Physics 100 - April 1, 2009

- Presentation groups

Fundamental Particles

Quarks

u, d, c, s, t, b

Fraction elect. chg

bound by str. interaction

(qqq) Baryons p, n

$(q\bar{q})$ Meson $\pi \equiv$ pion

Lepton

e, μ, τ 1 unit of elect chg

neutral ν_e, ν_μ, ν_τ (NOT EM)

Gauge Bosons mediate force

γ EM force — photon

g strong force — gluon

$W^{+/-}, Z^0$ — weak force

Fundamental forces

		Relative Strength
gravitation	graviton (undiscovered), infinite range	10^{-40}
Strong	Quantum Chromodynamics, gluon, 10^{-15} m	~30
Weak	$W^{+/-}, Z^0$, 10^{-18} m	1
Electromagnetism	γ, infinite	1

Higgs

See ppt file

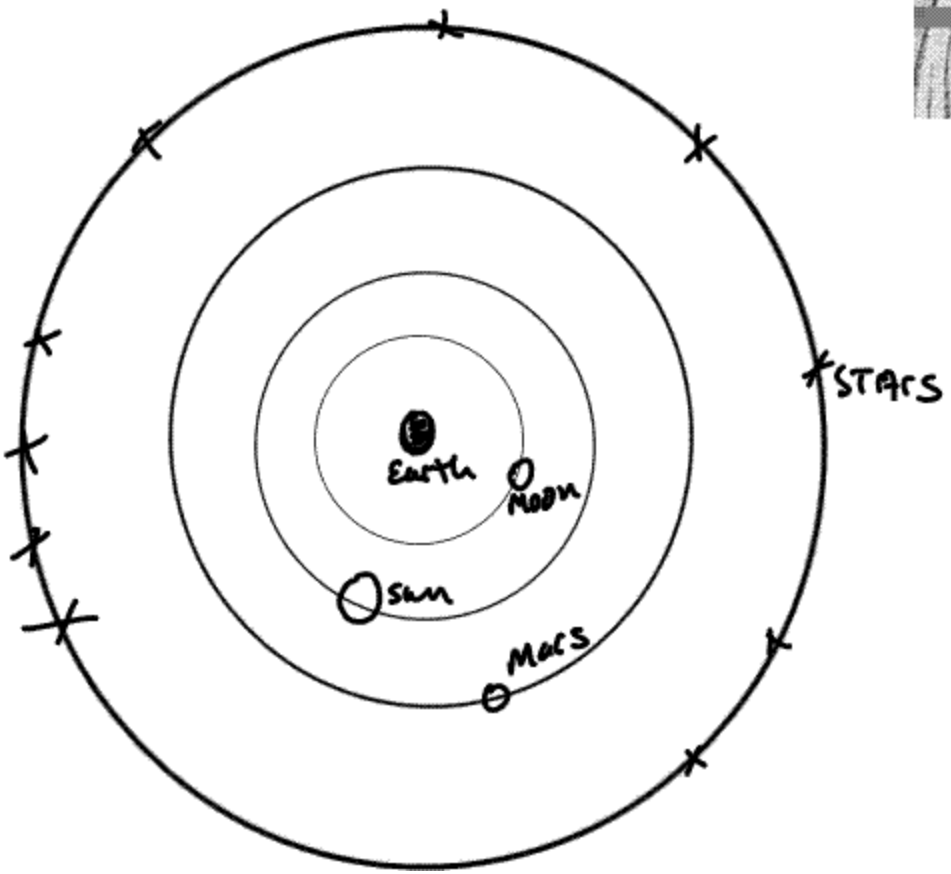
P100_040109_more_particle_phys

(could NOT save that material in pdf due to technical issue)

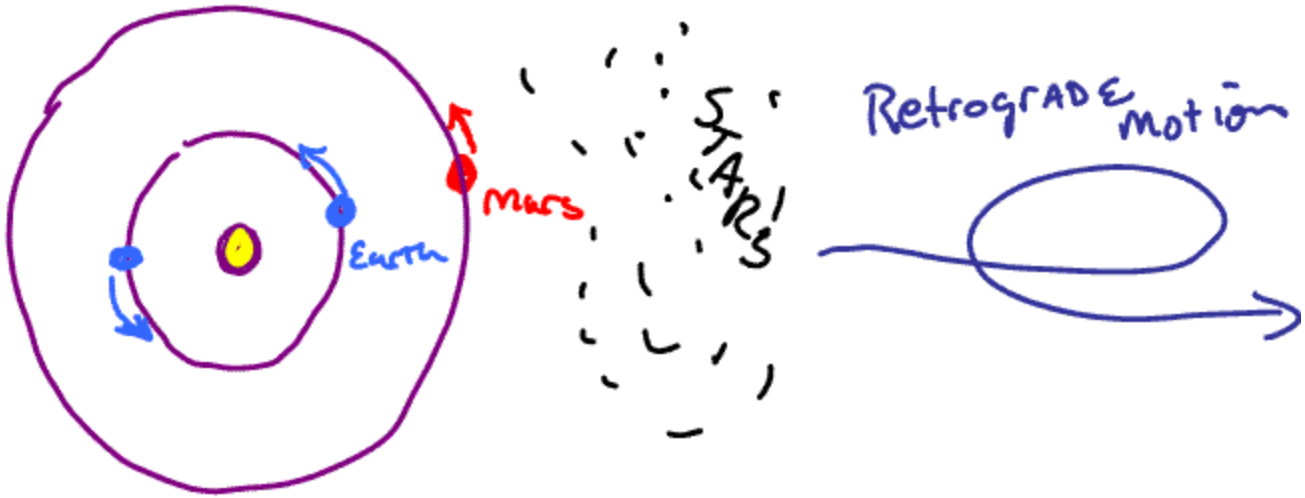
Move from inner space to outer space

Pythagorian theory

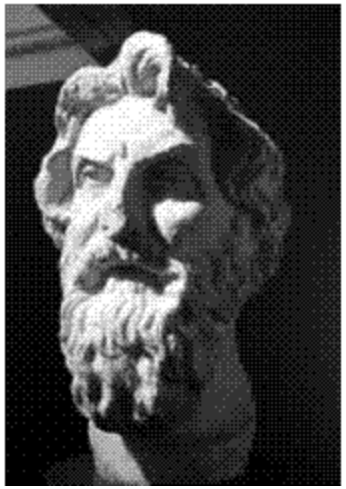
Early Greek view of the universe



Pythagoras of Samos ~500BC



Plato ~400 BC ~ Multiple spheres

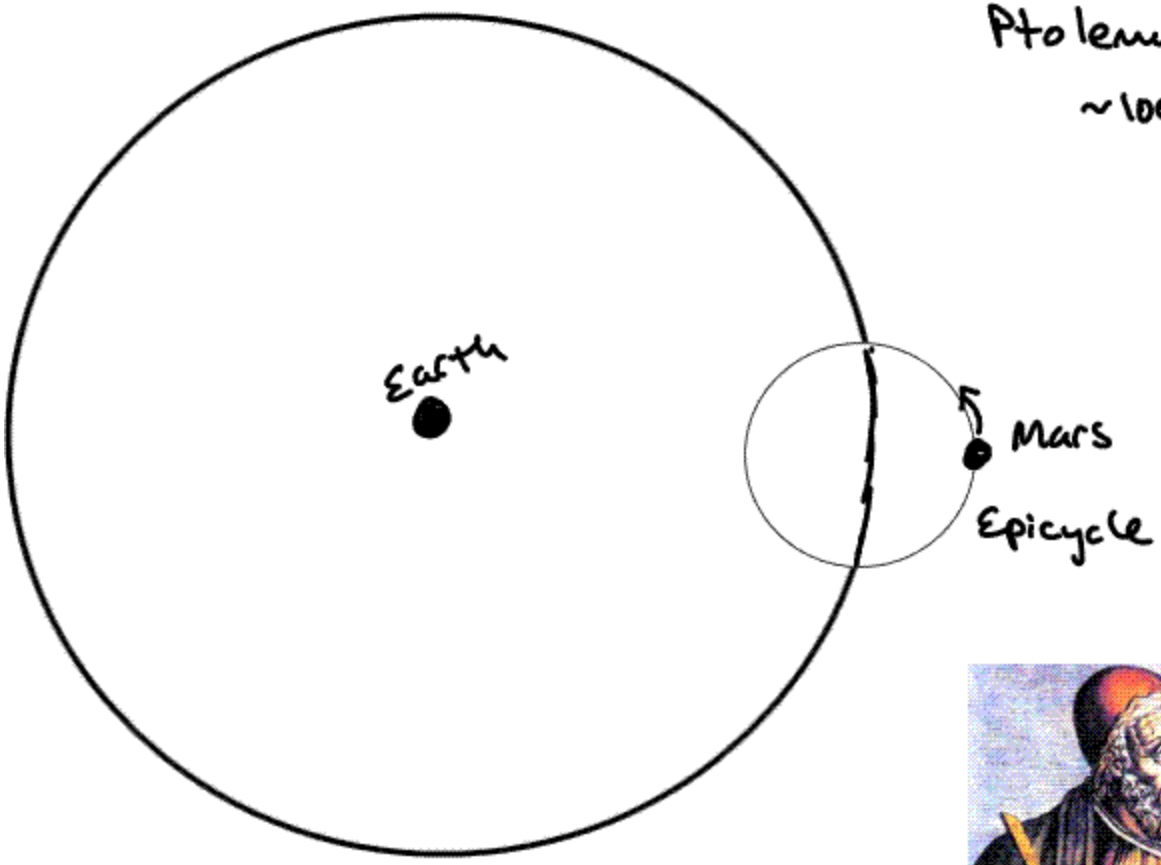


Aristarchus ~310 - 230 BC
(Greek)

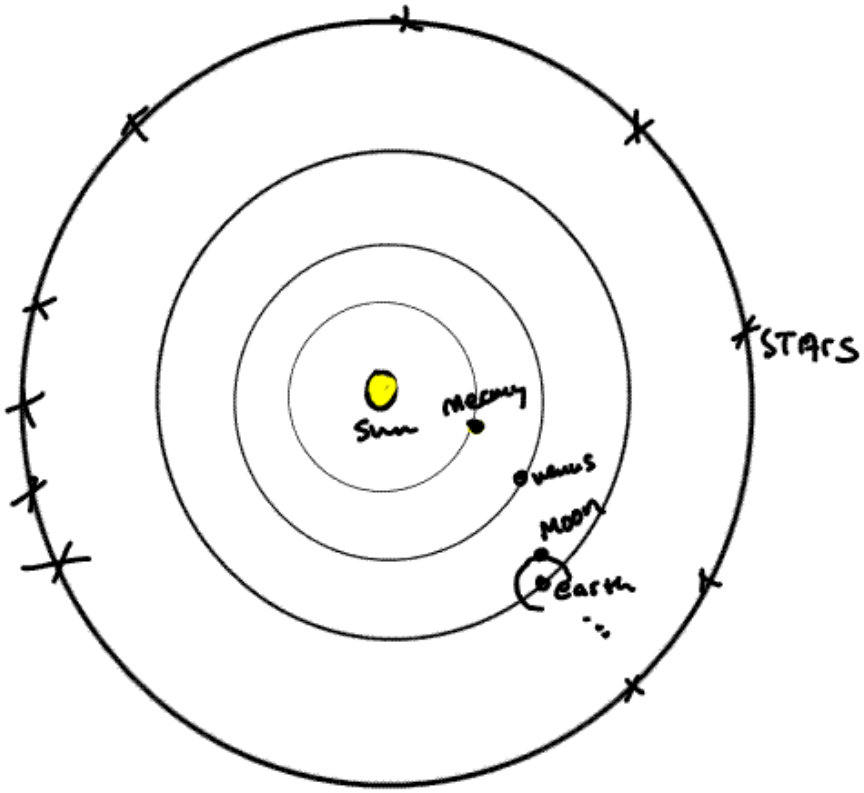
Proposed sun-centered universe
→ rejected

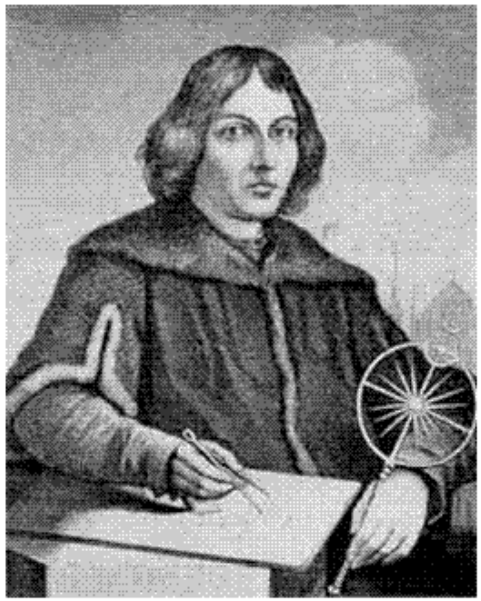
Ptolemy

~100 AD



Sun Centered universe



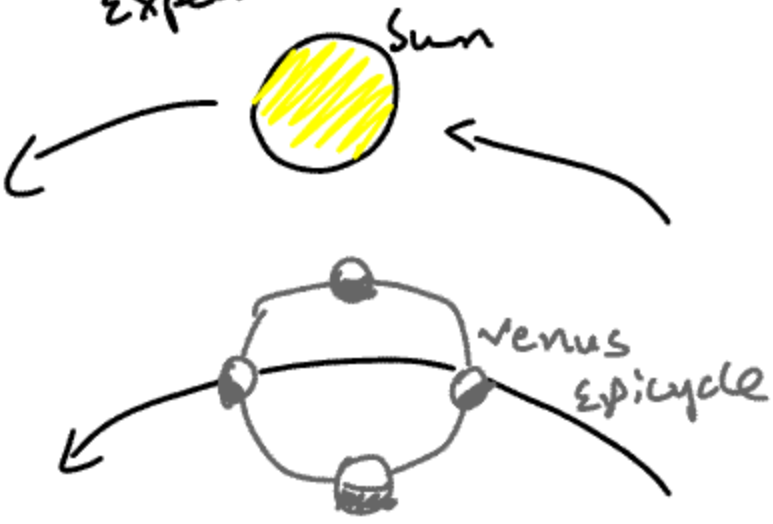


Nicolaus Copernicus
1473-1543
(Poland)

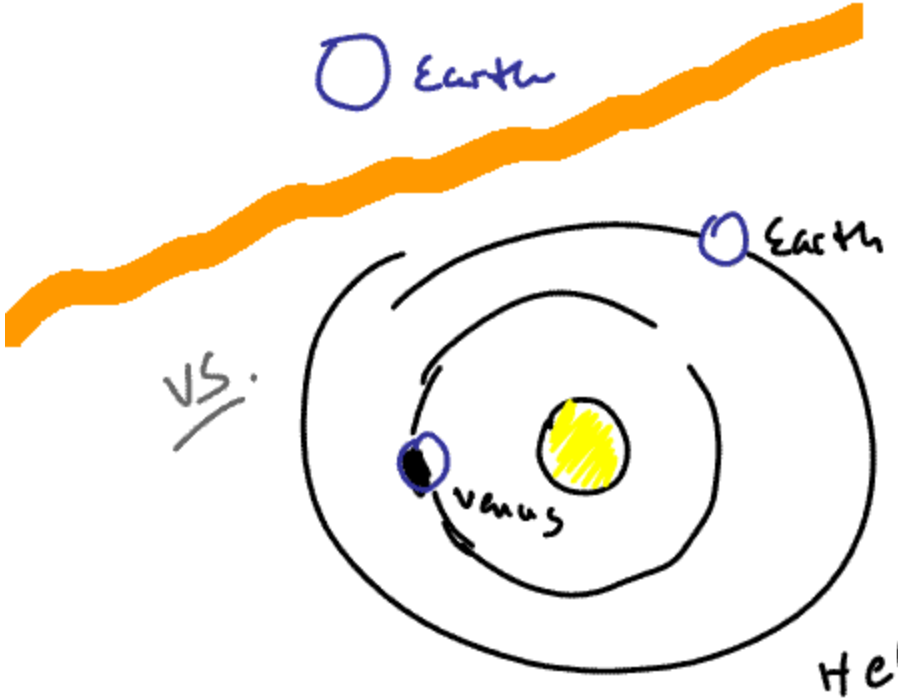
On the Revolutions of the Heavenly Spheres

Please read "The Copernican Myths"
in Reserve reading on Blackboard

Ptolemy Expectation



Galileo Galilei
(1564 - 1642)



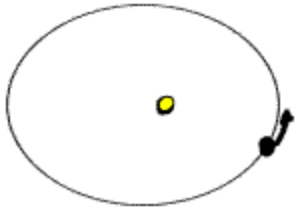
Observed phases of venus

Heliocentric expectation

Brahe's data did NOT fit perfectly with Copernicus' theory

Tycho Brahe
1546 - 1601
(Dane)
careful observations
of positions
of sun, moon, planets

Johannes Kepler
1571 - 1630
(German)



⇒ Elliptical orbits
fits the data!

Determined 3 laws
that mathematically
describe orbits seen —
relate periods, areas, axes ....

Sir Isaac Newton
1643–1727
(England)

universal law of gravitation

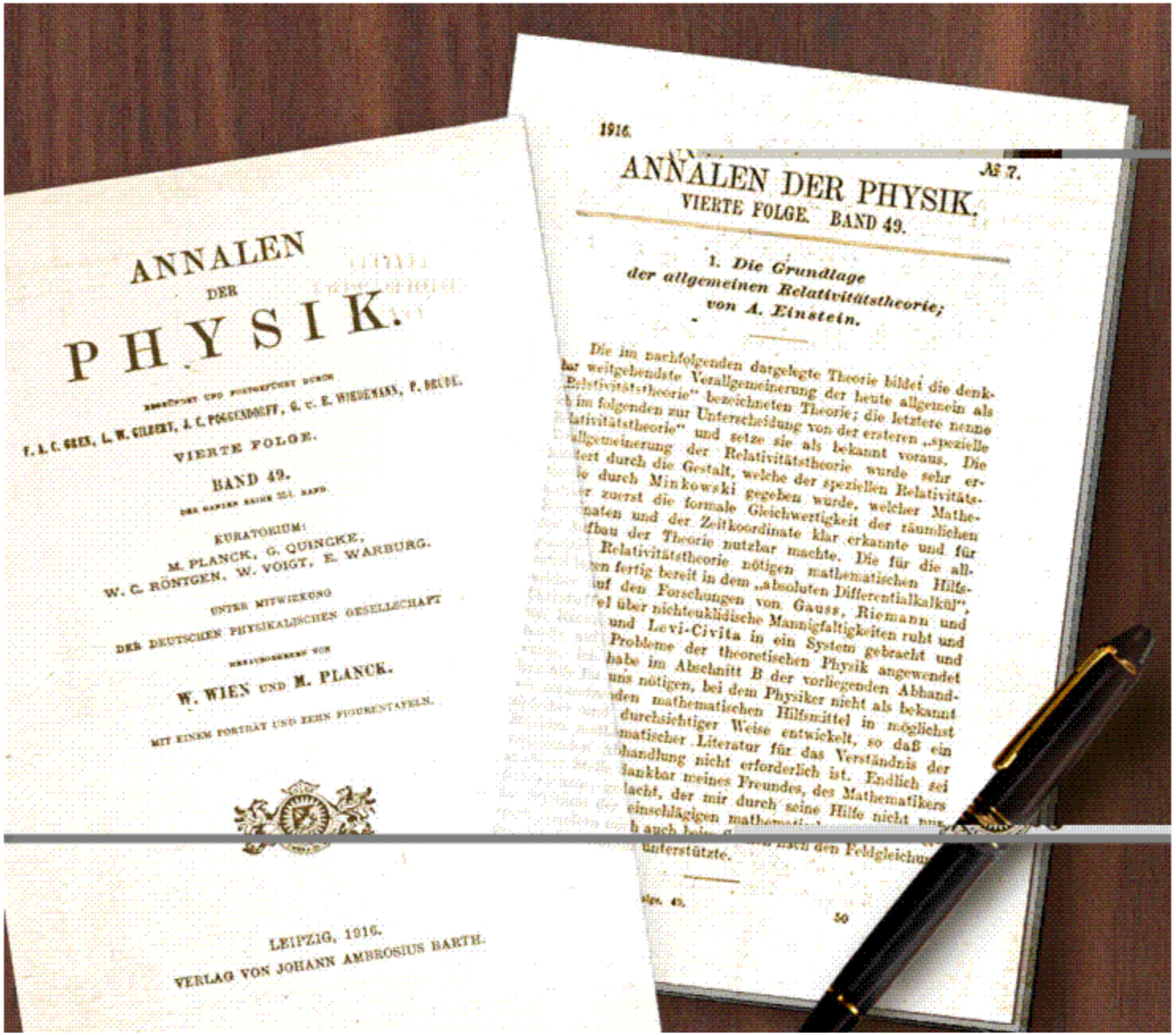
$$F = G\frac{M_1 M_2}{r^2}$$

+

Laws of Motion

$\Rightarrow$ derived Kepler's
3 laws of planetary motion

The Theory of General Relativity – Einstein 1916



ANNALEN
DER
PHYSIK.

BEGRÜNDET UND FORTGeführt DURCH
F. A. C. GREN, L. W. GILBERT, J. C. POGGENDORFF, G. C. E. WIEDEMANN, P. DRUDE.

VIERTE FOLGE.

BAND 49.

DER GANZEN REIHE 354. BAND.

KURATORIUM:
M. PLANCK, G. QUINCKE,
W. C. RÖNTGEN, W. VOIGT, E. WARBURG.

UNTER MITWIRKUNG
DER DEUTSCHEN PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT

HERAUSGEGEBEN VON
W. WIEN UND M. PLANCK.

MIT EINEM PORTRÄT UND ZEHN FIGURENTAFELN.

LEIPZIG, 1916.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

1916. № 7.

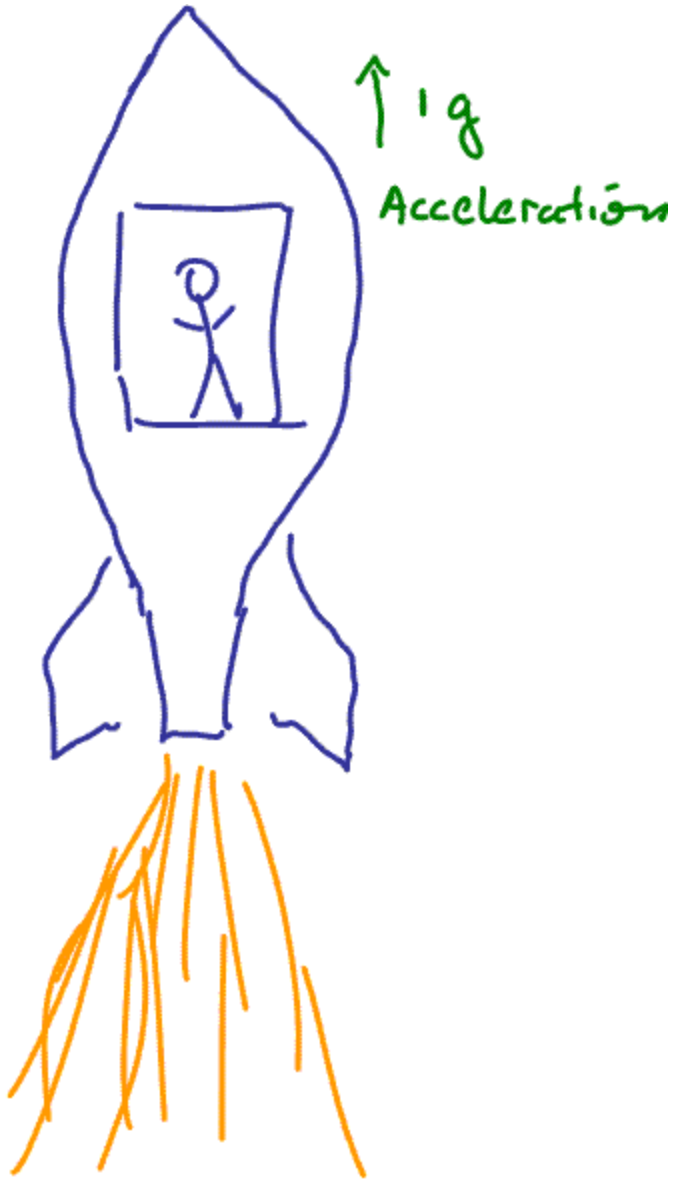
ANNALEN DER PHYSIK.
VIERTE FOLGE. BAND 49.

1. *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie;*
von A. Einstein.

Die im nachfolgenden dargelegte Theorie bildet die denk-
bar weitgehendste Verallgemeinerung der heute allgemein als
„Relativitätstheorie" bezeichneten Theorie; die letztere nenne
ich im folgenden zur Unterscheidung von der ersteren „spezielle
Relativitätstheorie" und setze sie als bekannt voraus. Die
Verallgemeinerung der Relativitätstheorie wurde sehr er-
leichtert durch die Gestalt, welche der speziellen Relativitäts-
theorie durch Minkowski gegeben wurde, welcher Mathe-
matiker zuerst die formale Gleichwertigkeit der räumlichen
Koordinaten und der Zeitkoordinate klar erkannte und für
den Aufbau der Theorie nutzbar machte. Die für die all-
gemeine Relativitätstheorie nötigen mathematischen Hilfs-
mittel waren fertig bereit in dem „absoluten Differentialkalkül",
welcher auf den Forschungen von Gauss, Riemann und
Christoffel über nichteuklidische Mannigfaltigkeiten ruht und
durch Levi-Civita in ein System gebracht und
Probleme der theoretischen Physik angewendet
habe im Abschnitt B der vorliegenden Abhand-
lung nötigen, bei dem Physiker nicht als bekannt
den mathematischen Hilfsmittel in möglichst
durchsichtiger Weise entwickelt, so daß ein
matischer Literatur für das Verständnis der
handlung nicht erforderlich ist. Endlich sei
dankbar meines Freundes, des Mathematikers
lacht, der mir durch seine Hilfe nicht nur
einschlägigen mathem
unterstützte.

49

vs



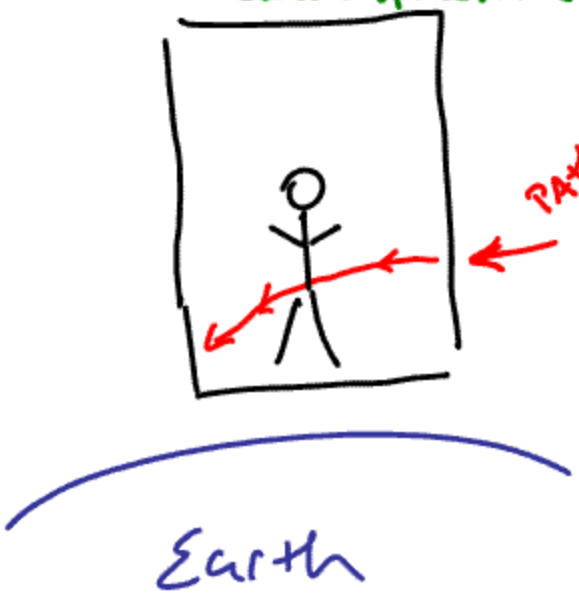
accelerated reference frames

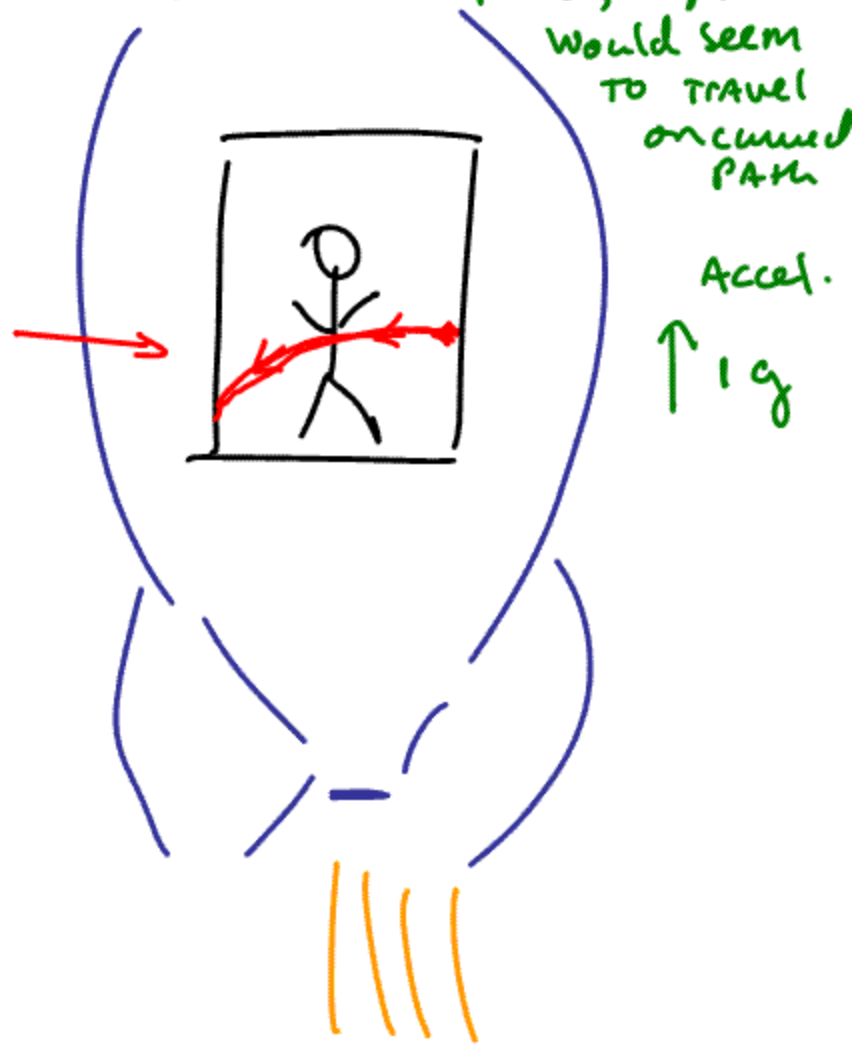
|||

gravitational field

If you are in a closed box —
you can't tell if you are at rest on earth's surface or accelerating in a rocket at 1g.

Equivalence of gravity means grav. field must curve spacetime $\Leftarrow$ In accelerated rocket ship case, light would seem to travel on curved path



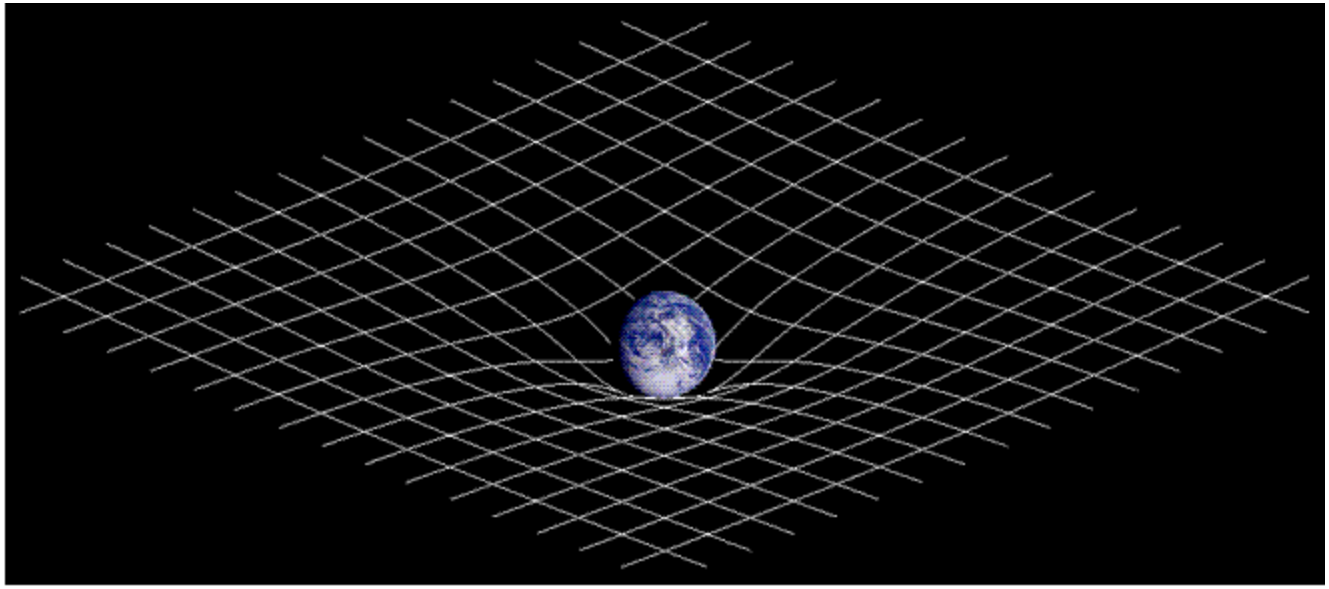


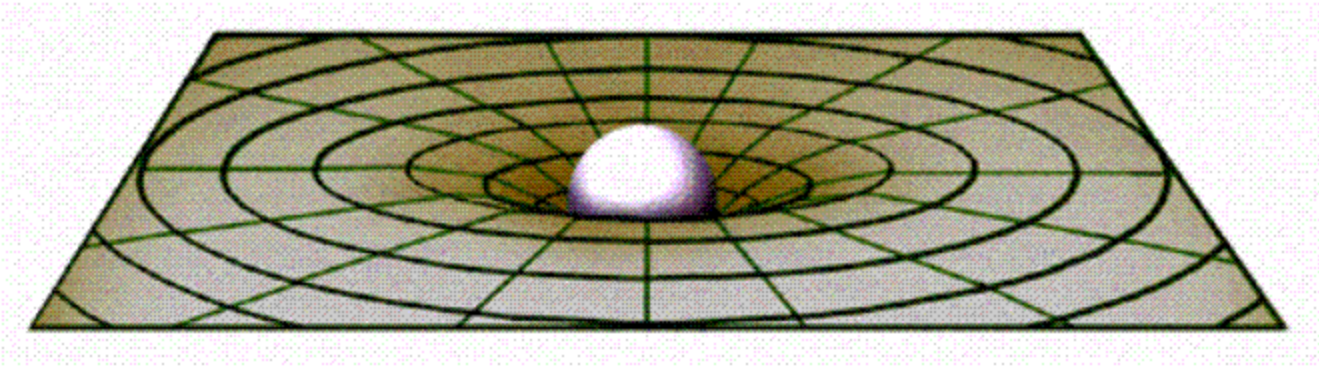
grav $\equiv$ Accel. frame

light moves on a geodesic

Shortest dist. between two points

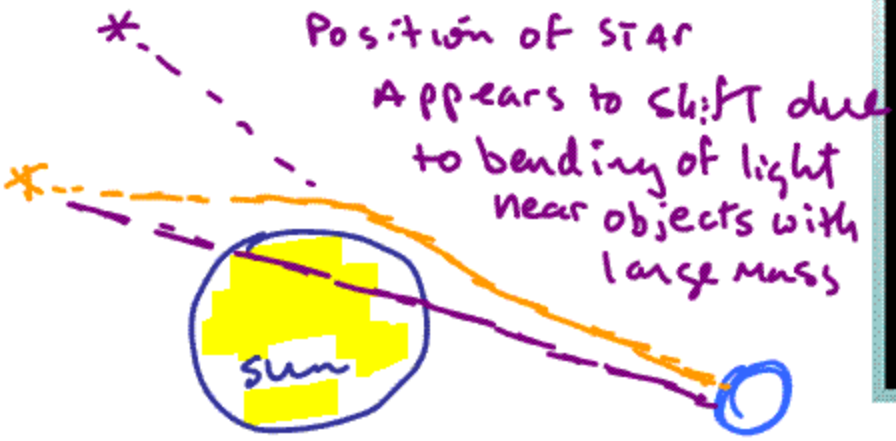
So, Einstein interprets gravitation as a curvature of spacetime

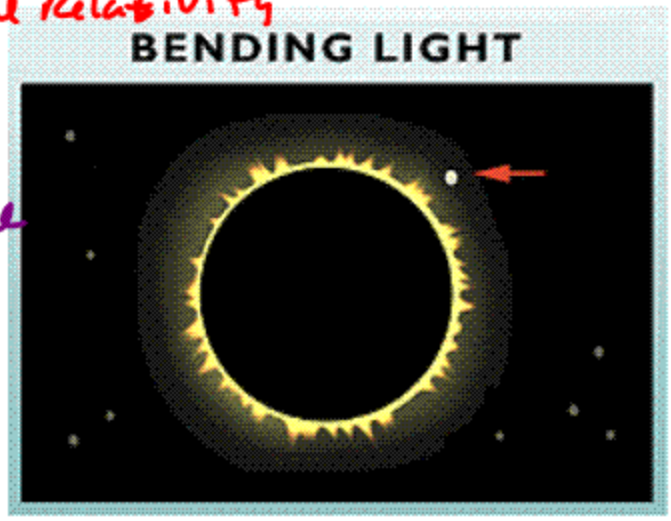




Imagine that mass causes curvature / depression in the fabric of spacetime ... is it true??

Experimental evidence supporting General Relativity





Gravitational Lensing