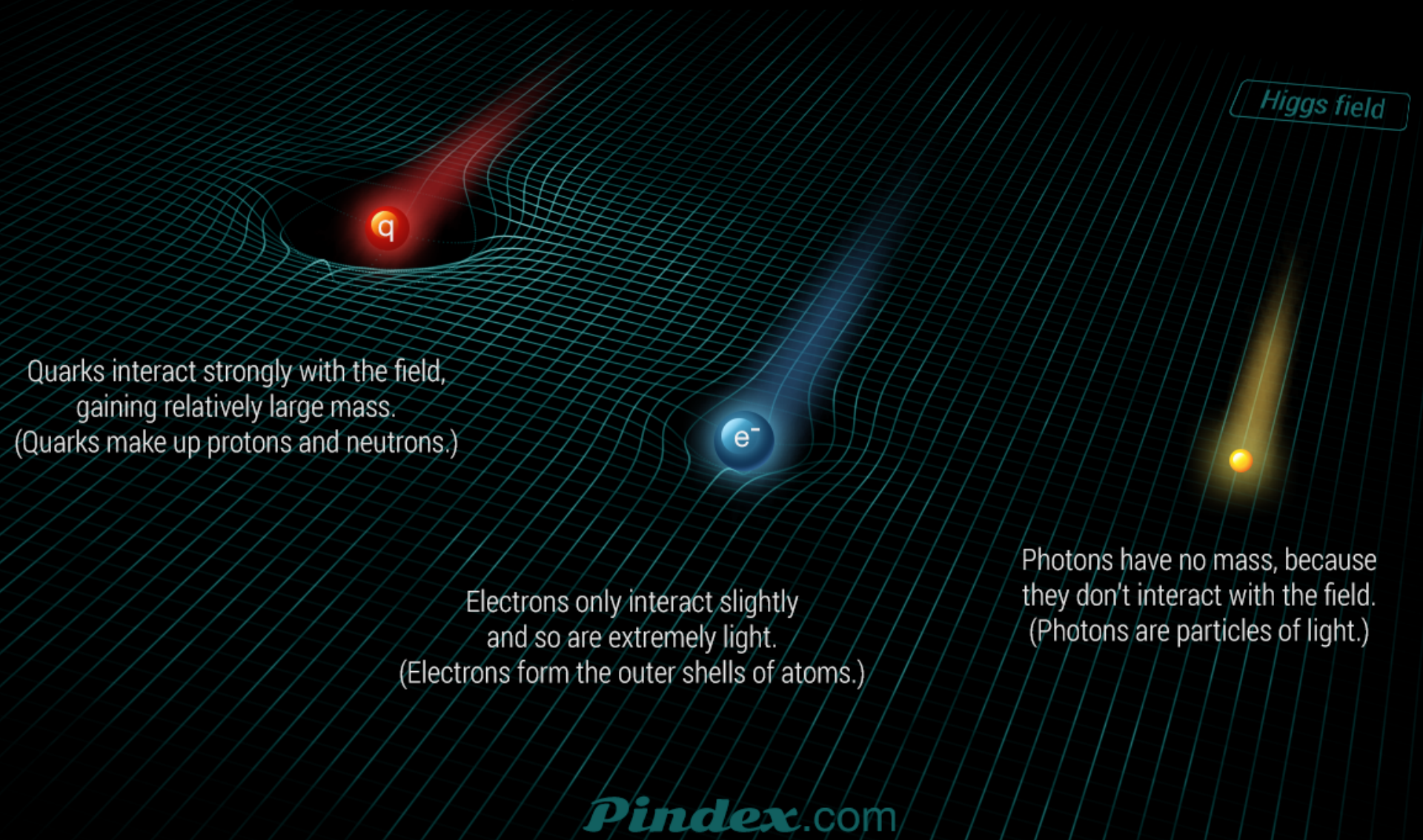
Of er grote doorbraken uit voort zullen komen, zal uit elders uitgevoerde experimenten moeten blijken. Dijkgraaf wacht op resultaten uit de kosmologie, of op het gebied van kleine deeltjes. Ze zitten eraan te komen.

- “Eerder dit jaar was het weer raak”
- “Momenten die normaal gesproken eens in de 50 jaar voorkomen”

door de Dijkgraaf - man van de natuur.
Nog geen maand was hij directeur in Princeton, of hij kon de champagne ontkurken. Het Higgs-deeltje was ontdekt. Weliswaar in Genève, maar het IAS, dat zich beperkt tot de theorie, had belangrijke bijdragen geleverd. Eerder dit jaar was het weer raak: het bestaan van zwaartekrachtgolven was bewezen. 'Het waren momenten die normaal gesproken eens in de vijftig of honderd jaar voorkomen, en nu waren het er twee in vier jaar. Dat was opvallend. Wie weet hoe lang het duurt voordat we dit weer zullen meemaken.'

Het Higgs Veld

is alom, en geeft alle deeltjes hun massa



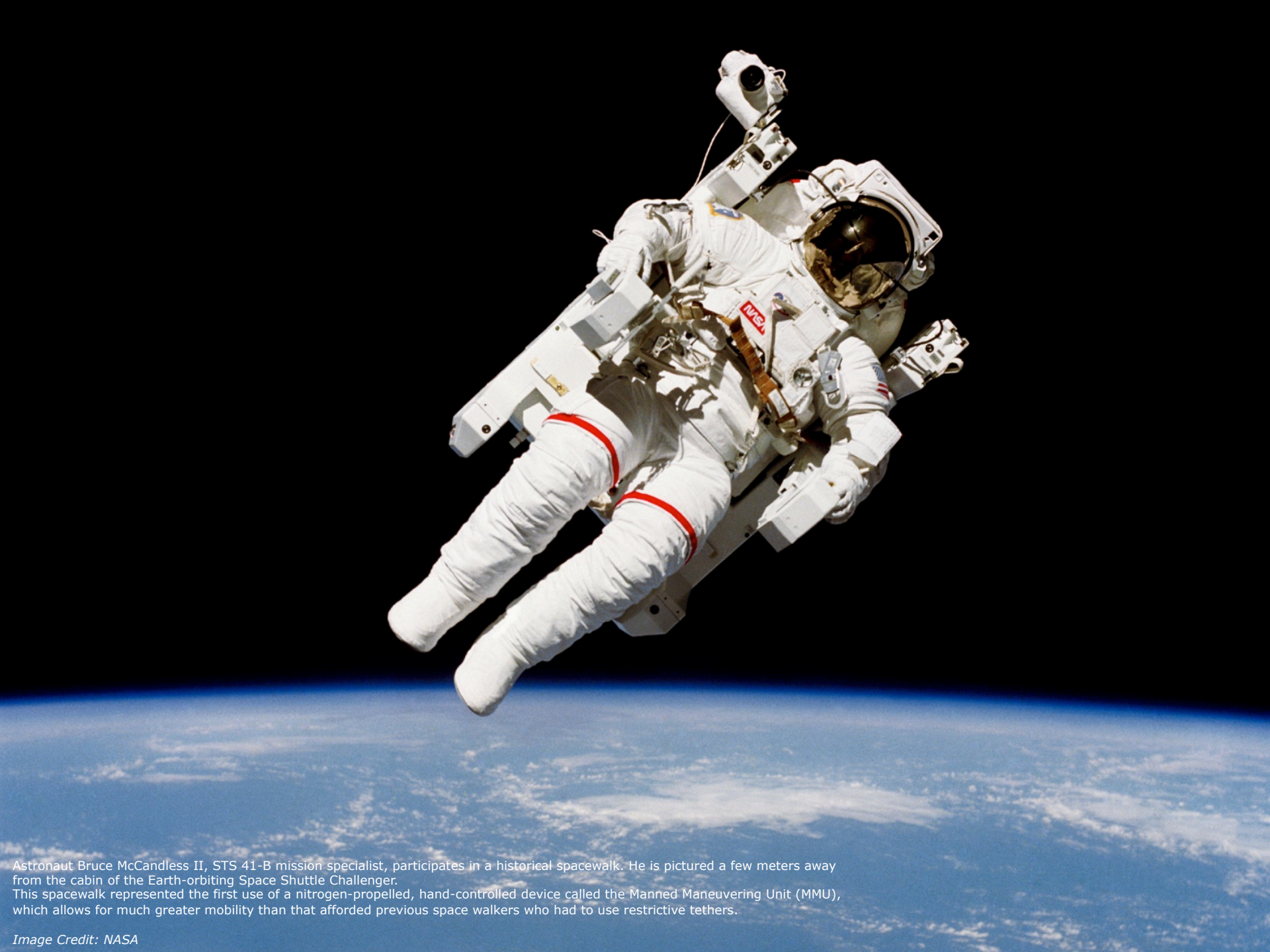
Massa?

Massa die je duwt =

Massa die valt







Astronaut Bruce McCandless II, STS 41-B mission specialist, participates in a historical spacewalk. He is pictured a few meters away from the cabin of the Earth-orbiting Space Shuttle Challenger. This spacewalk represented the first use of a nitrogen-propelled, hand-controlled device called the Manned Maneuvering Unit (MMU), which allows for much greater mobility than that afforded previous space walkers who had to use restrictive tethers.

Image Credit: NASA

2016: "Annus mirabilis" ?

- Ontdekking zwaartekrachtsgolven
- Verlinde's zwaartekrachtstheorie



NIKHEF

2016



Verder op het menu vandaag:

- Newton, Einstein, ...
 - Relativiteitstheorie
 - ✓ Zwarte gaten
 - ✓ Zwaartekrachtsgolven
 - Ontdekking
- **Wat is zwaartekracht?**

Newton

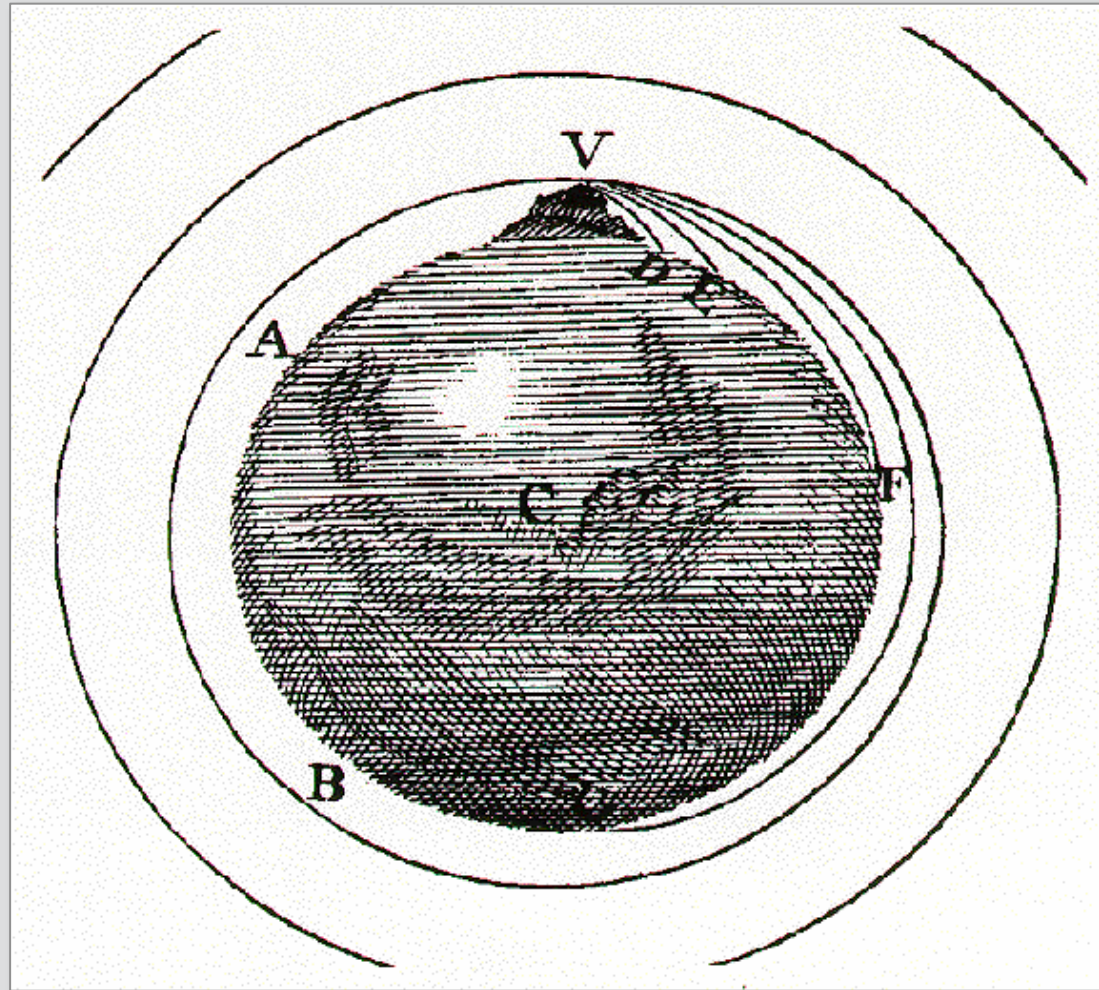
- Alles trekt elkaar aan
 - Geldt voor appels en planeten
- 1685



Isaak Newton.

Newton

- Alles trekt elkaar aan
 - Geldt voor appels en planeten
- 1685



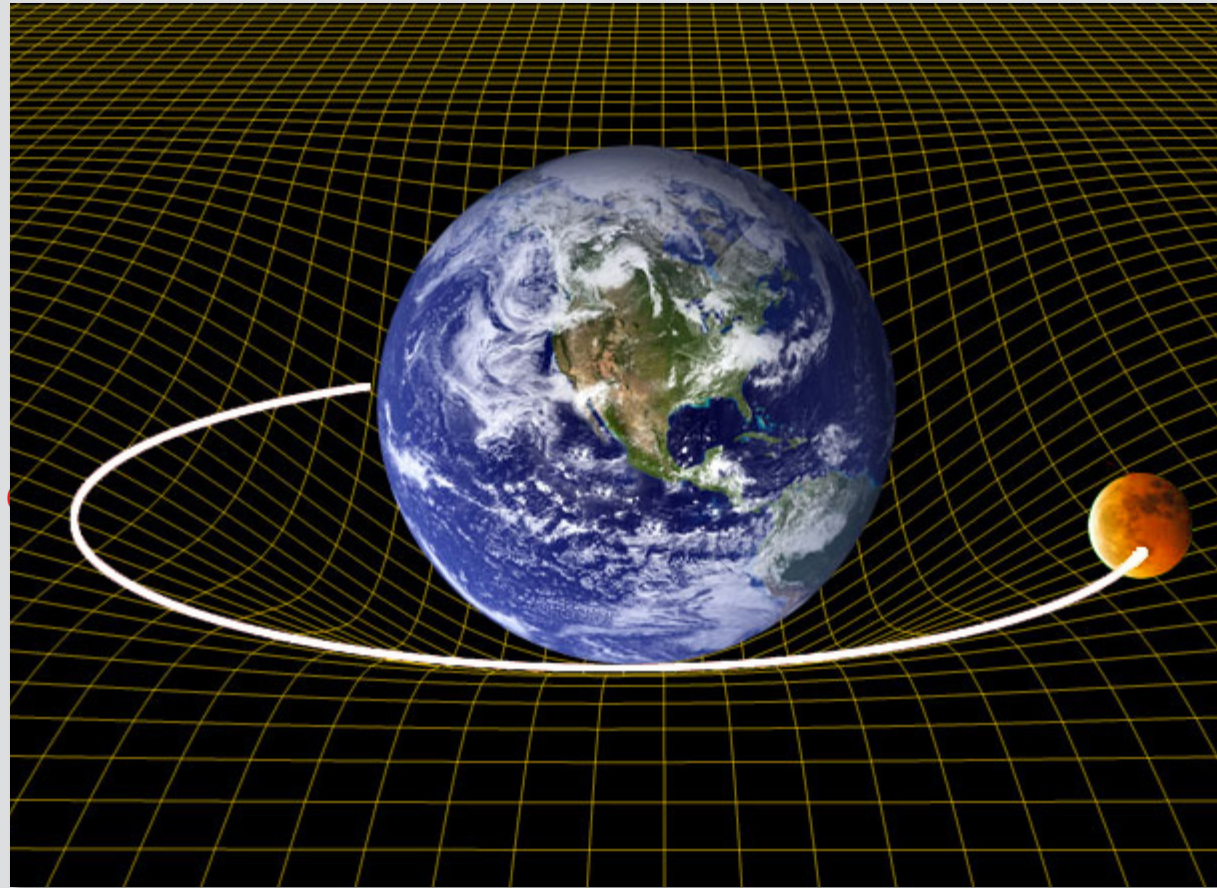
Einstein

- Massa kromt ruimte
 - Geldt voor appels en planeten
- 1916



Einstein

- Massa kromt ruimte
 - Geldt voor appels planeten
- 1916





Annus mirabilis

Annus mirabilis is a [Latin](#) phrase that means "wonderful year", "miraculous year" or "amazing year". This term was originally used to refer to the year 1666 (see below), and today is used to refer to several years during which events of major importance are remembered. Prior to this, however, Thomas Dekker used the phrase *mirabilis annus* in his 1603 pamphlet *The Wonderful Year*, "Wherein is shewed the picture of London lying sick of the plague."^[1]



Look up ***annus mirabilis*** in Wiktionary, the free dictionary.

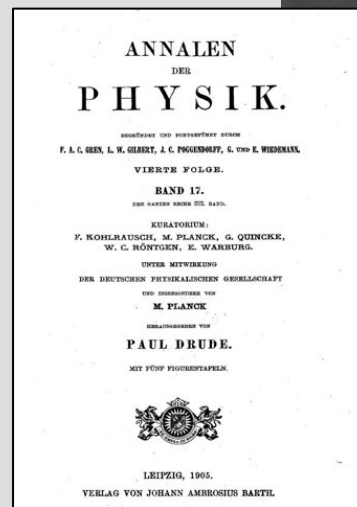
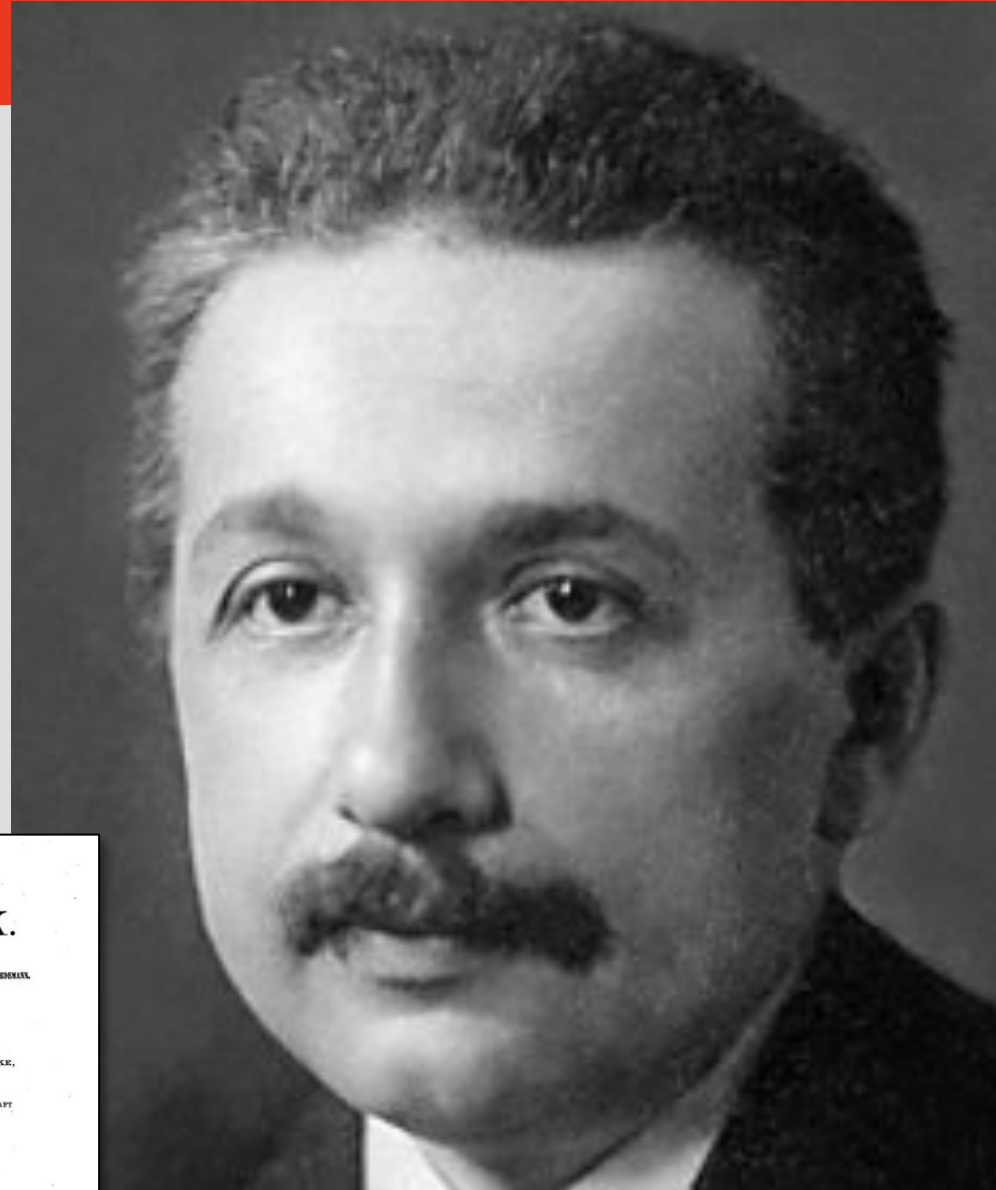
Contents [\[hide\]](#)

- 1 [1492 – Catholic Monarchs](#)
- 2 [1543 – The year of science](#)
- 3 [1666 – The year of wonders](#)
 - 3.1 [John Dryden's poem](#)
 - 3.2 [Isaac Newton](#)
- 4 [1759 – William Pitt](#)
- 5 [1776 – The Liberty year](#)
- 6 [1905 – Albert Einstein](#)
- 7 [Other](#)
- 8 [See also](#)



Annus mirabilis 1905

- Foto-electrisch effect
 - 18 maart
 - Nobelprijs 1921
- Brownian motion
 - 11 mei
- (speciale) Relativiteitstheorie
 - 30 juni
- $E=mc^2$
 - 21 november

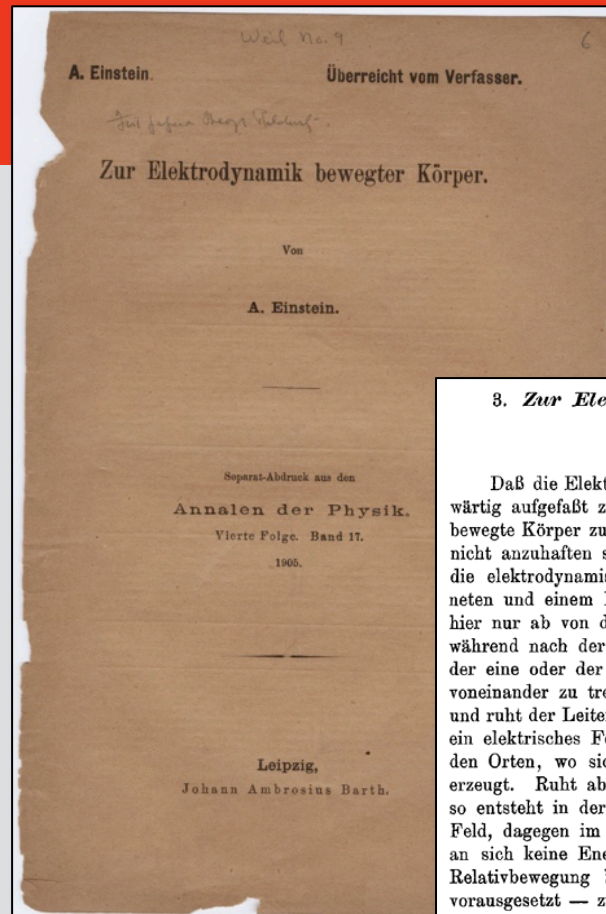


Annus mirabilis 1905

- Foto-electrisch effect
 - 18 maart
 - Nobelprijs 1921
- Brownian motion
 - 11 mei
- (speciale) Relativiteitstheorie
 - 30 juni
- $E=mc^2$
 - 21 november

an) durch die Formel ausgedr.

$$E_0 = mc^2,$$
 Lichtgeschwindigkeit ($3 \cdot 10^{10}$
 cml/sec mechanisch (ruhend),
 die zu der Masse m gehört, ist gleich



3. Zur Elektrodynamik bewegter Körper; von A. Einstein.

Daß die Elektrodynamik Maxwells — wie dieselbe gegenwärtig aufgefaßt zu werden pflegt — in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhaften scheinen, ist bekannt. Man denke z. B. an die elektrodynamische Wechselwirkung zwischen einem Magneten und einem Leiter. Das beobachtbare Phänomen hängt hier nur ab von der Relativbewegung von Leiter und Magnet, während nach der üblichen Auffassung die beiden Fälle, daß der eine oder der andere dieser Körper der bewegte sei, streng voneinander zu trennen sind. Bewegt sich nämlich der Magnet und ruht der Leiter, so entsteht in der Umgebung des Magneten ein elektrisches Feld von gewissem Energiewerte, welches an den Orten, wo sich Teile des Leiters befinden, einen Strom erzeugt. Ruht aber der Magnet und bewegt sich der Leiter, so entsteht in der Umgebung des Magneten kein elektrisches Feld, dagegen im Leiter eine elektromotorische Kraft, welcher an sich keine Energie entspricht, die aber — Gleichheit der Relativbewegung bei den beiden ins Auge gefaßten Fällen vorausgesetzt — zu elektrischen Strömen von derselben Größe und demselben Verlaufe Veranlassung gibt, wie im ersten Falle die elektrischen Kräfte.

5. Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen; von A. Einstein.

In dieser Arbeit soll gezeigt werden, daß nach der molekularkinetischen Theorie der Wärme in Flüssigkeiten suspendierte Körper von mikroskopisch sichtbarer Größe infolge der Molekularbewegung der Wärme Bewegungen von solcher Größe ausführen müssen, daß diese Bewegungen leicht mit dem Mikroskop nachgewiesen werden können. Es ist möglich, daß die hier zu behandelnden Bewegungen mit der sogenannten

Verder op het menu vandaag:

- Newton, Einstein, ...
 - Relativiteitstheorie
 - ✓ Zwarte gaten
 - ✓ Zwaartekrachtsgolven
 - Ontdekking
- **Wat is zwaartekracht?**

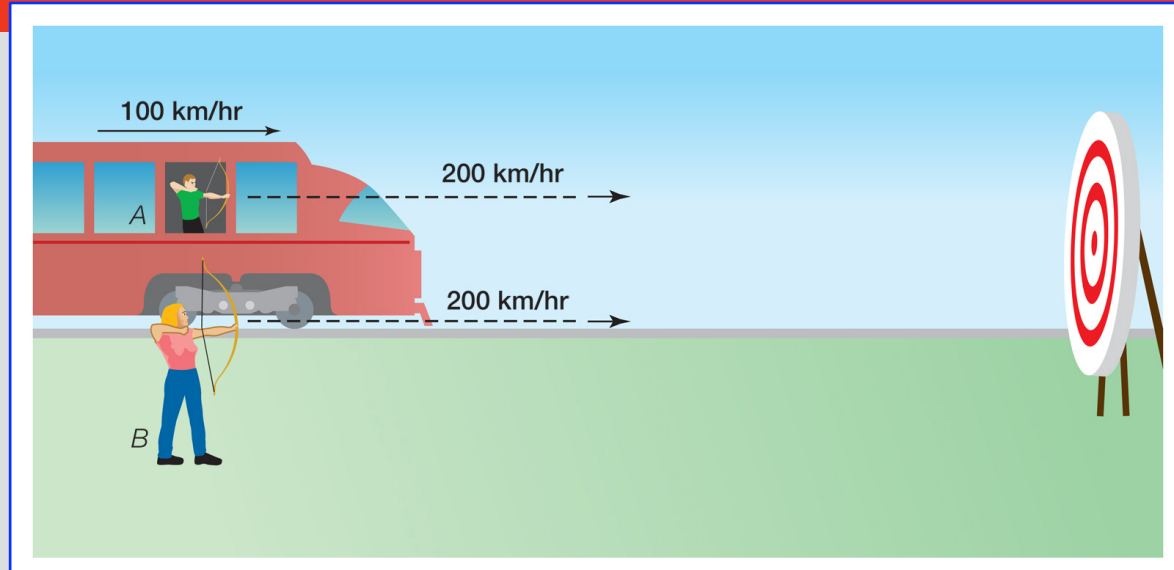
Speciale Relativiteitstheorie

- Waarschuwing: niet-intuïtief!
- Slechts één uitgangspunt:
 - Lichtsnelheid is hetzelfde voor iedereen

Speciale Relativiteitstheorie

- Waarschuwing: niet-intuitief!
- Slechts één uitgangspunt:
 - **Lichtsnelheid is hetzelfde voor iedereen**
- Optellen snelheden
- Tijd is relatief
- Ladder-in-de-schuur

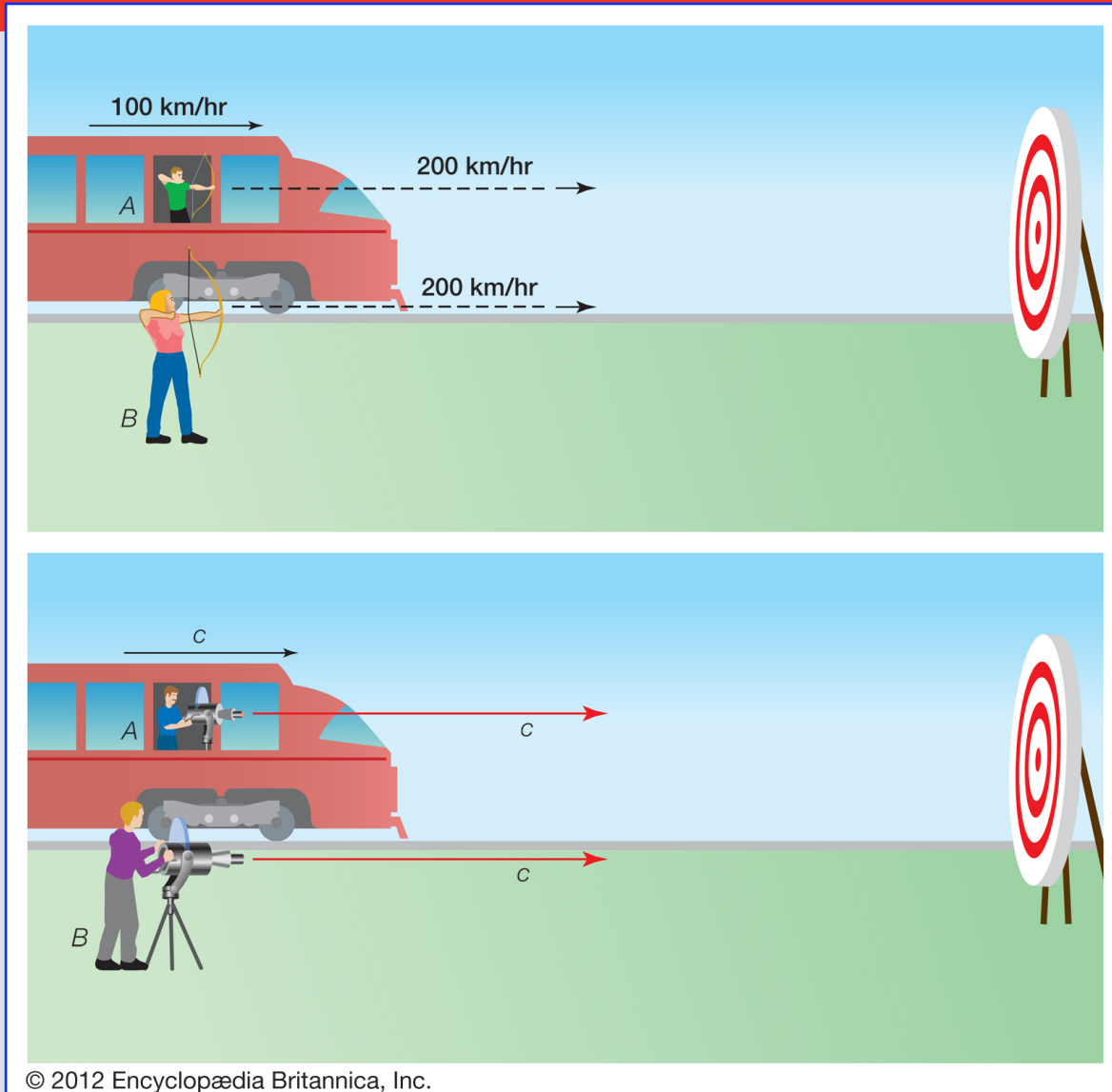
**Volstrekt tegen
onze intuïtie.....**



**Wie raakt het doel
als eerste?**

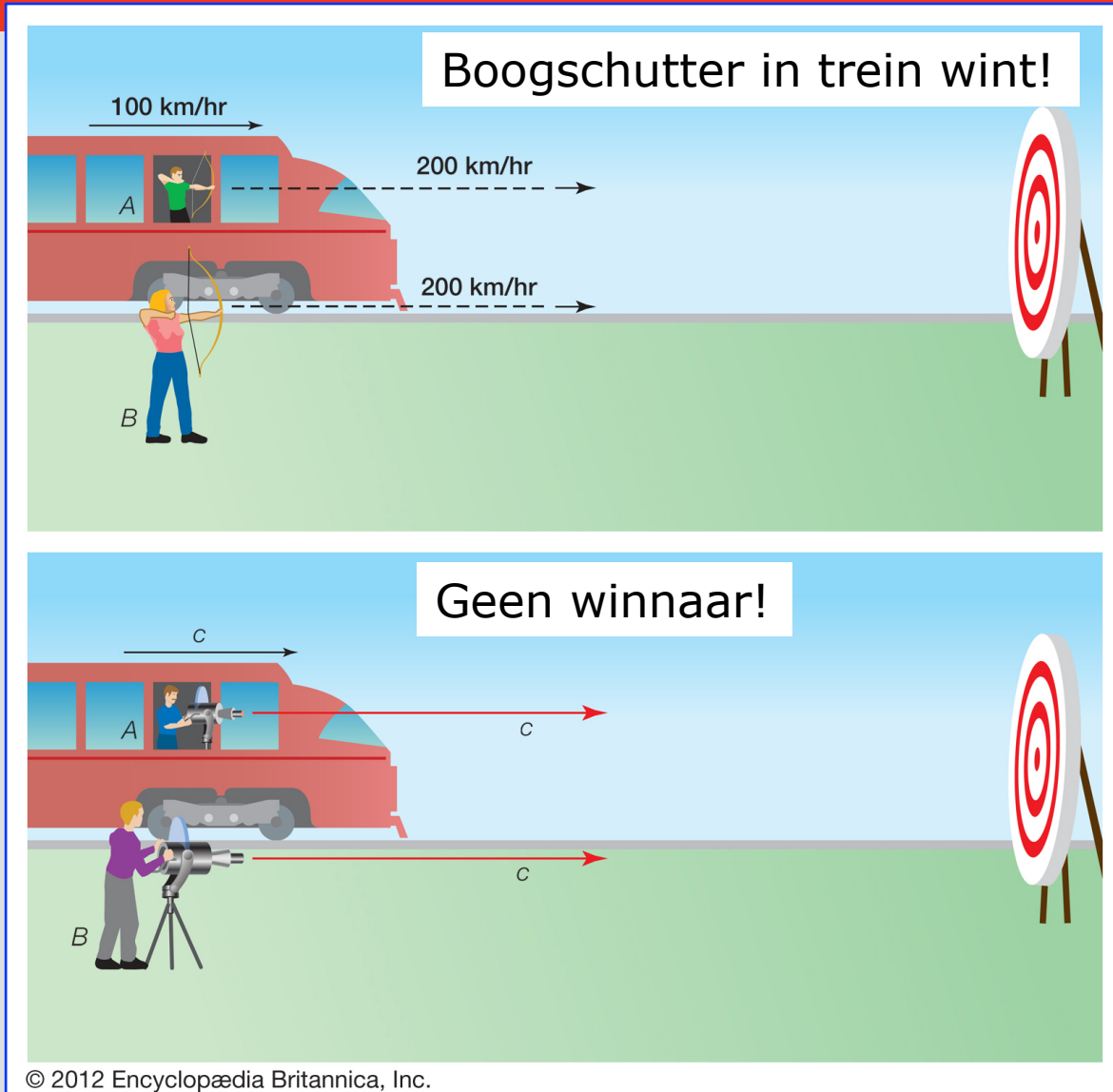
**Volstrekt tegen
onze intuïtie.....**

**Wie raakt het doel
als eerste?**



Volstrekt tegen onze intuïtie.....

Wie raakt het doel als eerste?



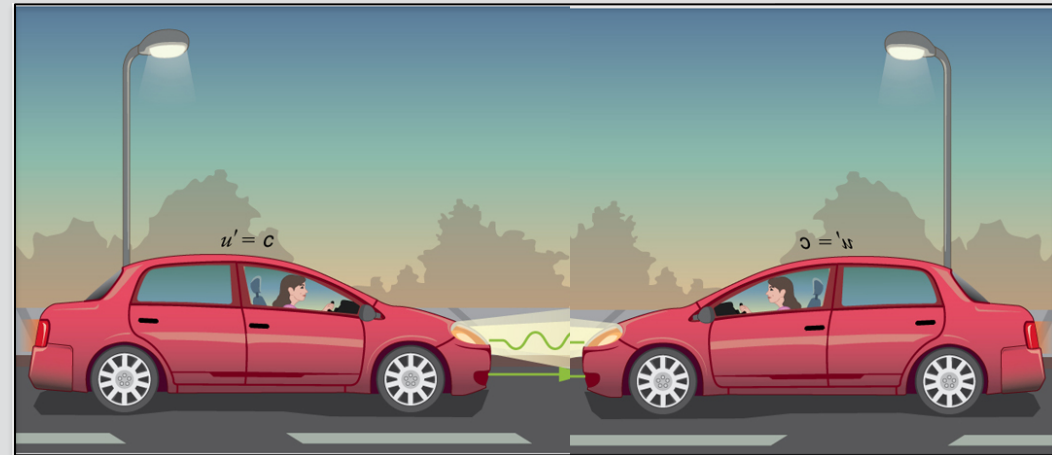
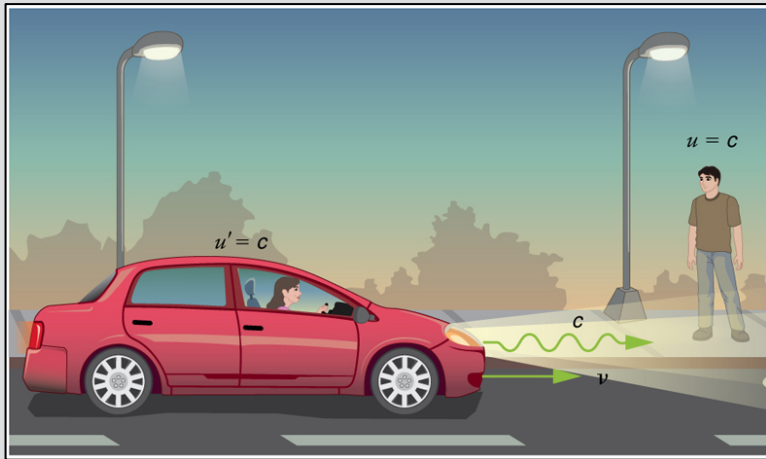
Optellen van snelheden

Groot verschil snelheid:



Optellen van snelheden

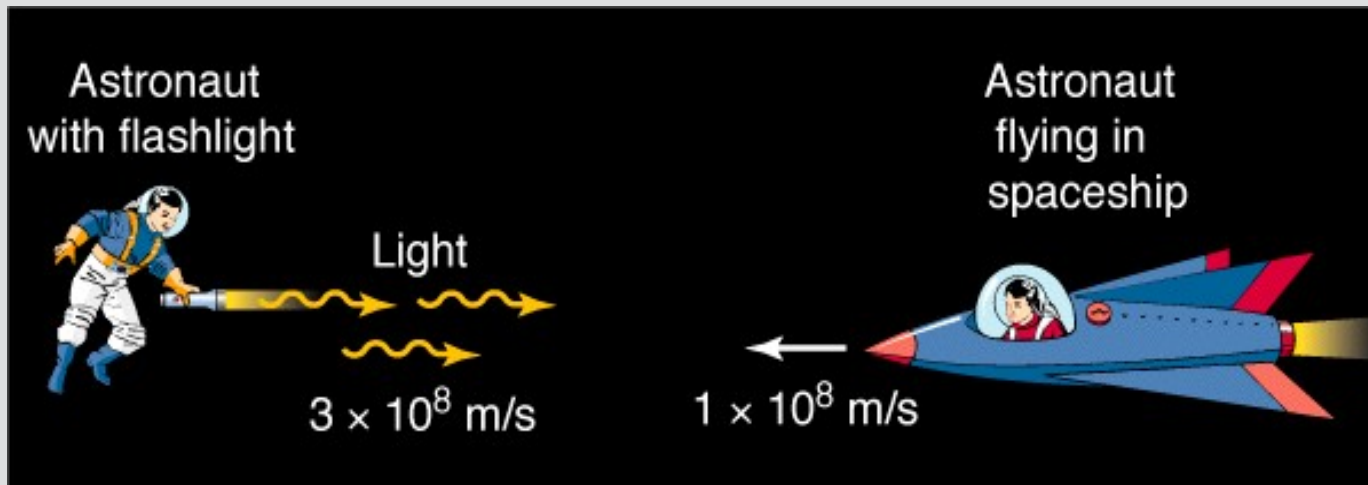
Geen verschil lichtsnelheid:





Lichtsnelheid altijd gelijk

- De lichtsnelheid is altijd en voor iedereen 300 000 km/s !

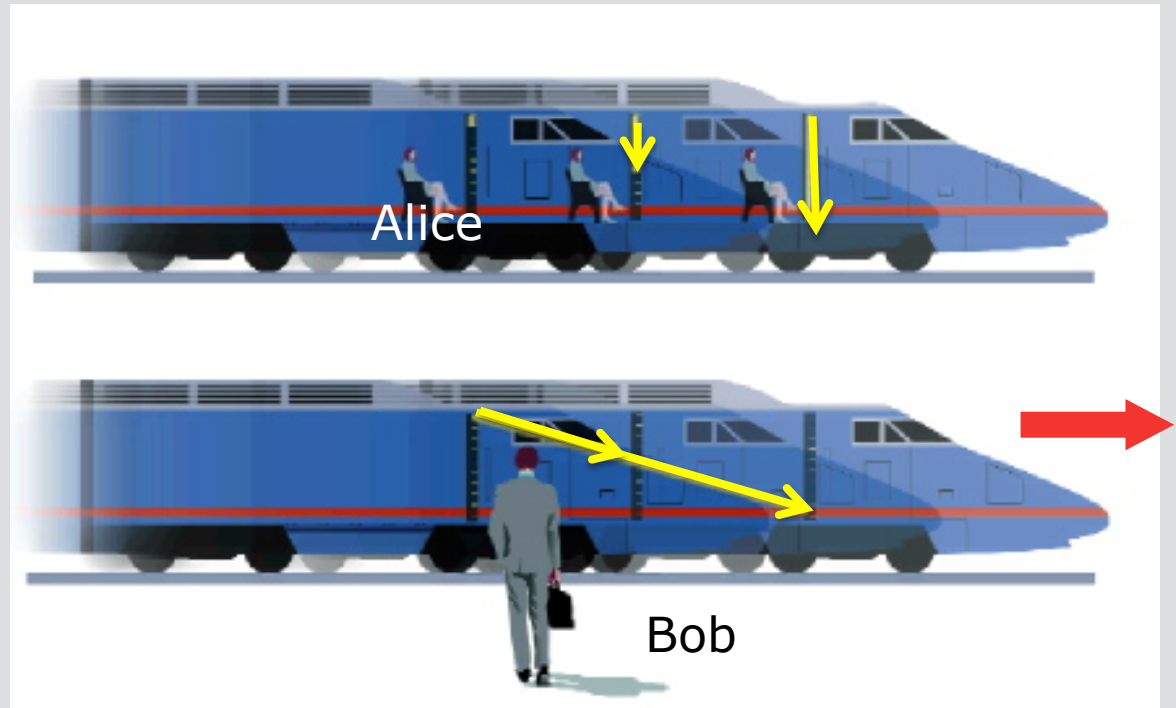


$$w' = \frac{c + v}{1 + \frac{cv}{c^2}} = \frac{c + v}{1 + \frac{v}{c}} = \frac{c + v}{\frac{1}{c}(c + v)} = \frac{1}{\frac{1}{c}} = c$$

Klokken tikken niet gelijk

Lichtsnelheid gelijk,
 maar de klokpuls
 voor Bob reist
 langer...

Dus Bob ziet
 langzamere klok!



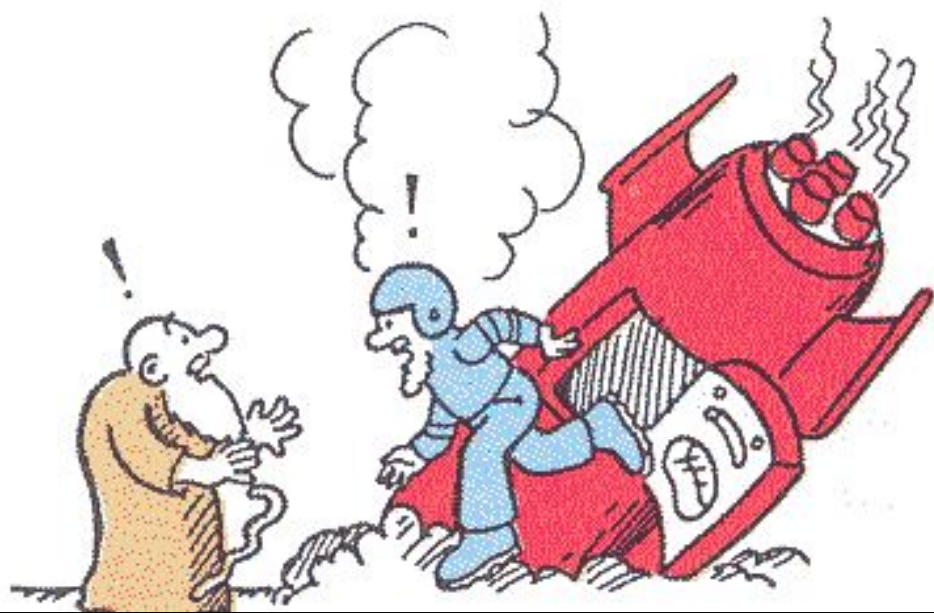
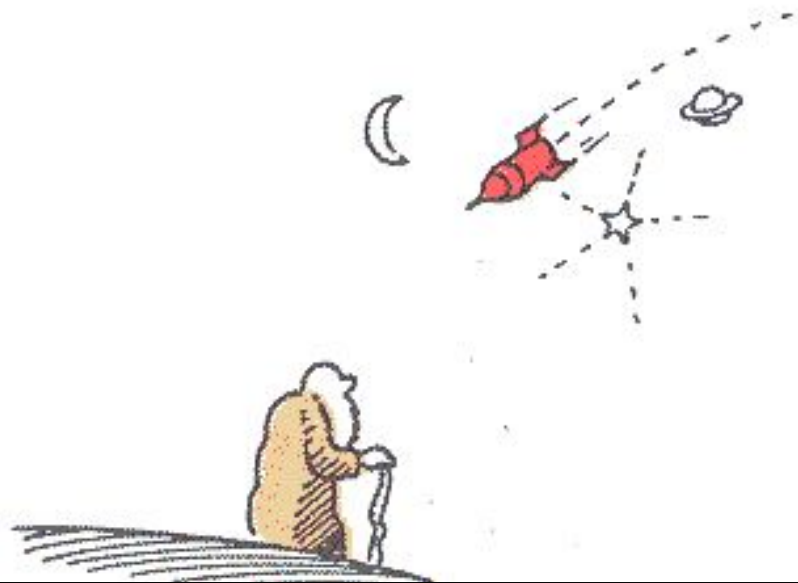
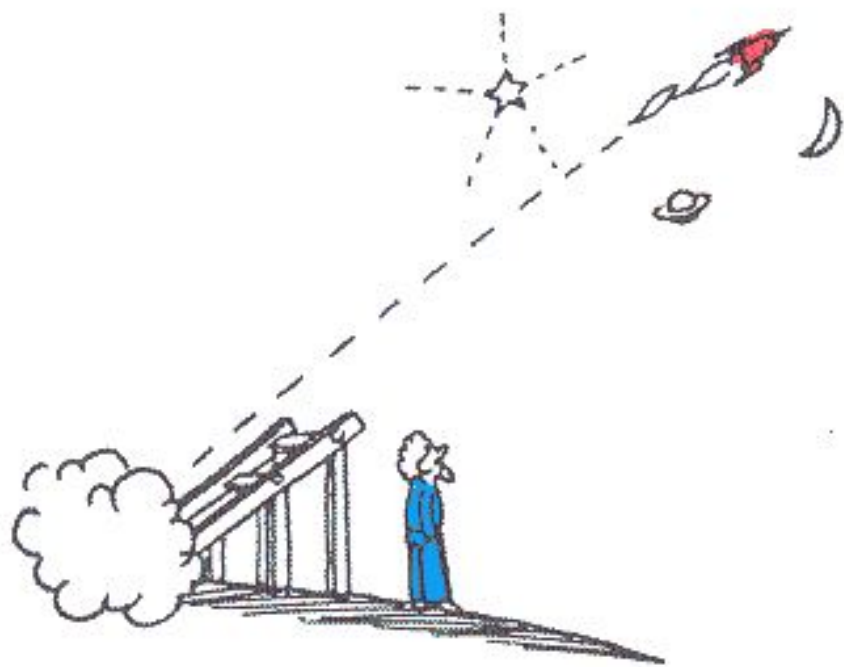
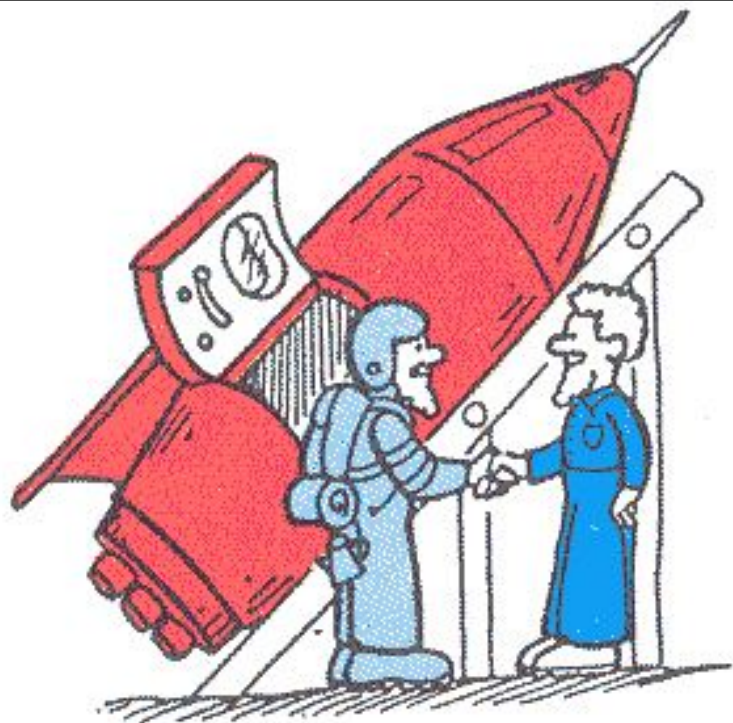
De Tweeling Paradox



1971: Joseph Hafele & Richard Keating deden een test met atoomklokken.

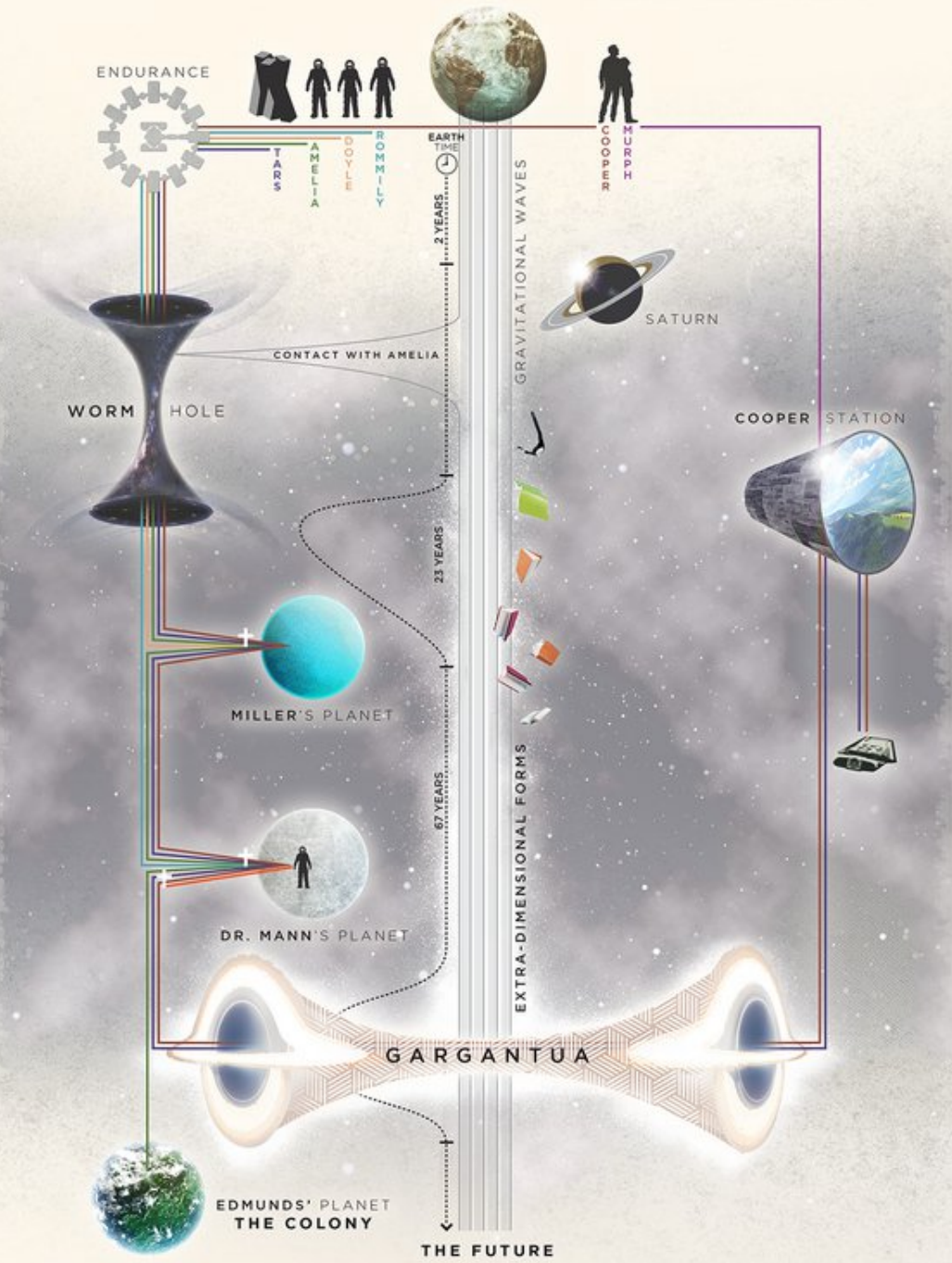
- Een klok op een vliegtuig **westwaards** rond de aarde (tegen aardrotatie in).
- Een klok op een vliegtuig **oostwaards** rond de aarde (met aardrotatie mee).

De oost-waardse klok loopt 0.00000003 seconde achter, in overeenstemming met de relativiteitstheorie !



INTERSTELLAR TIMELINE

BY DOGAN CAN GUNDOGDU

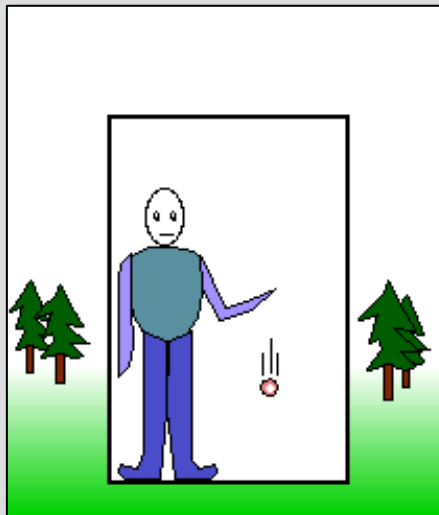


Algemene Relativiteitstheorie

- Waarschuwing: niet-intuitief!
- Slechts één uitgangspunt:
 - **Versnelling en zwaartekracht is hetzelfde**
- Licht buigt af
- Ruimte is krom
- Golven

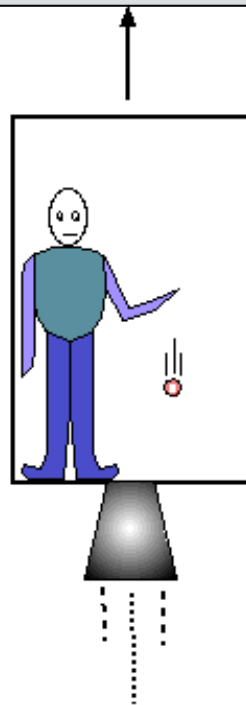
Zwaartekracht \leftrightarrow Versnelling

Zwaartekracht

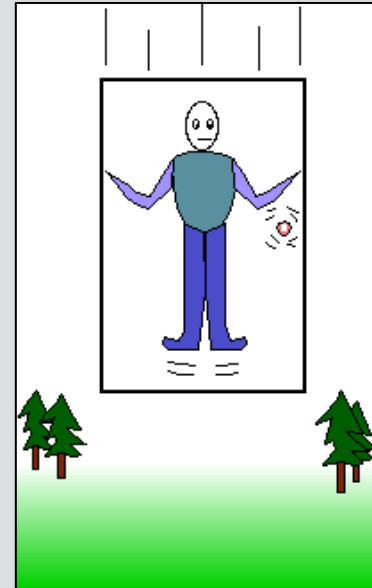


Things move the same way in a gravity field as those in a reference frame accelerating upward with the same magnitude.

Versnelling

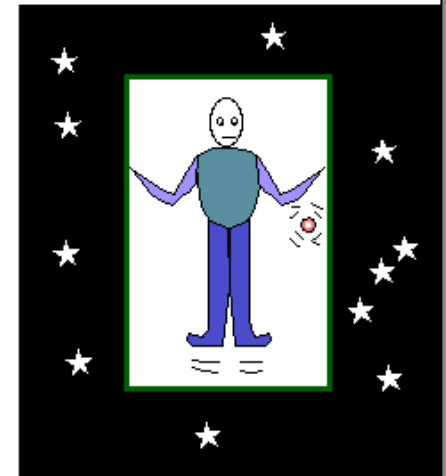


Geen zwaartekracht

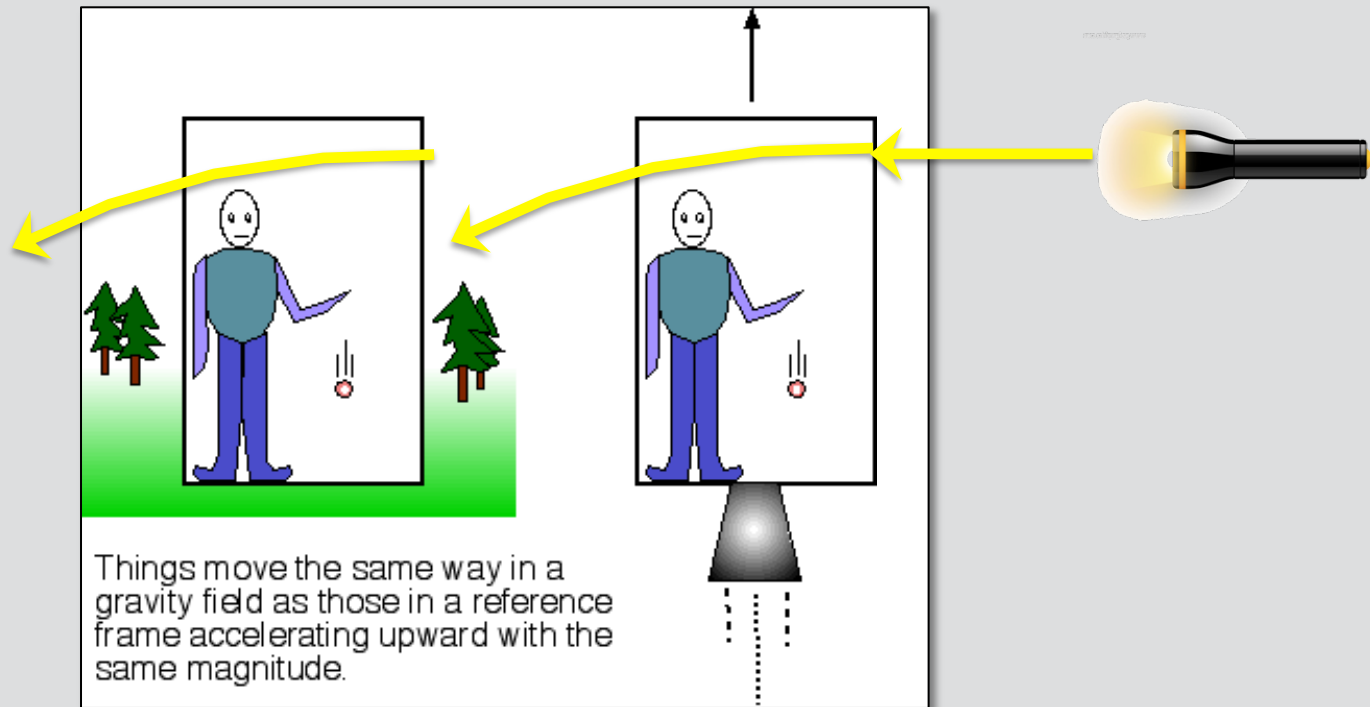


Things falling freely in a gravity field all accelerate by the same amount, so they move the same way as if they were in a region of zero gravity — “weightlessness”!

Geen versnelling

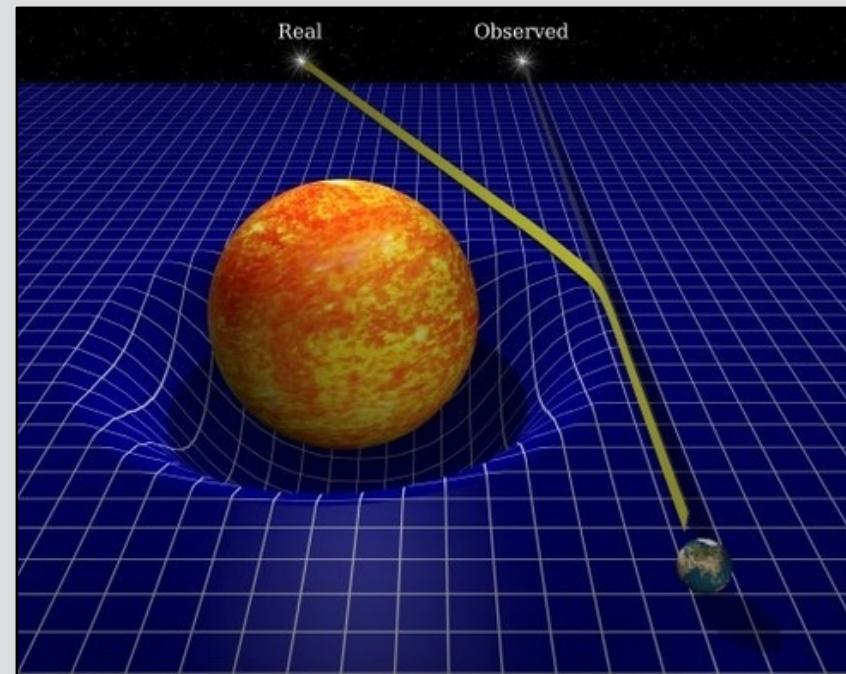
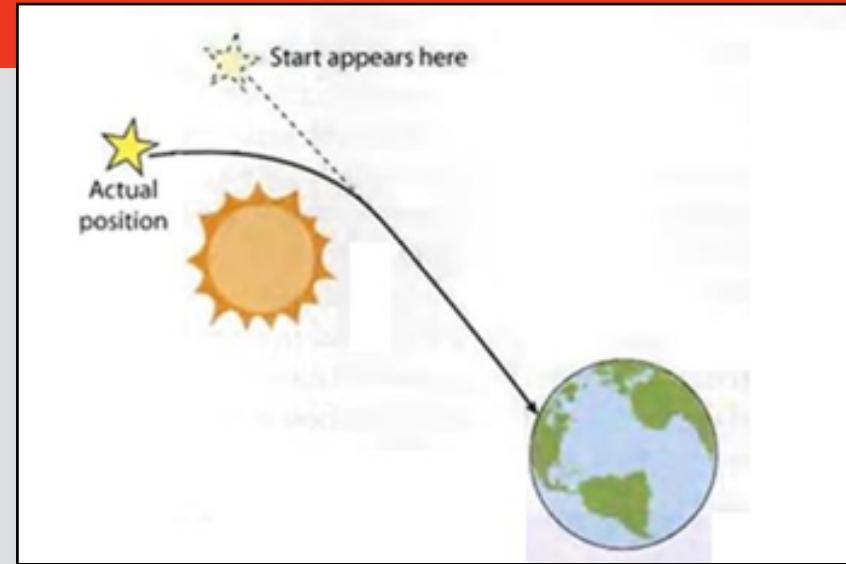


Consequentie: licht buigt af!



- Voorspelling van Einstein: licht buigt af door zwaartekracht!
- Licht gaat rechtdoor, maar ruimte is krom.....

Ruimte is krom



Ruimte is krom

29 mei 1919

The Eclipse of the Sun: A Photograph Taken by British Observers



SHOWING A PROMINENCE, LIKE AN EXPLOSION, WHICH PASSED RIGHT ROUND THE SUN: A PHOTOGRAPH TAKEN AT THE ECLIPSE OF MAY 29.

At a recent meeting of the Royal Society, the results obtained in Brazil by British observers of the total eclipse of the sun on May 29 last were discussed. The above photograph, one of those which they took, shows a large prominence on the sun, rather like an explosion given off by it, and probably composed of lighter gases, chiefly hydrogen.

It passed right round the sun and remains same time from India. Other photograph interesting discussion on the probable new universe, in accordance with the views of

**REVOLUTION IN
SCIENCE**
—
**NEW THEORY OF THE
UNIVERSE.**
—
**NEWTONIAN IDEAS
OVERTHROWN**

LIGHTS ALL ASKEW IN THE HEAVENS

**Men of Science More or Less
Agog Over Results of Eclipse
Observations.**

EINSTEIN THEORY TRIUMPHS

**Stars Not Where They Seemed
or Were Calculated to be,
but Nobody Need Worry.**

A BOOK FOR 12 WISE MEN

**No More in All the World Could
Comprehend It, Said Einstein When
His Daring Publishers Accepted It.**

ECLIPSE SHOWED GRAVITY VARIATION

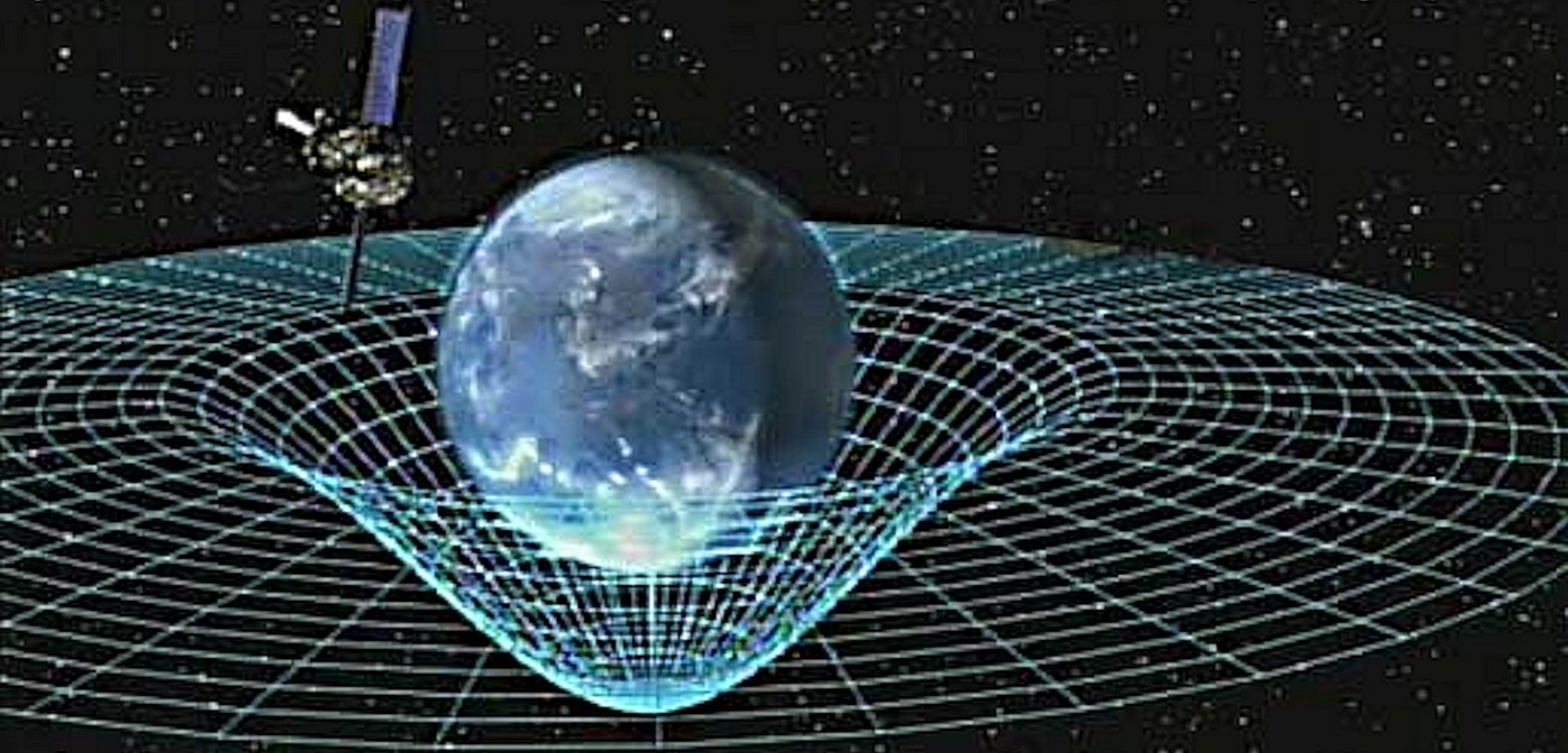
**Diversion of Light Rays Ac-
cepted as Affecting New-
ton's Principles.**

*The Total Eclipse of 1919 May 29 and the Influence of
Gravitation on Light.*

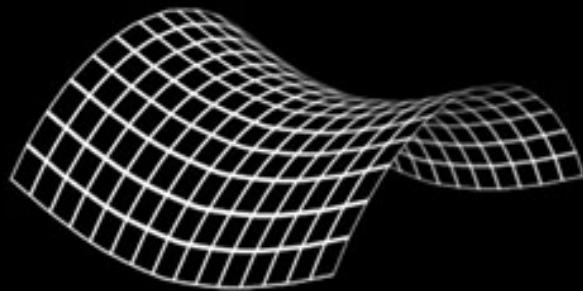
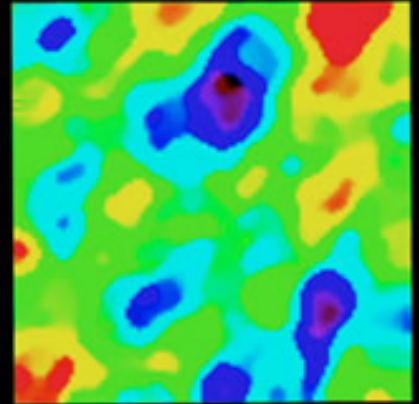
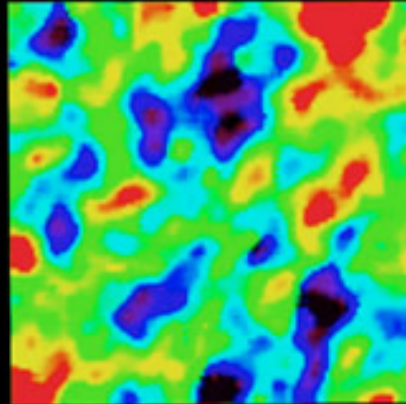
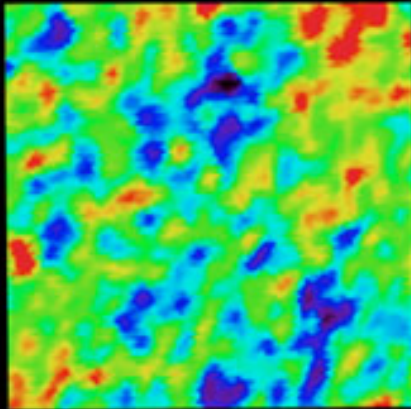
THE coming eclipse of the Sun occurs in a region of the sky which is exceptionally rich in bright stars, and for this reason it affords a very favourable opportunity of investigating the influence of the Sun's attraction on the course of a ray of light. Attention was called by the Astronomer Royal to the importance of this occasion in a paper read before the Royal Astronomical Society in March 1917; and the Joint Permanent Eclipse Committee has organized two expeditions. The stations selected on the line of totality are Sobral in northern Brazil and the island of Principe in the Gulf of Guinea; Dr. Crommelin and Mr. Davidson will occupy the former, and Mr. Cottingham and the writer the latter station. In both places totality lasts over 5 minutes. Both expeditions are being equipped together at the Royal Observatory, Greenwich, and will probably leave England about the middle of March. It is intended to concentrate entirely on the one problem of gravitation and light; other eclipse problems can be postponed to a future occasion, but no equally favourable opportunity of measuring the deflection of light will occur for many years.

The prediction which it is hoped to confirm or disprove is that a ray of light passing near the Sun will be bent, the path being concave to the Sun. It is easily seen that if this is so the star will appear displaced away from the Sun. More precisely a star whose true position is just on the Sun's limb will appear displaced $1''.75$ from the limb; and for other stars the displacement is inversely proportional to the distance from the Sun's centre. This is the value according to Einstein's theory, but another less revolutionary hypothesis suggests a deflection of half this amount. It is important that the deflection, if it exists, should be measured sufficiently accurately to discriminate between the different theories.

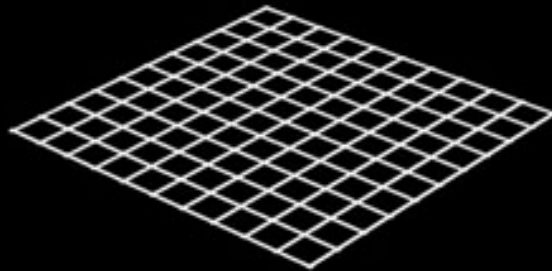
Massa veroorzaakt kromming van ruimte-tijd



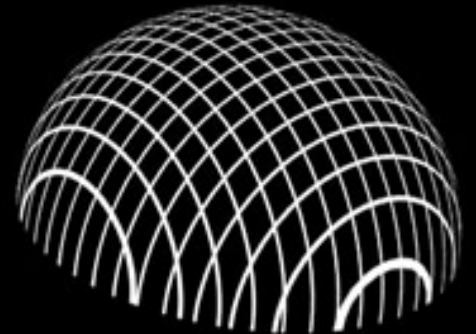
GEOMETRY OF THE UNIVERSE



OPEN



FLAT

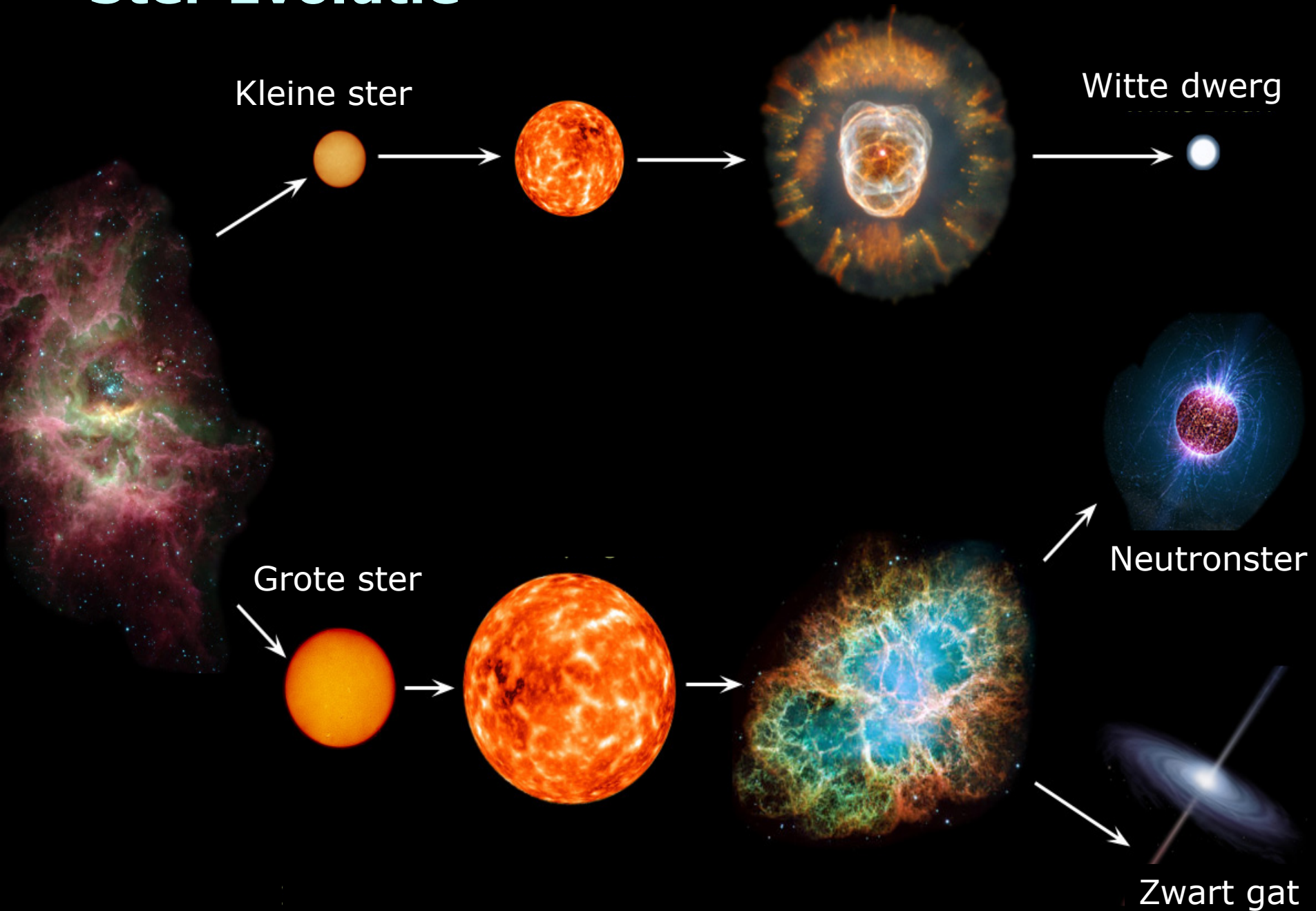


CLOSED

Verder op het menu vandaag:

- Newton, Einstein, ...
 - Relativiteitstheorie
 - ✓ Zwarte gaten
 - ✓ Zwaartekrachtsgolven
 - Ontdekking
- **Wat is zwaartekracht?**

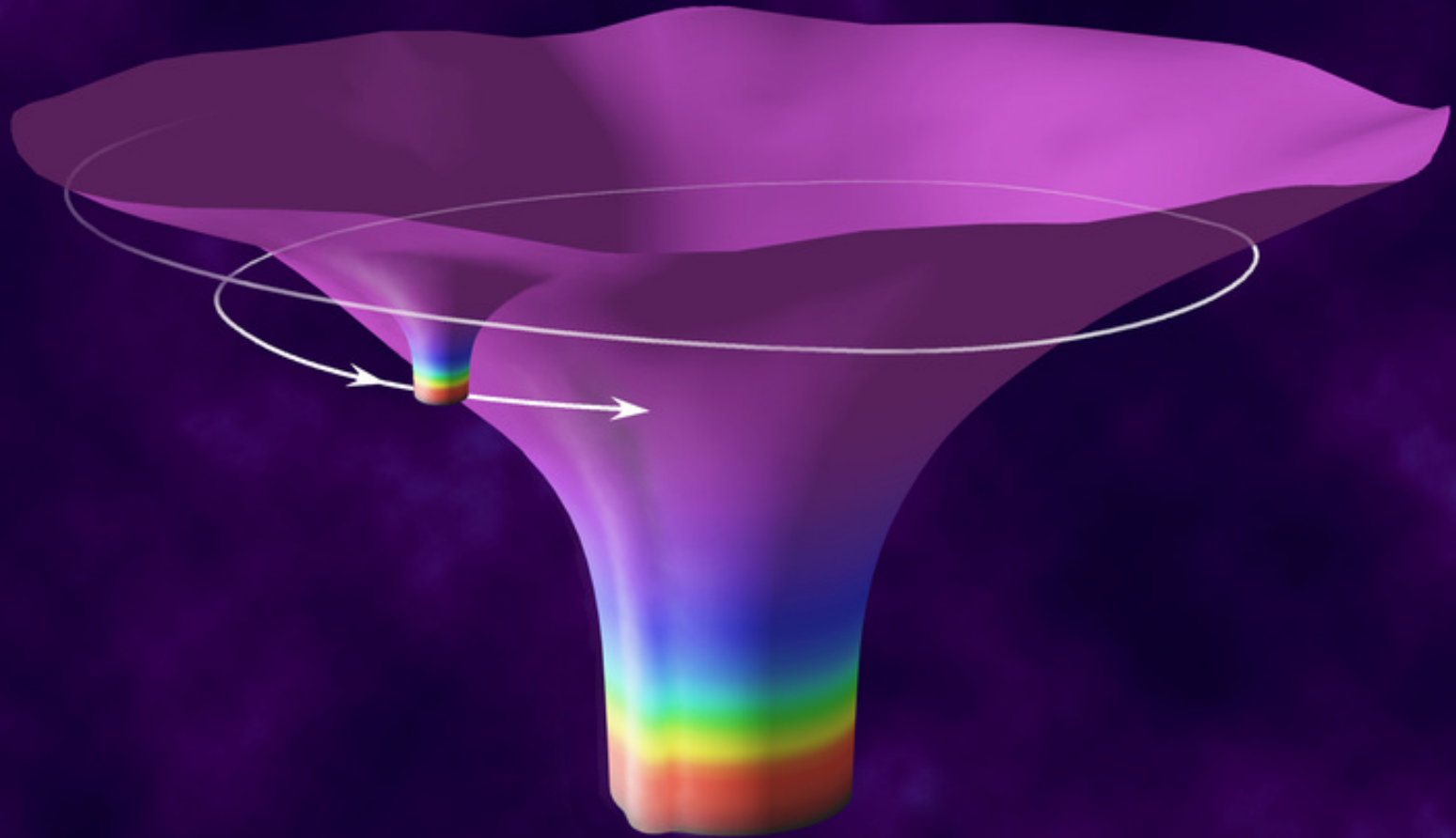
Ster Evolutie



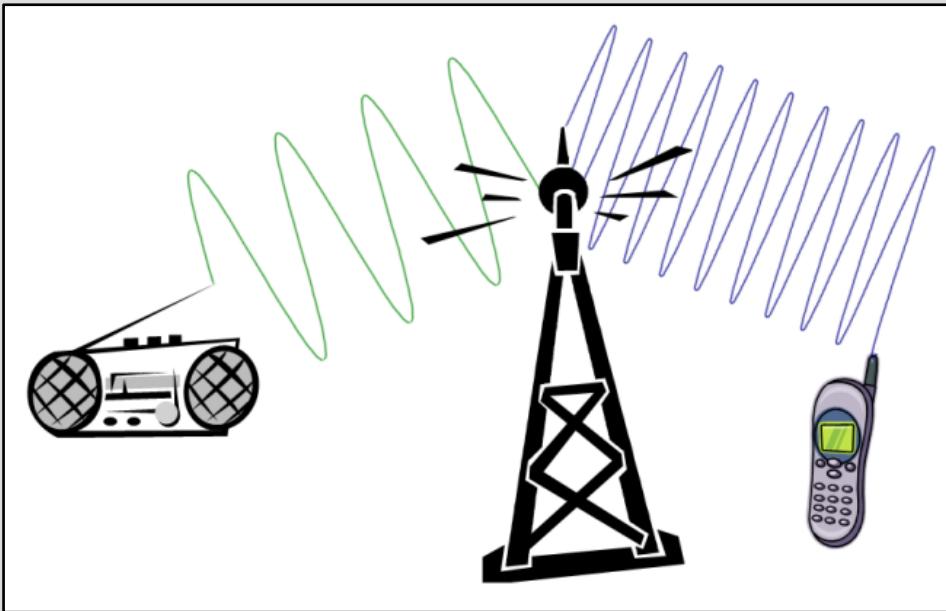
Zwart gat = Puur gekromde ruimte-tijd



Zwart gat = Puur gekromde ruimte-tijd

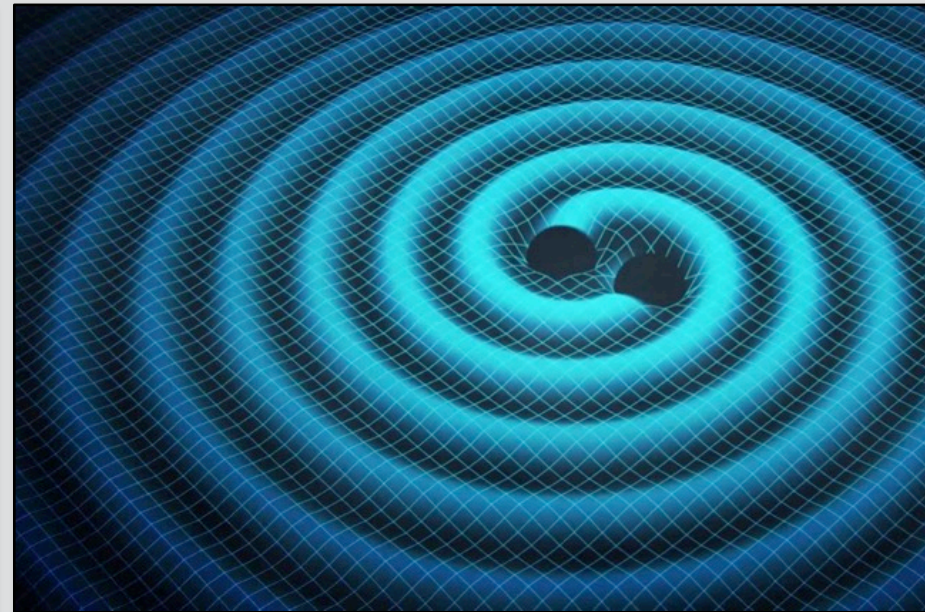


Golven en Straling



Elektromagnetische golven:

Veroorzaakt door bewegende elektrische deeltjes (elektronen)



Zwaartekrachtsgolven:

Veroorzaakt door bewegende massa's.

- Zware massa's nodig: **zwarte gaten.**
- Einstein dacht dat dit nooit meetbaar zou zijn....

Einstein & Rosen 1936, *Physical Review*, submitted

Claimed gravitational waves do not exist.

[paper rejected by H.P. Robertson of Caltech.]

Einstein & Rosen 1937, *J. Franklin Institute*, 223, 43

Oops, actually gravitational waves do exist (correcting the bad choice of coordinates that Robertson pointed out in rejecting their 1936 paper).

ON GRAVITATIONAL WAVES.

BY

A. EINSTEIN and N. ROSEN.

ABSTRACT.

The rigorous solution for cylindrical gravitational waves is given. For the convenience of the reader the theory of gravitational waves and their production, already known in principle, is given in the first part of this paper. After encountering relationships which cast doubt on the existence of *rigorous* solutions for undulatory gravitational fields, we investigate rigorously the case of cylindrical gravitational waves. It turns out that rigorous solutions exist and that the problem reduces to the usual cylindrical waves in euclidean space.

I. APPROXIMATE SOLUTION OF THE PROBLEM OF PLANE WAVES AND THE PRODUCTION OF GRAVITATIONAL WAVES.

It is well known that the approximate method of integration of the gravitational equations of the general relativity theory leads to the existence of gravitational waves. The method used is as follows: We start with the equations

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = -T_{\mu\nu}. \quad (1)$$

We consider that the $g_{\mu\nu}$ are replaced by the expressions

$$g_{\alpha\beta} = \delta_{\alpha\beta} + \gamma_{\alpha\beta}. \quad (2)$$

Einstein 1939, *Annals of Mathematics* 40, 922
“proved” Black Holes cannot exist in nature.

ANNALS OF MATHEMATICS
Vol. 40, No. 4, October, 1939

ON A STATIONARY SYSTEM WITH SPHERICAL SYMMETRY CONSISTING OF MANY GRAVITATING MASSES

BY ALBERT EINSTEIN

(Received May 10, 1939)

If one considers Schwarzschild's solution of the static gravitational field of spherical symmetry

$$(1) \quad ds^2 = -\left(1 + \frac{\mu}{2r}\right)^4 (dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2) + \left(\frac{1 - \frac{\mu}{2r}}{1 + \frac{\mu}{2r}}\right)^2 dt^2$$

it is noted that

$$g_{44} = \left(\frac{1 - \frac{\mu}{2r}}{1 + \frac{\mu}{2r}}\right)^2$$

vanishes for $r = \mu/2$. This means that a clock kept at this place would go at the rate zero. Further it is easy to show that both light rays and material particles take an infinitely long time (measured in “coördinate time”) in order to reach the point $r = \mu/2$ when originating from a point $r > \mu/2$. In this sense the sphere $r = \mu/2$ constitutes a place where the field is singular. (μ represents the gravitating mass.)

There arises the question whether it is possible to build up a field containing such singularities with the help of actual gravitating masses, or whether such regions with vanishing g_{44} do not exist in cases which have physical reality.

Einstein & Rosen 1936, *Physical Review*, submitted

Claimed gravitational waves do not exist.

[paper rejected by H.P. Robertson of Caltech.]

COLUMN

W

ij stuurden uw ons manuscript voor publicatie en hebben u niet gemachtigd het aan specialisten te laten zien voor het gedrukt is. Ik zie geen

noodzaak om op het - in ieder geval foutieve - commentaar van uw anonieme expert te antwoorden. Op grond van dit incident geef ik de voorkeur het artikel elders te publiceren?

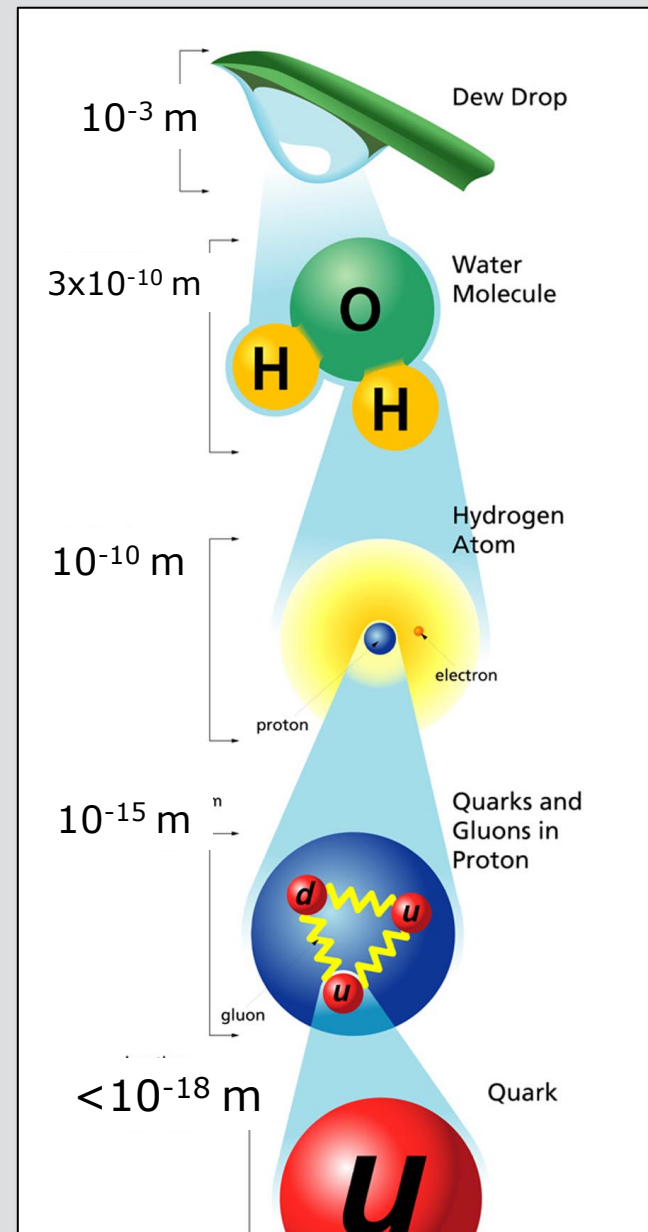
Zie hier het gepikeerde commentaar van niemand minder dan Albert Einstein toen hij in 1936 voor het eerst met het verschijnsel van peer review werd geconfronteerd. Einstein had

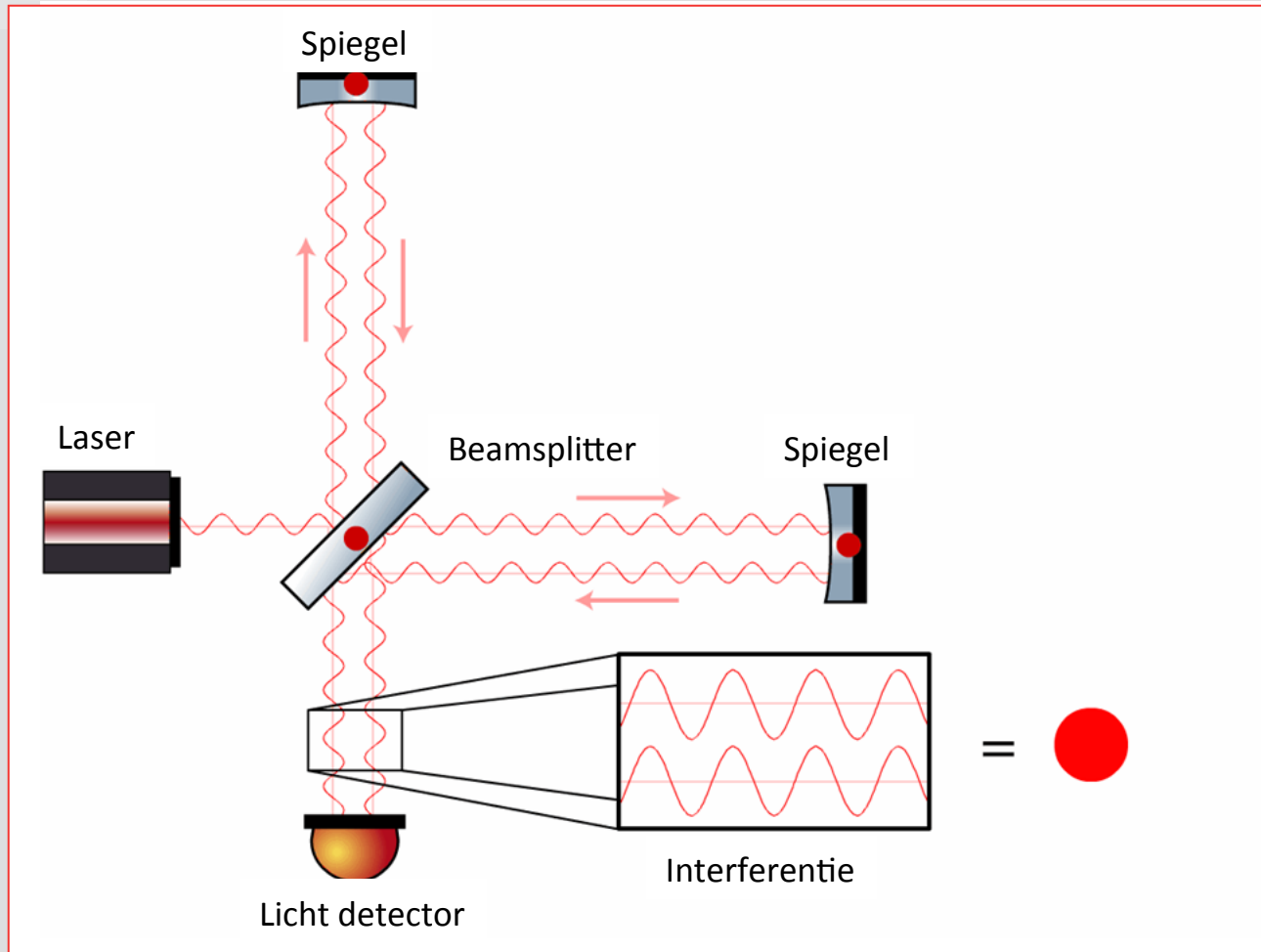
Verder op het menu vandaag:

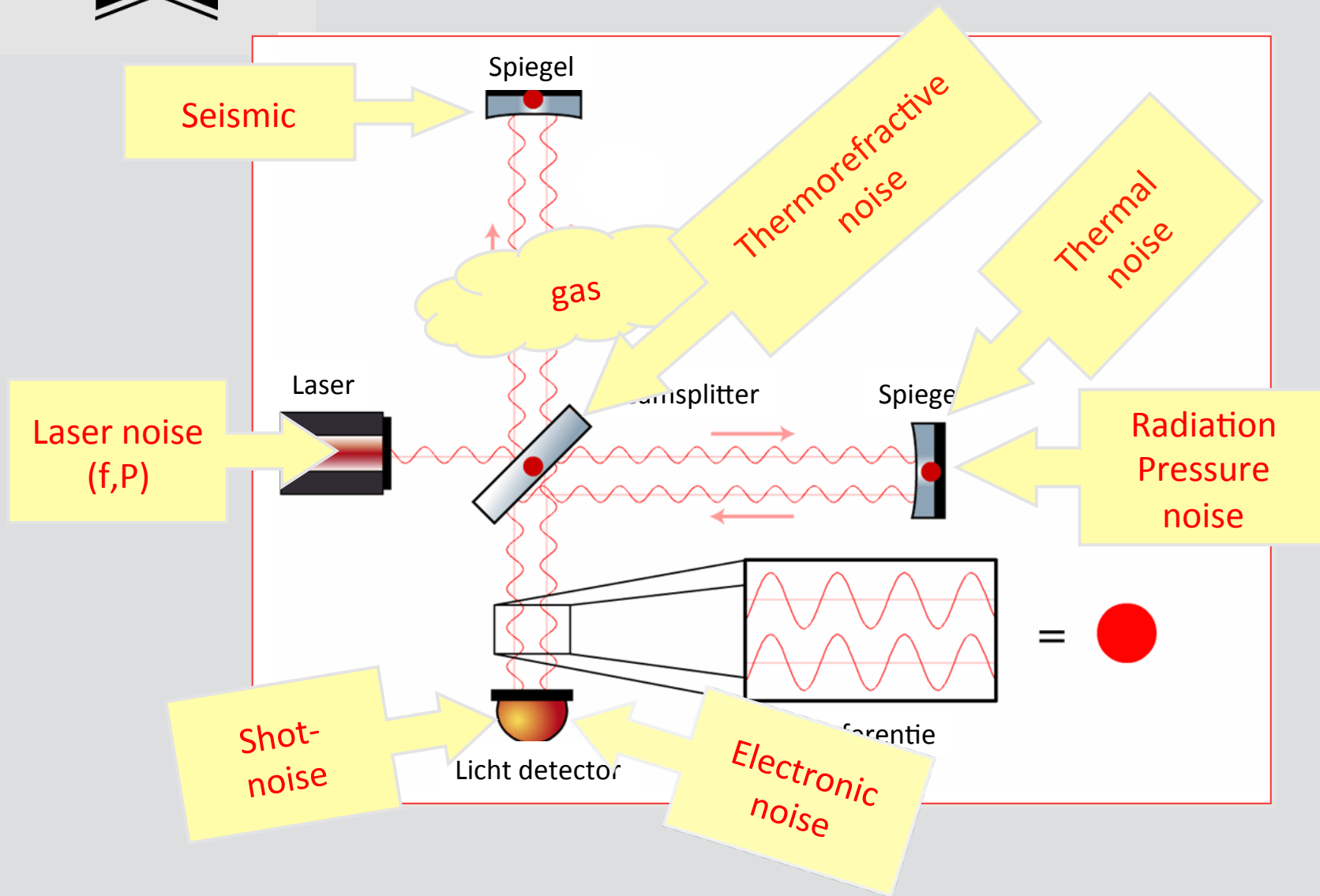
- Newton, Einstein, ...
 - Relativiteitstheorie
 - ✓ Zwarte gaten
 - ✓ Zwaartekrachtsgolven
 - Ontdekking
- **Wat is zwaartekracht?**

Rimpeling van de ruimte...

- Ruimte is zeer onbuigzaam
- Krimp van 1 op 10^{21} ...!
 - Alsof de aarde 1 proton dikker wordt
- Apparaat krimpt een miljardste nanometer?!
 - 10^{-18} m





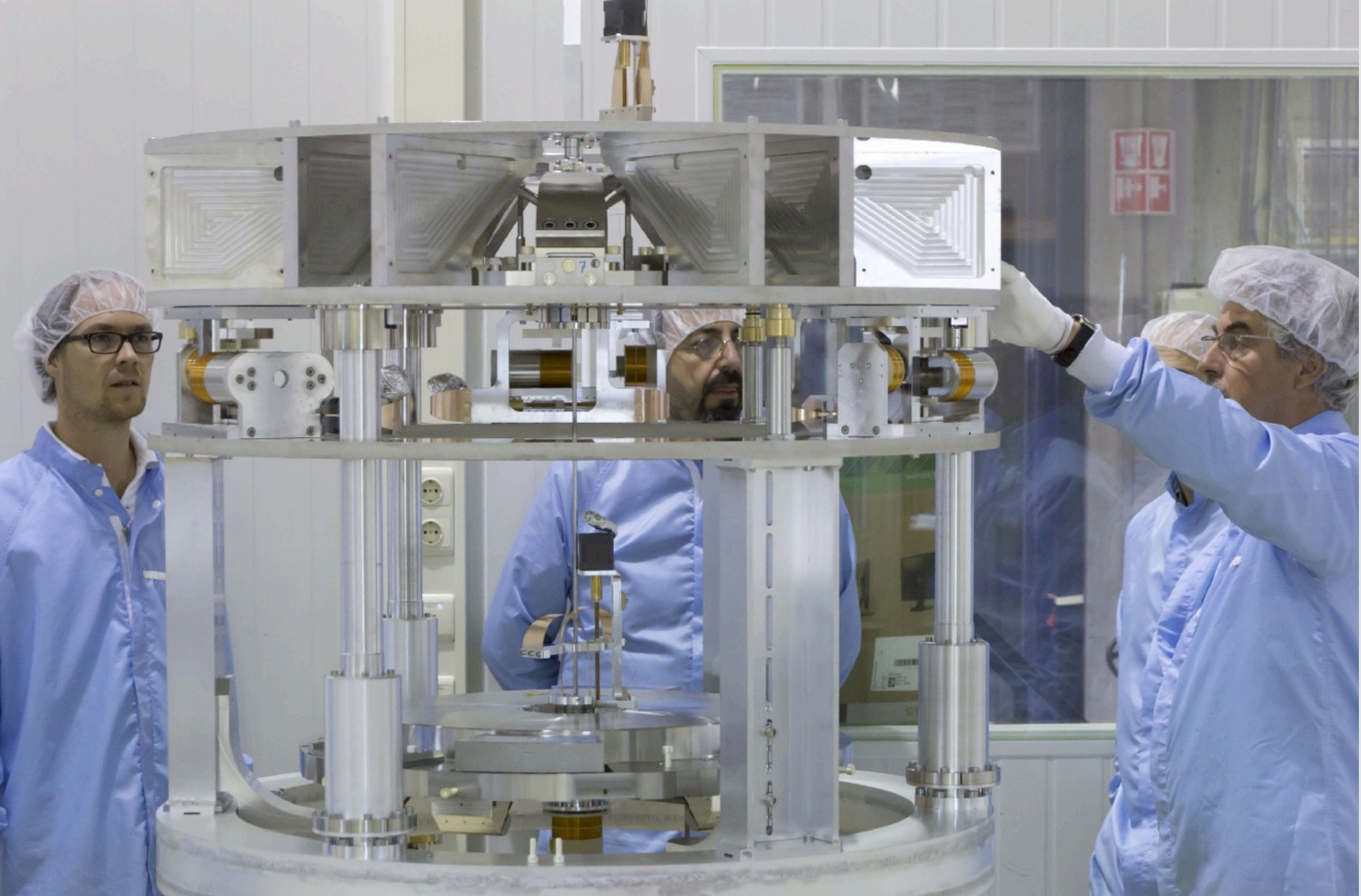


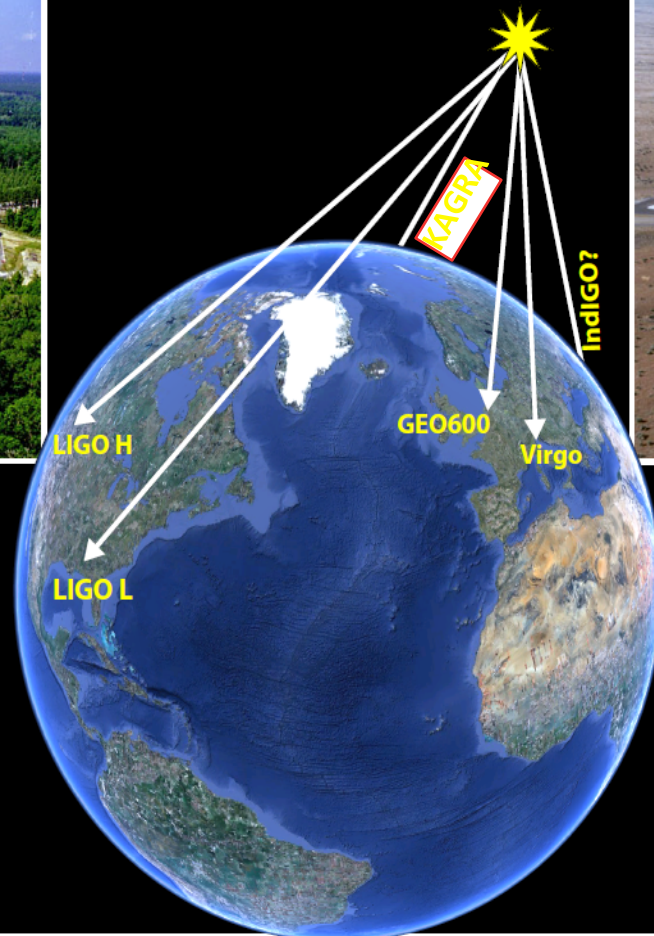
Gravitationegolven experimenten





- Grootste vacuüm in Europa
- Druk $\sim 10^{-10}$ mbar





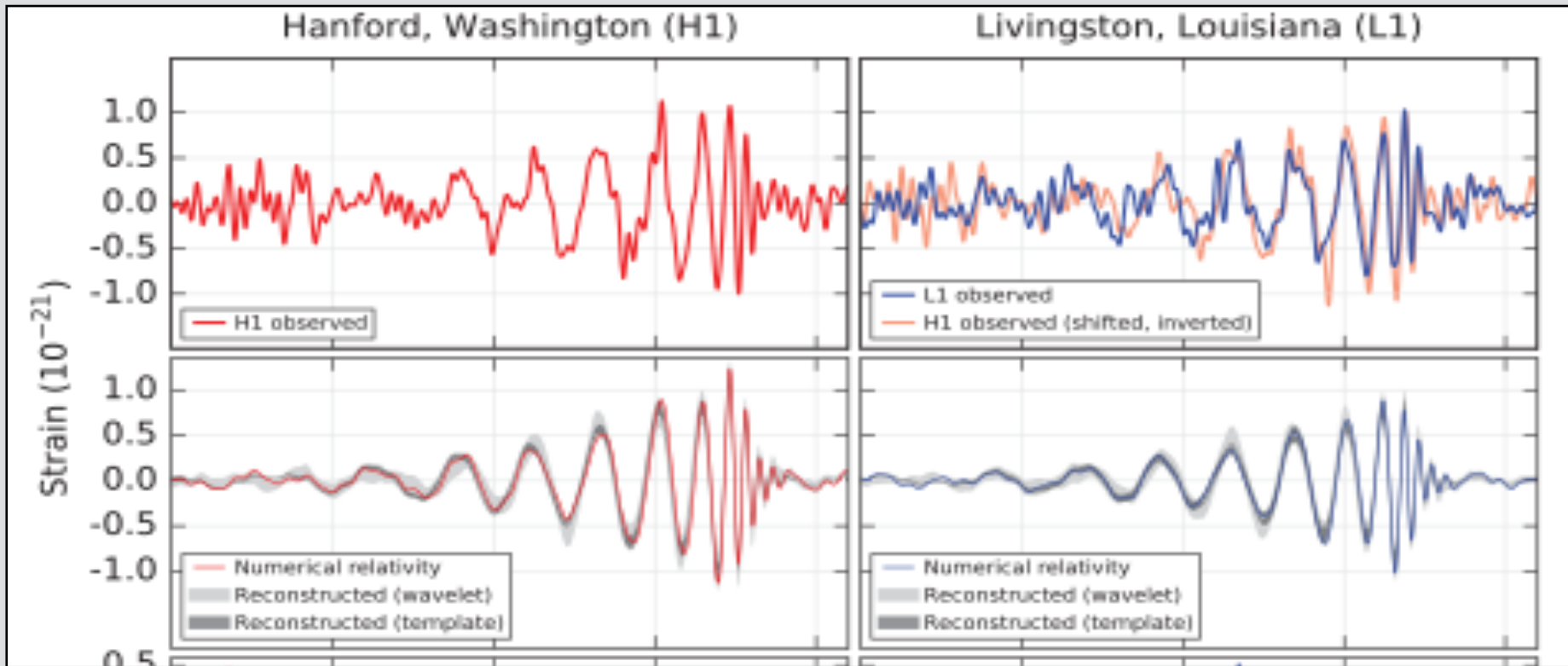
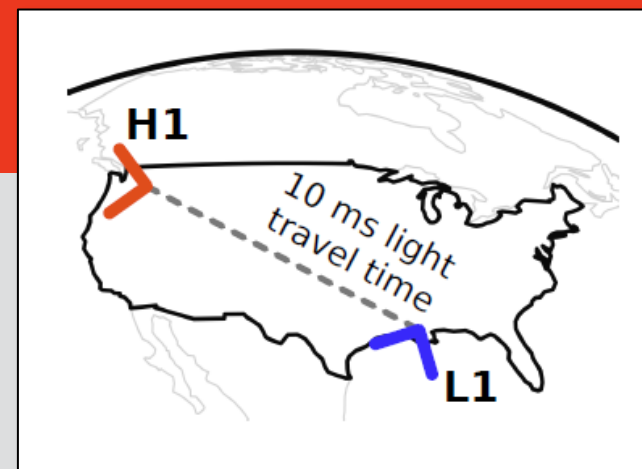
Wereldwijd netwerk:
LIGO Livingston
LIGO Hanford
GEO 600
Virgo Pisa

KAGRA in 2020
LIGO India approved!



Eerste Detectie: GW150914

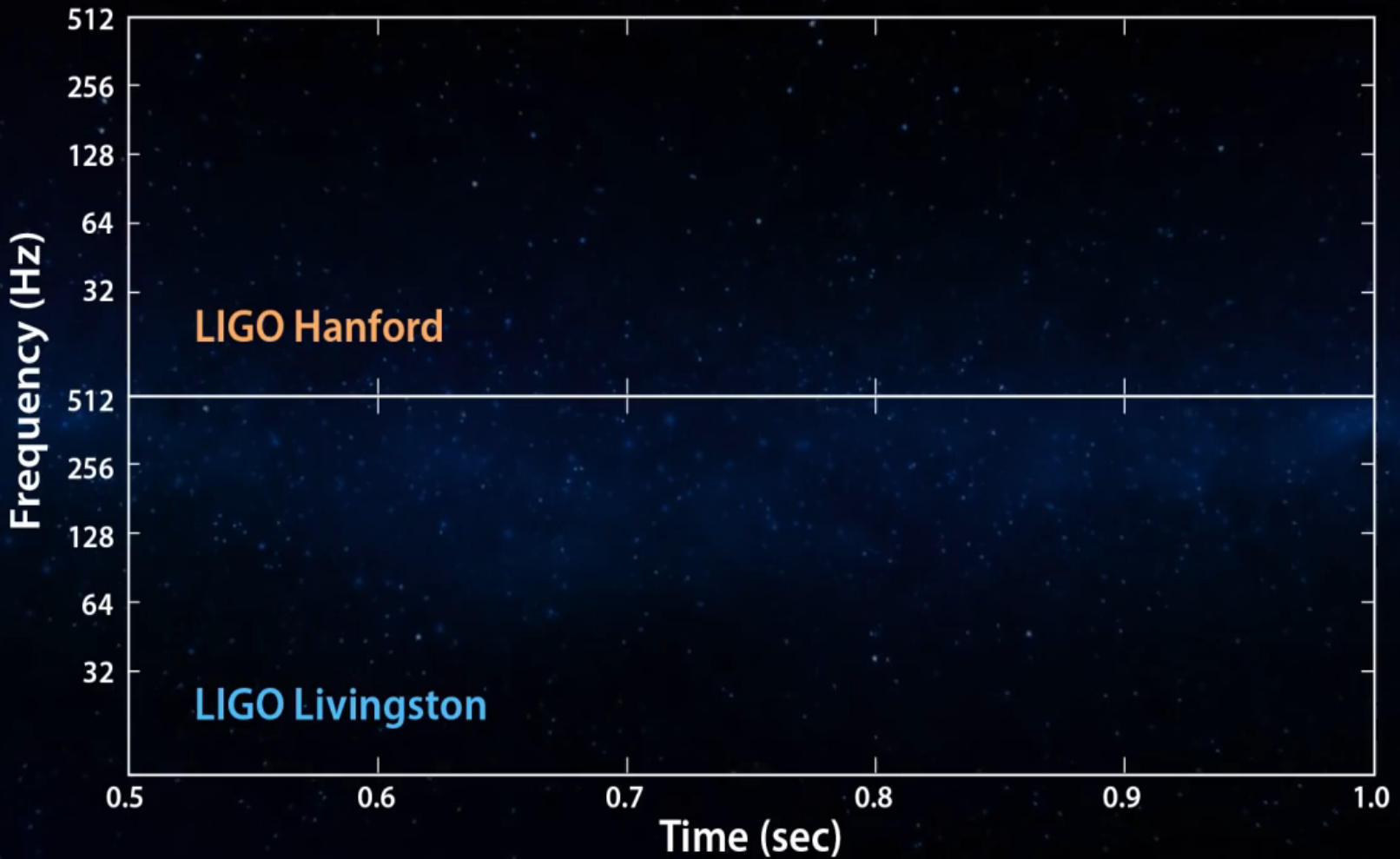
(= 14 sep 2015)



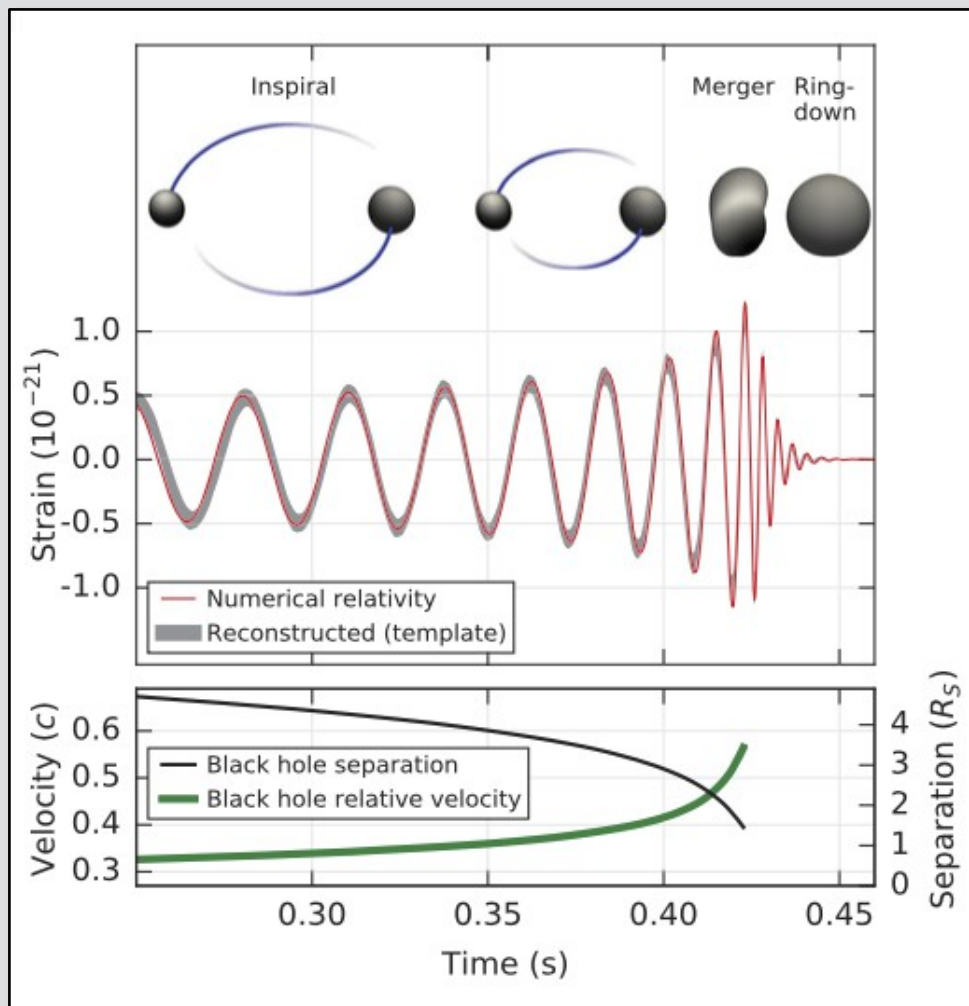
Two gigantic black holes
rotate around each other up to 250 x per sec



"Geluid" van samenklappende zwarte gaten op 1.3 miljard lichtjaar afstand



Samensmelting Zwarte Gat



Zwart gat 1: 36 zonsmassa's
 Zwart gat 2: 29 zonsmassa's

Nieuw zwart gat: 62 zonsmassa's.

→ Afstand: 1.3 miljard lichtjaar.

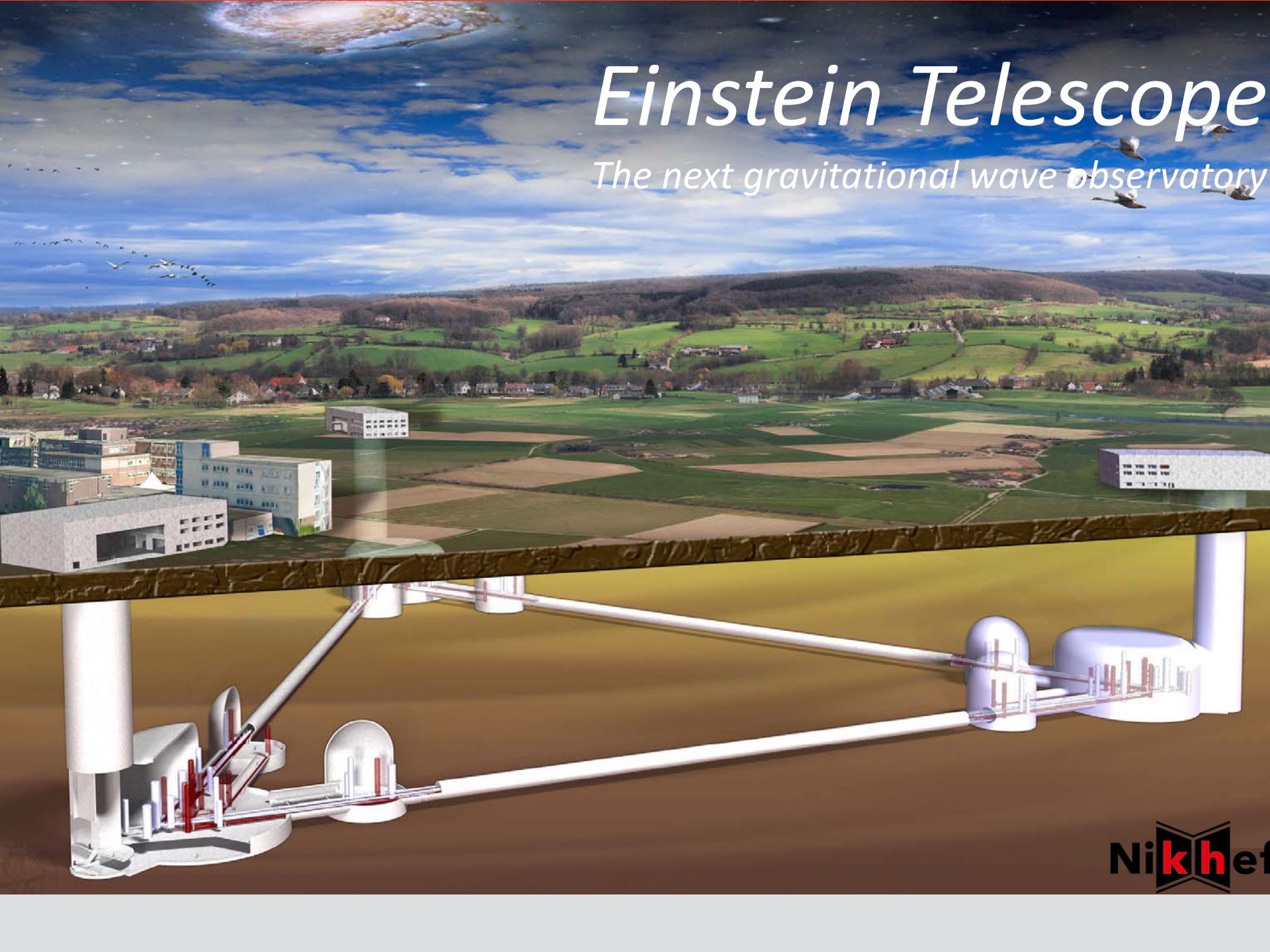
→ 3 zonnemassa's aan energie in zwaartekrachtstraling de ruimte in geslingerd

→ Meer energie uitgestraald dan alle zichtbare sterren in het universum



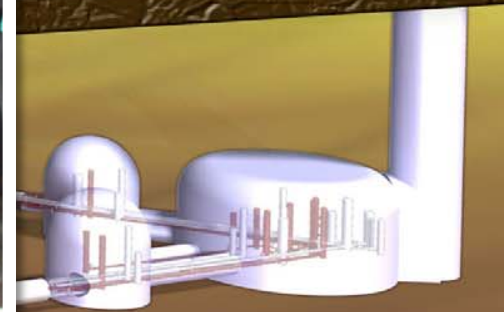
Einstein Telescope

The next gravitational wave observatory



Einstein Telescope

The next gravitational wave observatory



Op het menu vandaag:

- Newton, Einstein, ...
- Relativiteitstheorie
 - ✓ Zwarte gaten
 - ✓ Zwaartekrachtsgolven
- Ontdekking

➤ **Wat is zwaartekracht?**

Wat is zwaartekracht?

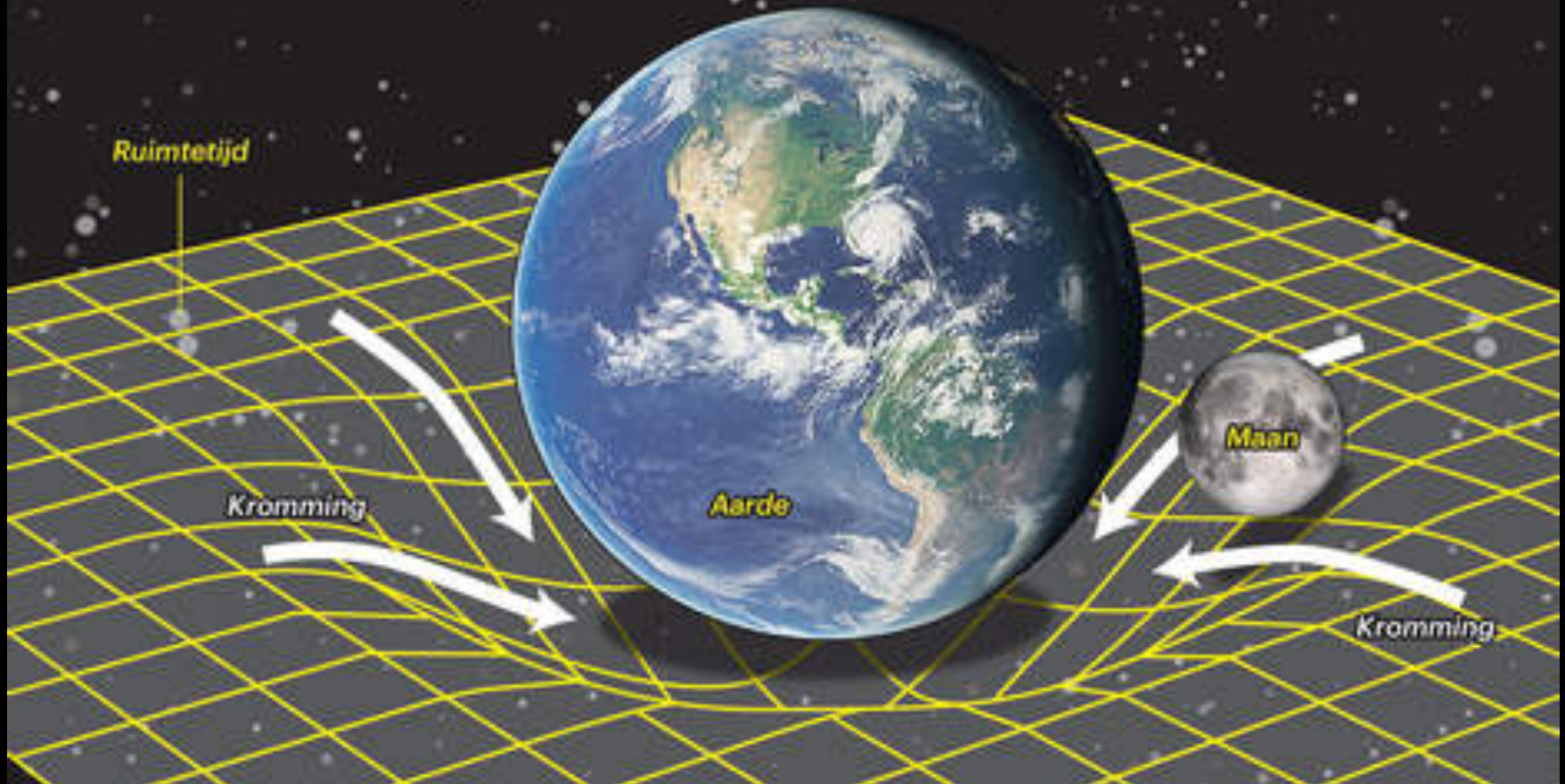
ZWAARTEKRACHTSWET VAN *NEWTON*

Elke **massa** oefent een kracht uit op elke andere **massa**.
Deze kracht is gericht langs de lijn die beide punten verbindt en is evenredig met het product van de massa's en is omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tussen beide massa's.

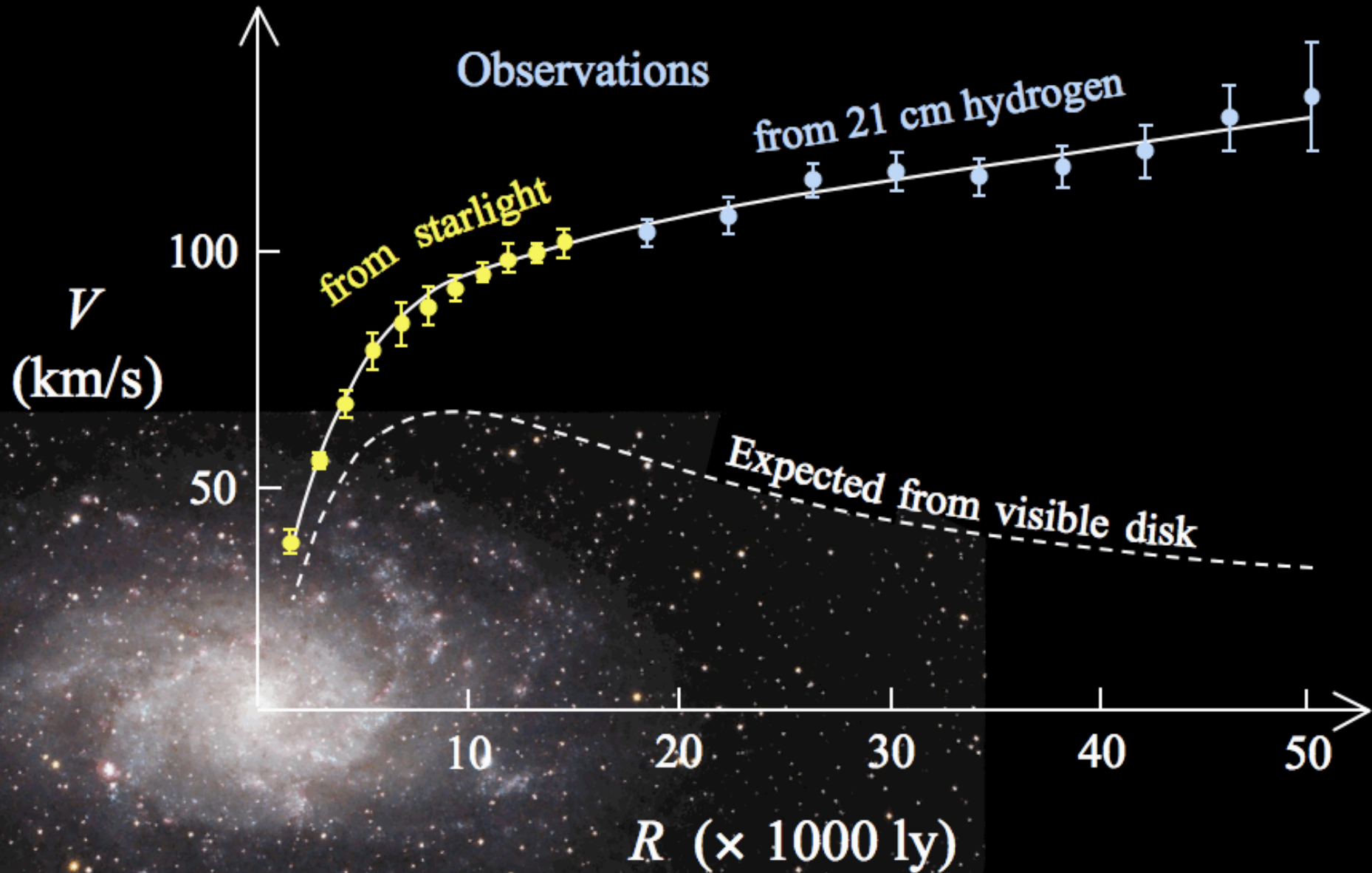


RELATIVITEITSTHEORIE VAN *EINSTEIN*

Ruimte en tijd worden gezien als één geheel: de ruimtetijd die bestaat uit 4 dimensies. Alles wat energie of een massa heeft, zoals planeten, creëert een zwaartekrachtveld en veroorzaakt daardoor een kromming in de ruimtetijd. Massa's volgen zulke krommingen als waren het rechte lijnen. Zelfs lichtstralen buigen af in de kromming van een zwaartekrachtveld.



Maar ... sterren bewegen te snel





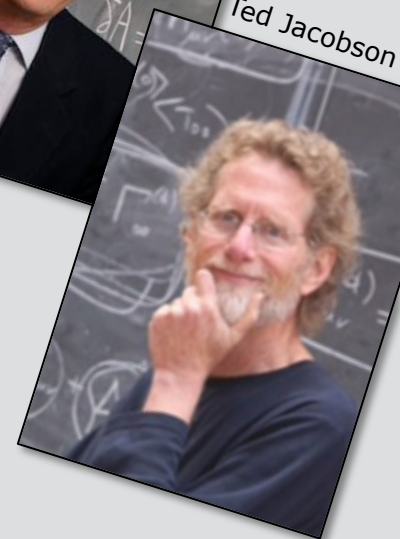
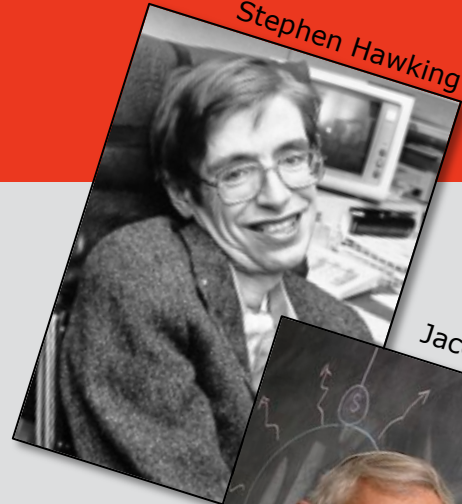
$$\nabla^2 \chi = \begin{cases} 0 \\ \epsilon \end{cases} \quad \text{in derbe}$$
$$\nabla_i \chi = (\delta_{ij} - (d-1)\hat{r}_i \hat{r}_j)$$
$$\sum \sin \delta_{ij} = \delta_{ij}$$
$$\nabla E \cdot \nabla - \nabla \cdot \nabla E$$
$$\frac{1}{V_n} = \frac{d-1}{d-2}$$
$$\frac{1}{V_n} = \frac{d-1}{d-2}$$
$$\frac{1}{V_n} = \frac{d-1}{d-2}$$
$$\frac{1}{V_n} = \frac{d-1}{d-2}$$



Theorie van Verlinde

- Zwarte gaten hebben “temperatuur”
 - Energie, temperatuur, entropie
 - Thermodynamica!
- Als zwarte gaten entropie hebben, dan misschien ook het heelal?
- Natuur streeft naar meer wanorde (entropie)
- Het herschikken van informatie (entropie) door massa zorgt voor een effectieve kracht

➔ Zwaartekracht



INFORMATIETHEORIE VAN *VERLINDE*

De zwaartekracht is geen fundamentele kracht maar de **uiting van een dieper proces**.
De kracht komt voort uit een **herschikking van de informatie in de ruimte**.
De theorie heeft geen donkere materie nodig. De effecten waarvoor deze materie nodig wordt geacht, volgen direct uit de theorie.





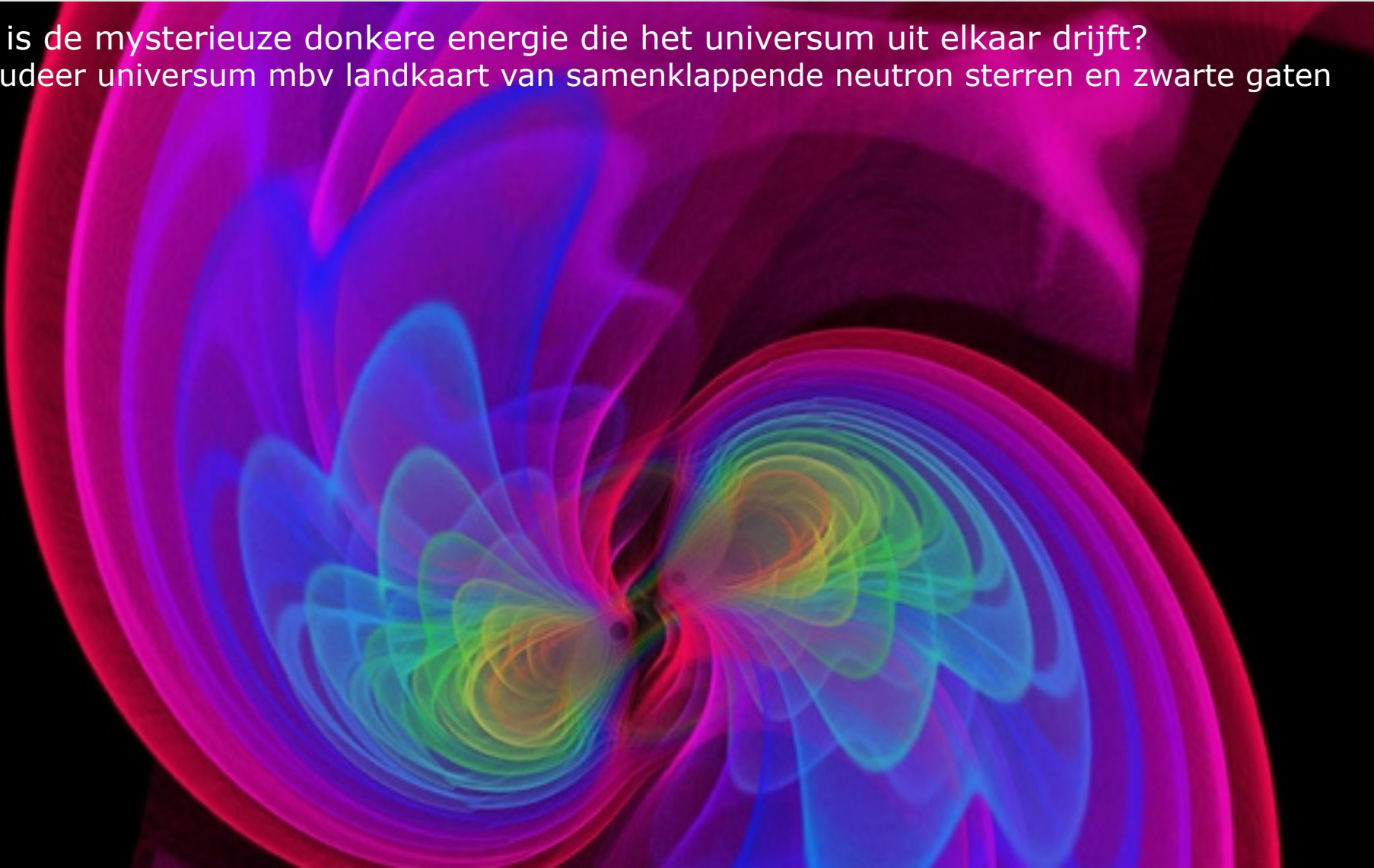
Bedankt voor uw aandacht!



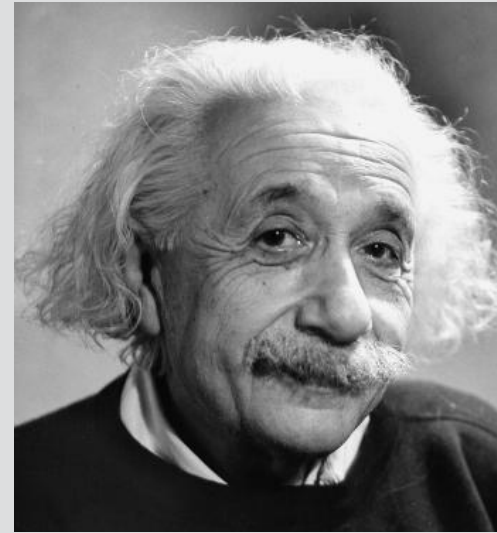
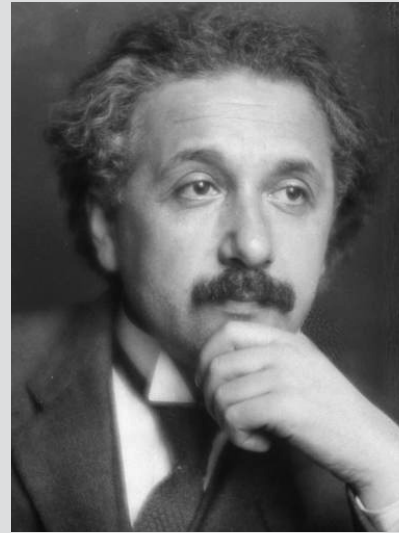
Wat gebeurt er precies op de rand van een zwart gat (quantum effecten).
Is Einstein's theorie nog steeds geldig onder extreme toestand?



Wat is de mysterieuze donkere energie die het universum uit elkaar drijft?
Bestudeer universum mbv landkaart van samenklappende neutron sterren en zwarte gaten



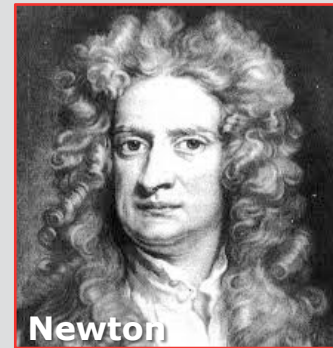
Einstein



Massa?

$$F = m \times a$$

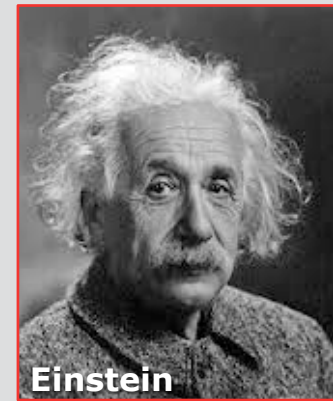
- Massa is "wisselkoers" tussen kracht en versnelling
Maar... wat is het?



Newton

$$E = m \times c^2$$

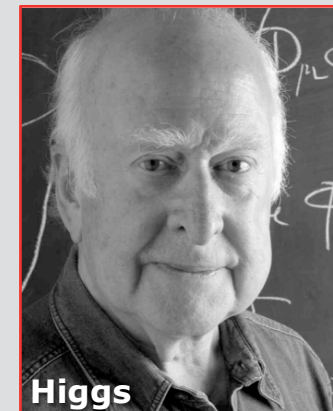
- Massa is energie
Maar... waar komt het vandaan?



Einstein

- Massa is wrijving met Higgs veld

$$m: \psi\psi\phi$$



Higgs

Einstein equation

$$G_{\mu\nu} = 0$$

$$G_{\alpha\beta} = R_{\alpha\mu\beta}^{\mu} - \frac{1}{2} g_{\alpha\beta} g^{\mu\nu} R_{\nu\sigma\mu}^{\sigma} = 0$$

$$R_{\beta\gamma\delta}^{\alpha} = \partial_{\gamma} \Gamma_{\beta\delta}^{\alpha} - \partial_{\delta} \Gamma_{\beta\gamma}^{\alpha} + \Gamma_{\mu\gamma}^{\alpha} \Gamma_{\beta\delta}^{\mu} - \Gamma_{\mu\delta}^{\alpha} \Gamma_{\beta\gamma}^{\mu}$$

$$\Gamma_{\beta\gamma}^{\alpha} = \frac{1}{2} g^{\alpha\mu} \left(\partial_{\gamma} g_{\mu\beta} + \partial_{\beta} g_{\gamma\mu} - \partial_{\mu} g_{\beta\gamma} \right)$$

$g_{\mu\nu}$: **geometrie**

} In vacuum

Solving Einstein's equations

$$G_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

“Curvature of space”

“mass-energy density”

In vacuum (for example, just two black holes orbiting each other), Einstein's equations become

$$G_{\mu\nu} = 0$$

Very simple, right !?

Thus we define new constraint fields \mathcal{F}_a and \mathcal{C}_{ia} that satisfy

$$\mathcal{F}_a \approx t^c \partial_c \mathcal{C}_a = N^{-1} (\partial_t \mathcal{C}_a - N^i \partial_i \mathcal{C}_a), \quad (41)$$

$$\mathcal{C}_{ia} \approx \partial_i \mathcal{C}_a, \quad (42)$$

up to terms proportional to the constraints \mathcal{C}_a and \mathcal{C}_{iab} . The following definitions of \mathcal{F}_a and \mathcal{C}_{ia} accomplish this in a way that keeps the form of the constraint evolution system as simple as possible:

$$\begin{aligned} \mathcal{F}_a \equiv & \frac{1}{2} g_a^i \psi^{bc} \partial_i \Pi_{bc} - g^{ij} \partial_i \Pi_{ja} - g^{ij} t^b \partial_i \Phi_{jba} + \frac{1}{2} t_a \psi^{bc} g^{ij} \partial_i \Phi_{jbc} \\ & + t_a g^{ij} \partial_i H_j + g_a^i \Phi_{ijb} g^{jk} \Phi_{kcd} \psi^{bd} t^c - \frac{1}{2} g_a^i \Phi_{ijb} g^{jk} \Phi_{kcd} \psi^{cd} t^b \\ & - g_a^i t^b \partial_i H_b + g^{ij} \Phi_{icd} \Phi_{jba} \psi^{bc} t^d - \frac{1}{2} t_a g^{ij} g^{mn} \Phi_{imc} \Phi_{njd} \psi^{cd} \\ & - \frac{1}{4} t_a g^{ij} \Phi_{icd} \Phi_{jbe} \psi^{cb} \psi^{de} + \frac{1}{4} t_a \Pi_{cd} \Pi_{be} \psi^{cb} \psi^{de} - g^{ij} H_i \Pi_{ja} \\ & - t^b g^{ij} \Pi_{bi} \Pi_{ja} - \frac{1}{4} g_a^i \Phi_{icd} t^c t^d \Pi_{be} \psi^{be} + \frac{1}{2} t_a \Pi_{cd} \Pi_{be} \psi^{ce} t^d t^b \\ & + g_a^i \Phi_{icd} \Pi_{be} t^c t^b \psi^{de} - g^{ij} \Phi_{iba} t^b \Pi_{je} t^e - \frac{1}{2} g^{ij} \Phi_{icd} t^c t^d \Pi_{ja} \\ & - g^{ij} H_i \Phi_{jba} t^b + g_a^i \Phi_{icd} H_b \psi^{bc} t^d + \gamma_2 (g^{id} \mathcal{C}_{ida} - \frac{1}{2} g_a^i \psi^{cd} \mathcal{C}_{icd}) \\ & + \frac{1}{2} t_a \Pi_{cd} \psi^{cd} H_b t^b - t_a g^{ij} \Phi_{ijc} H_d \psi^{cd} + \frac{1}{2} t_a g^{ij} H_i \Phi_{jcd} \psi^{cd}, \quad (43) \end{aligned}$$

Note: this one term is a condensed notation for the sum of 729 products of 48 different functions!

$$\begin{aligned} \mathcal{C}_{ia} \equiv & g^{jk} \partial_j \Phi_{ika} - \frac{1}{2} g_a^j \psi^{cd} \partial_j \Phi_{icd} + t^b \partial_i \Pi_{ba} - \frac{1}{2} t_a \psi^{cd} \partial_i \Pi_{cd} \\ & + \partial_i H_a + \frac{1}{2} g_a^j \Phi_{jcd} \Phi_{ief} \psi^{ce} \psi^{df} + \frac{1}{2} g^{jk} \Phi_{jcd} \Phi_{ike} \psi^{cd} t^e t_a \\ & - g^{jk} g^{mn} \Phi_{jma} \Phi_{ikn} + \frac{1}{2} \Phi_{icd} \Pi_{be} t_a (\psi^{cb} \psi^{de} + \frac{1}{2} \psi^{be} t^c t^d) \\ & - \Phi_{icd} \Pi_{ba} t^c (\psi^{bd} + \frac{1}{2} t^b t^d) + \frac{1}{2} \gamma_2 (t_a \psi^{cd} - 2 \delta_a^c t^d) \mathcal{C}_{icd}. \quad (44) \end{aligned}$$