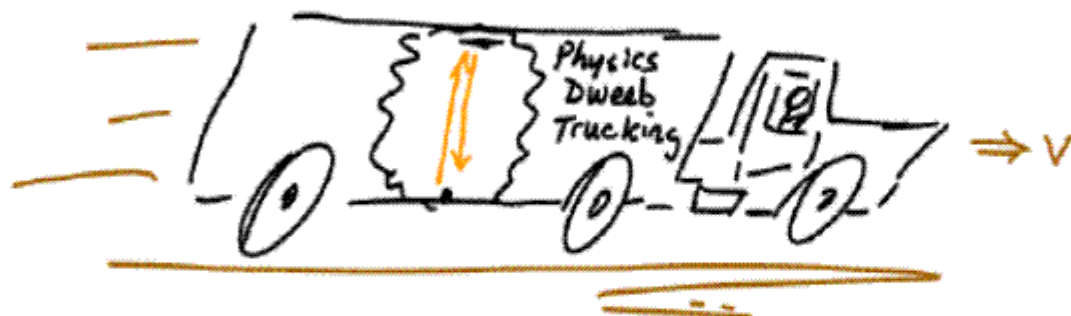


Physics 100 - September 19, 2007

LAST TIME

Speed of light CONSTANT (SAME)
For all observers

Physics invariant



Observer on truck



observer on ground



FRAME of Reference

Across all
inertial
frames
of
Reference

Non
Accelerating

Speed of light invariant
distance light travels depends on point of view

⇒ light travel times differ → Time is relative

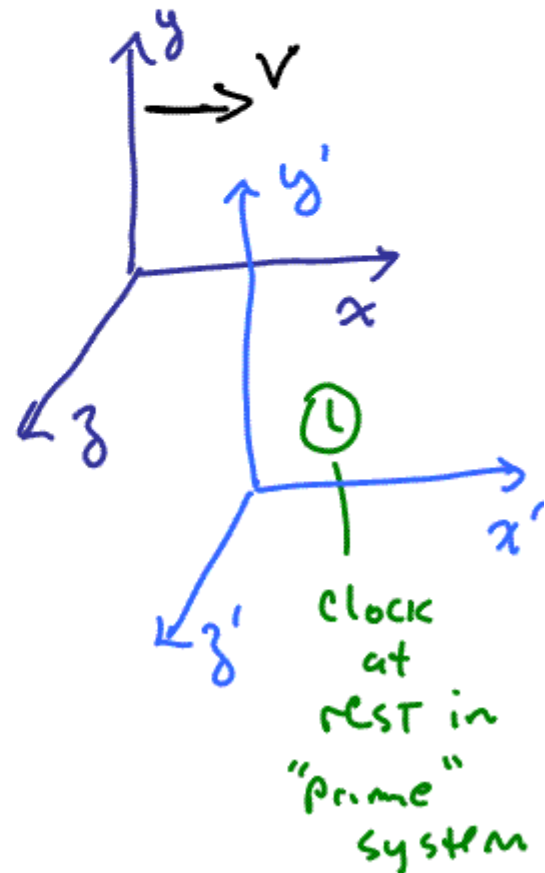
Relativistic time dilation

$$T_{sally} = \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \right] T_{sam}$$

$$\equiv \gamma$$

$$\gamma > 1$$

$$\Delta t = \gamma \Delta t'$$



$$\Delta t = \gamma \Delta t'$$

Time dilation

Time is shortest in the frame of reference where the "event" is at rest

Proper Time

"Proper" Frame

$$\Delta x' = \gamma \Delta x$$

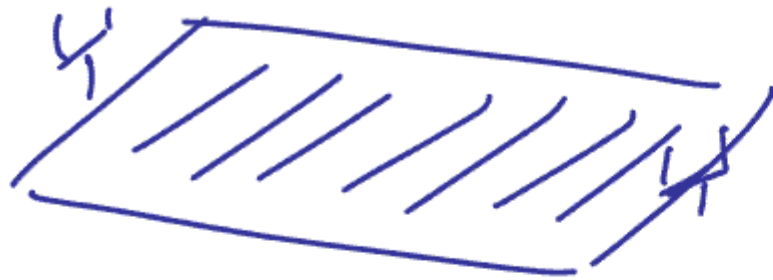


Proper frame
Proper Length

Length Contraction

Length is longest in frame of Reference where object is at rest

 $v = 0.98c$



$$\Delta x = \gamma \Delta x''$$

100 yds

length cont.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.98c}{c}\right)^2}} \approx 5$$

How long is football field as meas. by aliens in spacecraft?

in rest frame of field

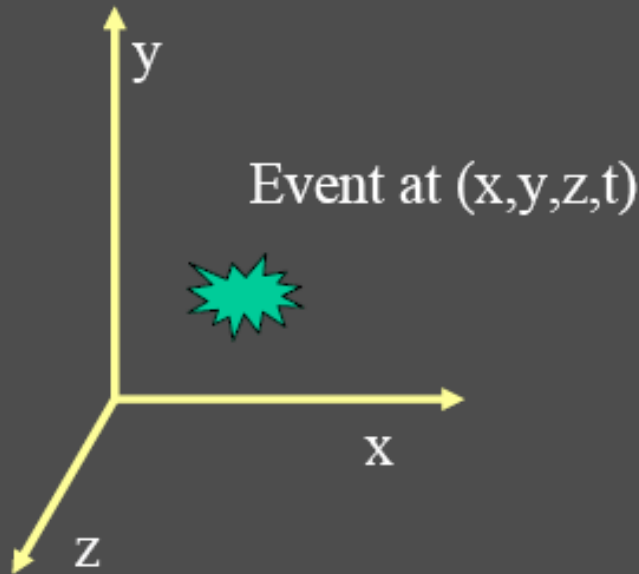
proper frame

$\hookrightarrow \Delta x$

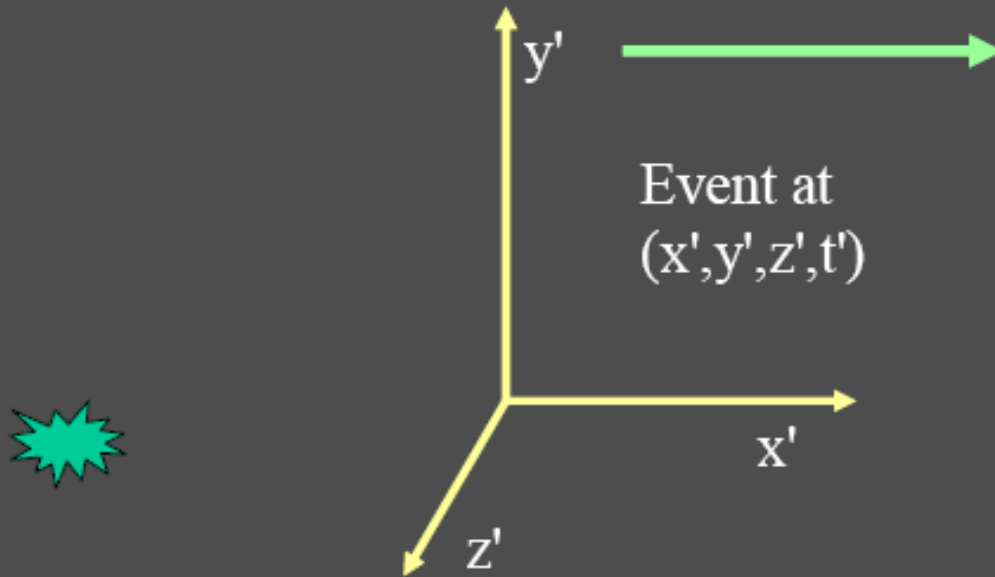
$\Delta x''$ frame Aliens

Aliens see football field as 20 yds long

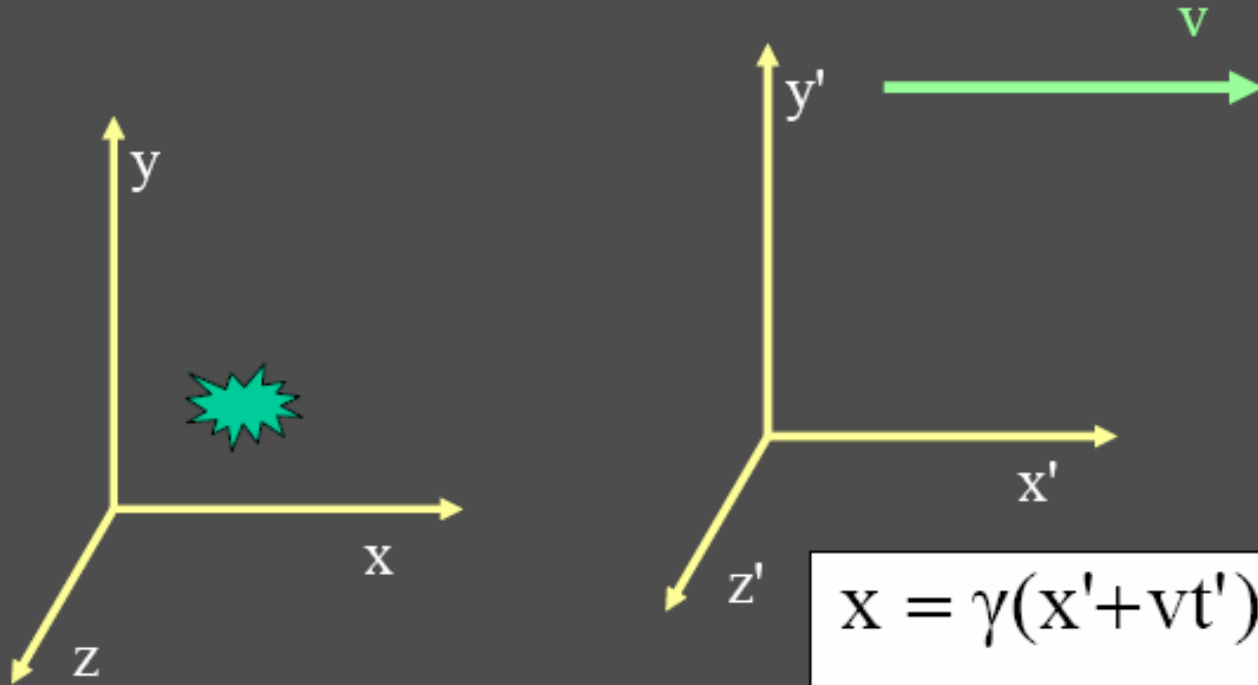
Lorentz transformations



Lorentz transformations



Lorentz transformations



How are (x,y,z,t) related to (x',y',z',t') ?

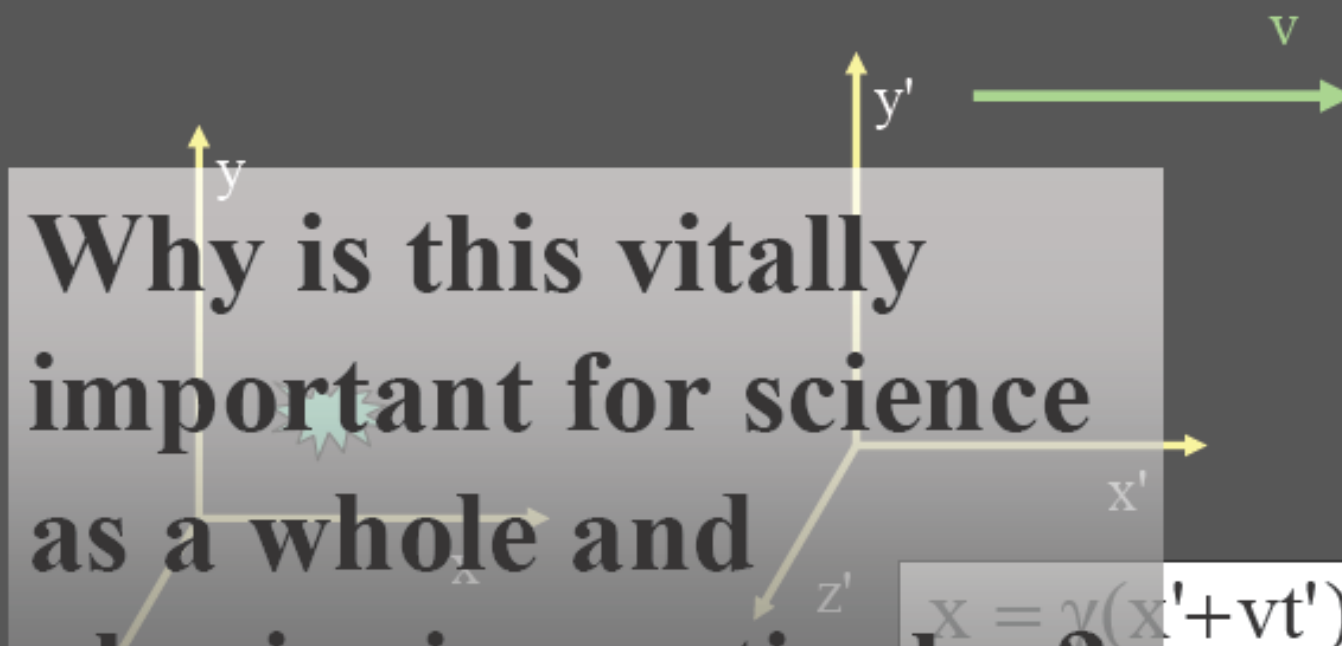
$$x = \gamma(x' + vt')$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$t = \gamma\left(t' + v \frac{x'}{c^2}\right)$$

Lorentz transformations



Why is this vitally important for science as a whole and physics in particular?

How are (x, y, z, t) related to (x', y', z', t') ?

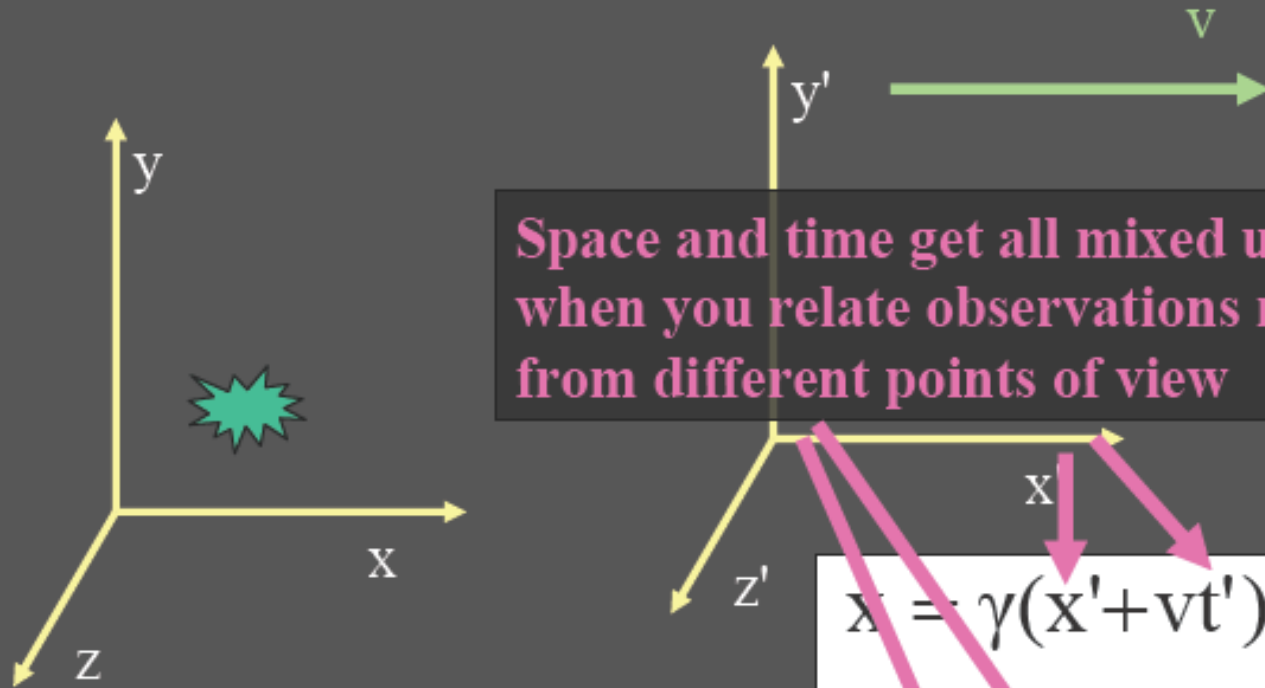
$$x = \gamma(x' + vt')$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

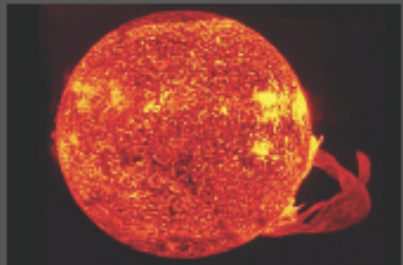
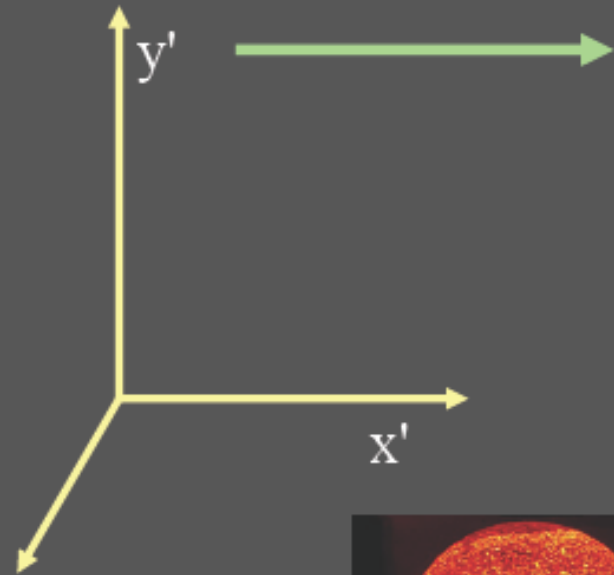
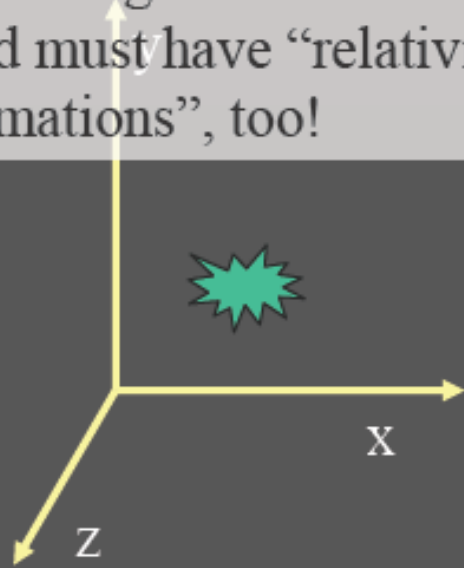
$$t = \gamma\left(t' + v \frac{x'}{c^2}\right)$$

Lorentz transformations



Spacetime

All other things that can be observed must have “relativistic transformations”, too!



$$x = \gamma(x' + vt')$$
$$y = y'$$
$$z = z'$$
$$t = \gamma\left(t' + v \frac{x'}{c^2}\right)$$

$$p = mv$$

$$E = mc^2$$

ANNALEN DER PHYSIK.

HERAUSGEGEBEN VON
F. A. G. OERSTEDT, L. W. GILBERT, J. C. POGENDORFF, S. UND E. WIEDEMANN.

VIERTE FOLGE.

BAND 17.

DES GANZEN SECHS THEILE.

HERAUSGEGEBEN VON

F. KOHLRAUSCH, M. PLANCK, G. QUINCKE,
W. C. RÖNTGEN, E. WARMBURG.

UNTER MITWIRKUNG

DER DEUTSCHEN PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT

UND UNTERSTÜTZUNG VON

M. PLANCK

HERAUSGEGEBEN VON

PAUL DRUDE.

MIT FÜNF TAFELN.



LEIPZIG, 1905.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

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

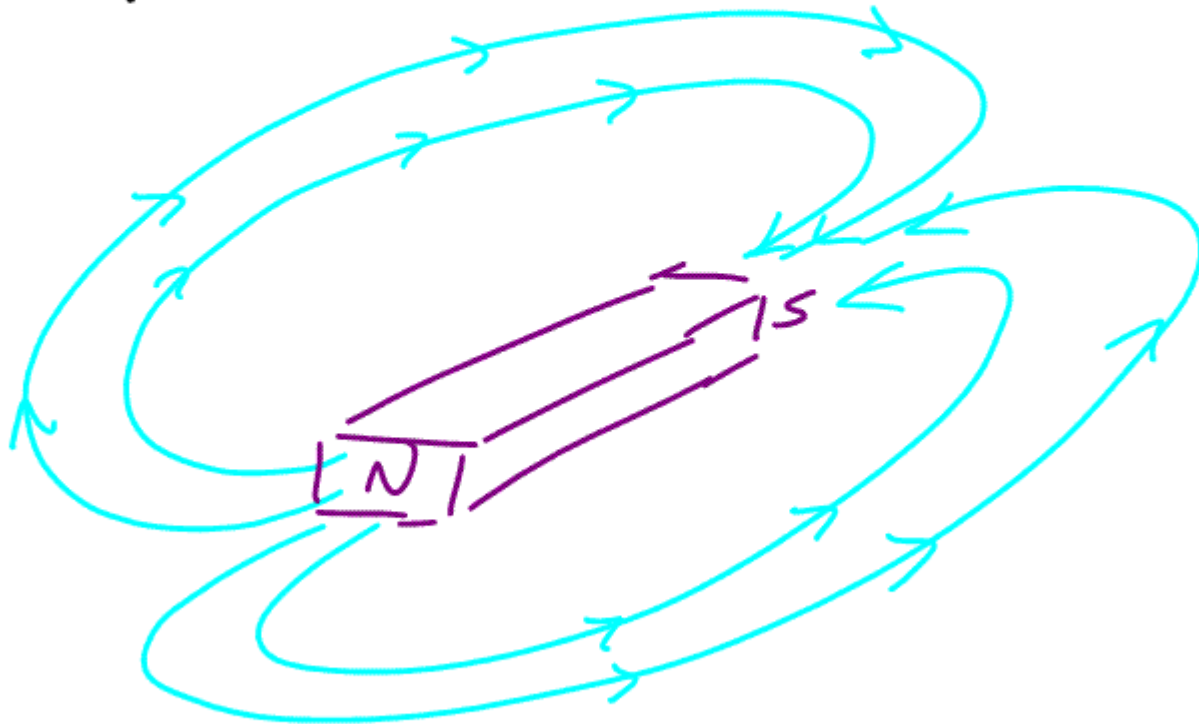
Daß die Elektrodynamik Maxwells — wie dieselbe gegenwärtig aufgefaßt zu werden pflegt — in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhängen scheinen, ist bekannt. Man denke z. B. an die elektrodynamische Wechselwirkung zwischen einem Magneten und einem Leiter. 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 Energieerhalte, 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 zu sich keine Energie entspricht, die aber — Gleiches aber vorausgesetzt — zu elektrischen Strömen von derselben Stärke und demselben Verlaufe Veranlassung gibt, wie im ersten die elektrischen Kräfte.

Beispiele ähnlicher Art, sowie die misslungenen Versuche eine Bewegung der Erde relativ zum „Lichtmedium“ zu konstatieren, führen zu der Vermutung, daß dem Begriffe der absoluten Ruhe nicht nur in der Mechanik, sondern auch in der Elektrodynamik keine Eigenschaften der Erscheinungen entsprechen, sondern daß vielmehr für alle Koordinatensysteme, für welche die mechanischen Gleichungen gelten, auch die gleichen elektrodynamischen und optischen Gesetze gelten, wie dies für die Größen erster Ordnung bereits erwiesen ist. Wir nennen diese Vermutung (deren Inhalt im folgenden „Prinzip der Relativität“ genannt werden wird) zur Voraussetzung erhoben und außerdem die mit ihm nur scheinbar unverträgliche

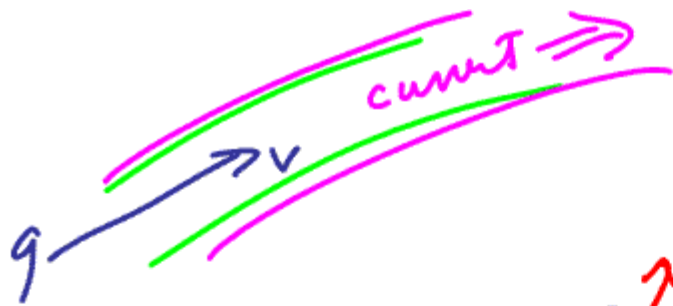
Magnetic field

Concept very similar to electric field concept

Condition in space that would cause small magnet to become oriented (Think compass)



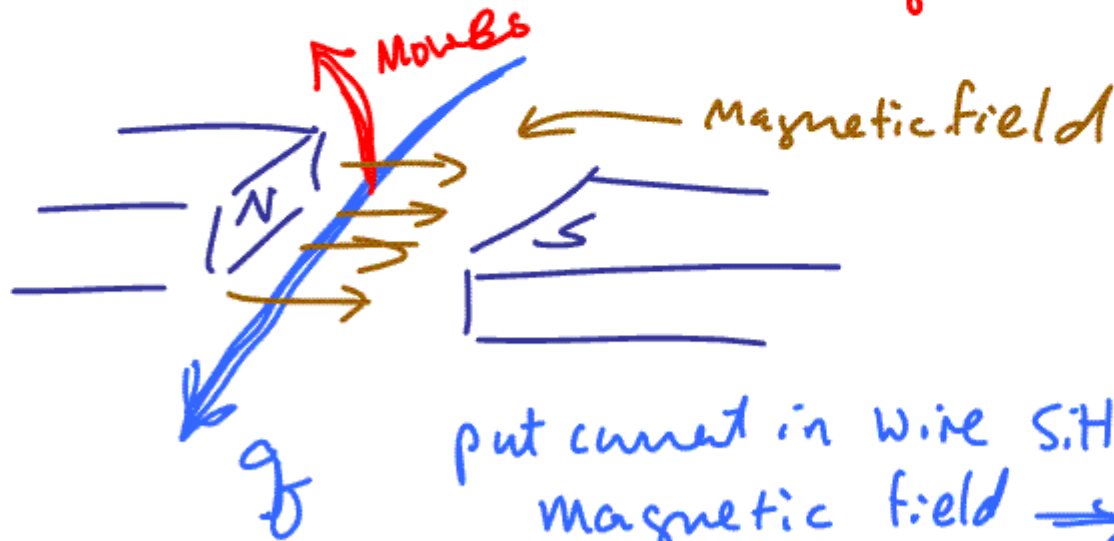
There is an intimate relationship between electric + magnetic fields,



electric current
 → Moving charge
 causes compass
 to move



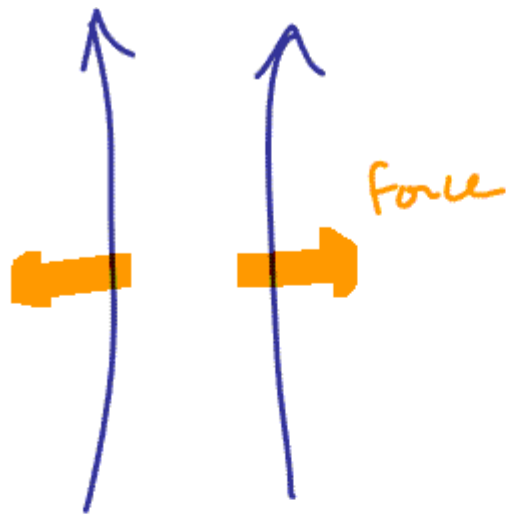
moving electric charge creates
 a magnetic field



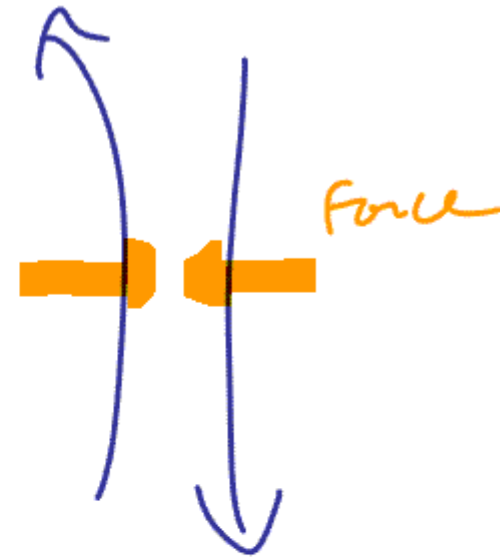
put current in wire sitting in
 magnetic field → it moves!



magnetic field exerts force on moving charge!



two currents



two currents

Force between two currents due to magnetic force.

Q

q

observer



force between
STATIC charges
→ electric



Now observer runs by

To observer NOW
charges look like they
are moving
(currents)

force now seen to
be magnetic (at least
in part)

What we perceive as electric or magnetic field
is relative!