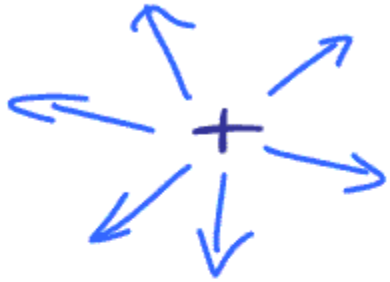
Physics 100 - February 2, 2009

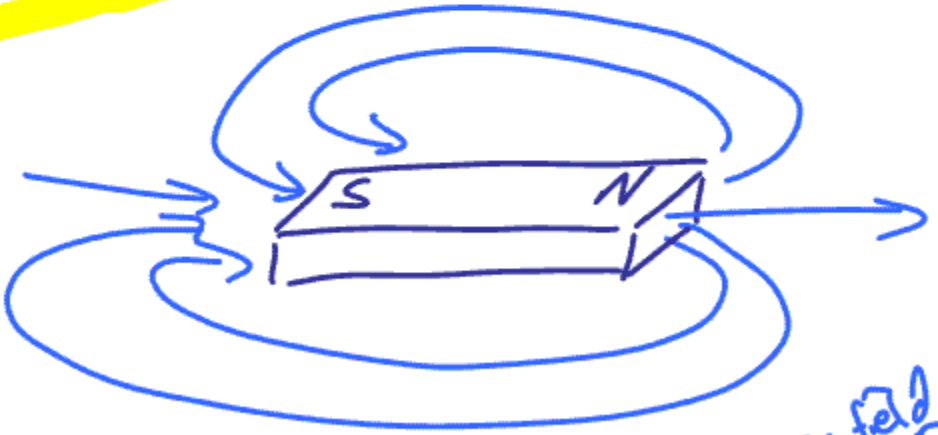
Last Time



Electric Field

Electric Force

Magnetic Force



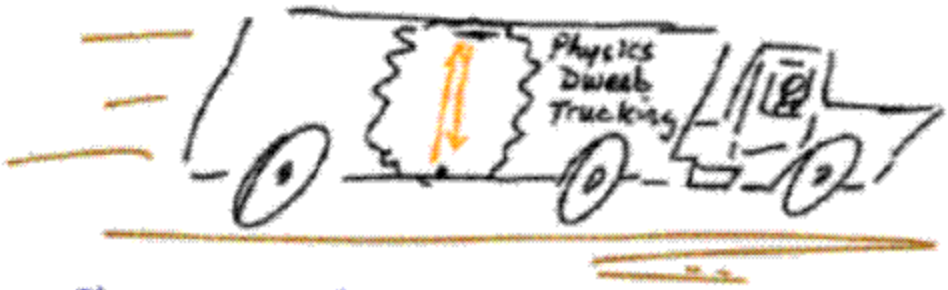
Magnetic Field

Show Java Applets ⇒ See electric field and Magnetic Field Applets on class website

Speed of light CONSTANT (SAME)
For all observers

Physics invariant

Last Time



Across all inertial FRAMES of Reference

Observer on truck

observer on ground

FRAME of Reference

non Accelerating

Speed of light INVARIANT

DISTANCE light travels depends on point of view

⇒ light travel times differ → Time is relative

$$T_{ground} = T_{Truck} \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} \qquad \gamma \geq 1$$

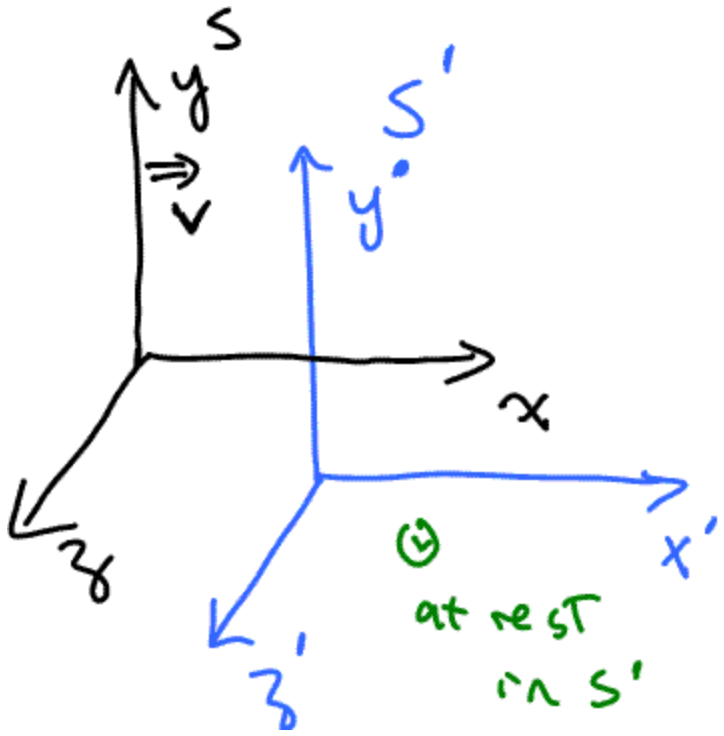
γ

one Special Frame of Reference
→ event happens at rest
(Truck frame)

Proper frame of Reference

In proper frame → Time is shortest

other frames Time "dilated"

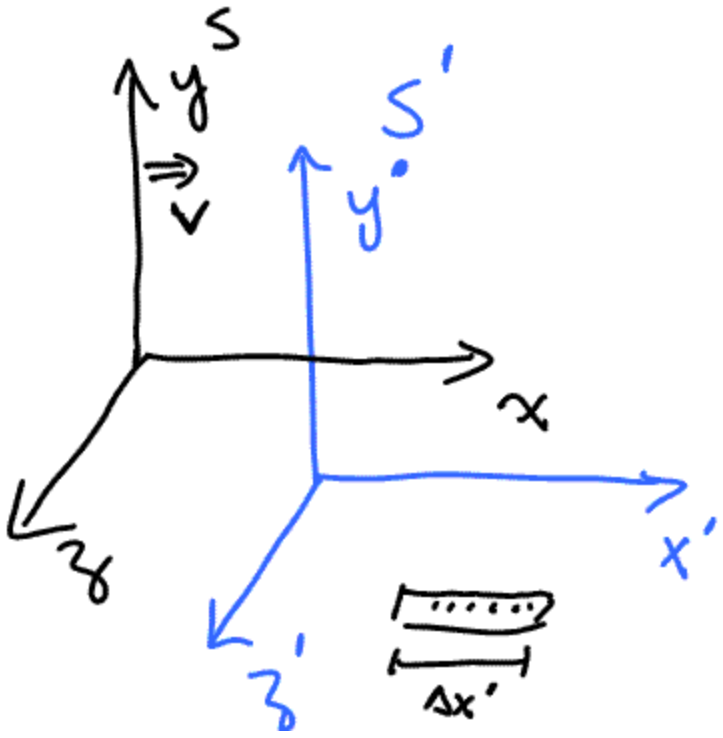


$t = \gamma t'$

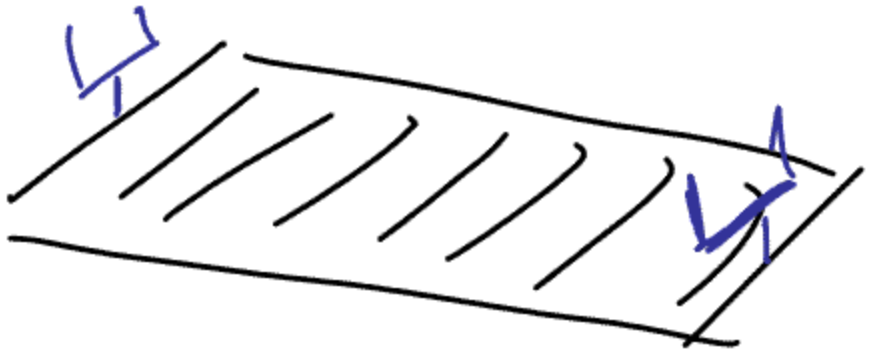
Length contraction

(only in direction of relative motion)

$$\Delta x = \frac{\Delta x'}{\gamma}$$



$v = 0.98c$



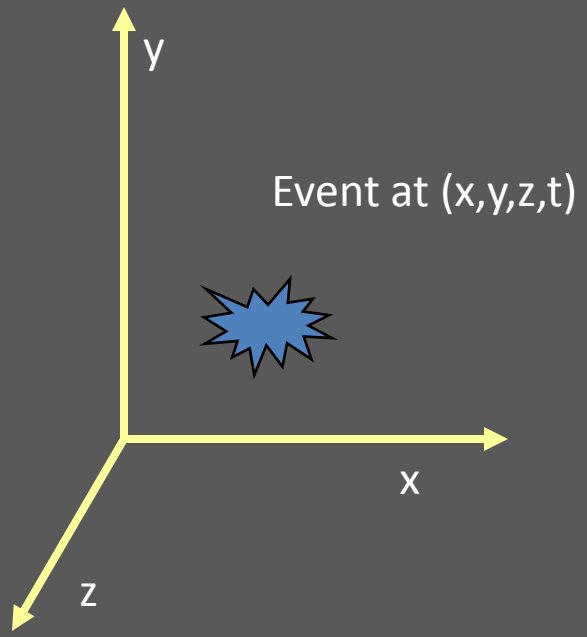
How long is the football field to observers in spacecraft

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{.98c}{c}\right)^2}} \cong 5$$

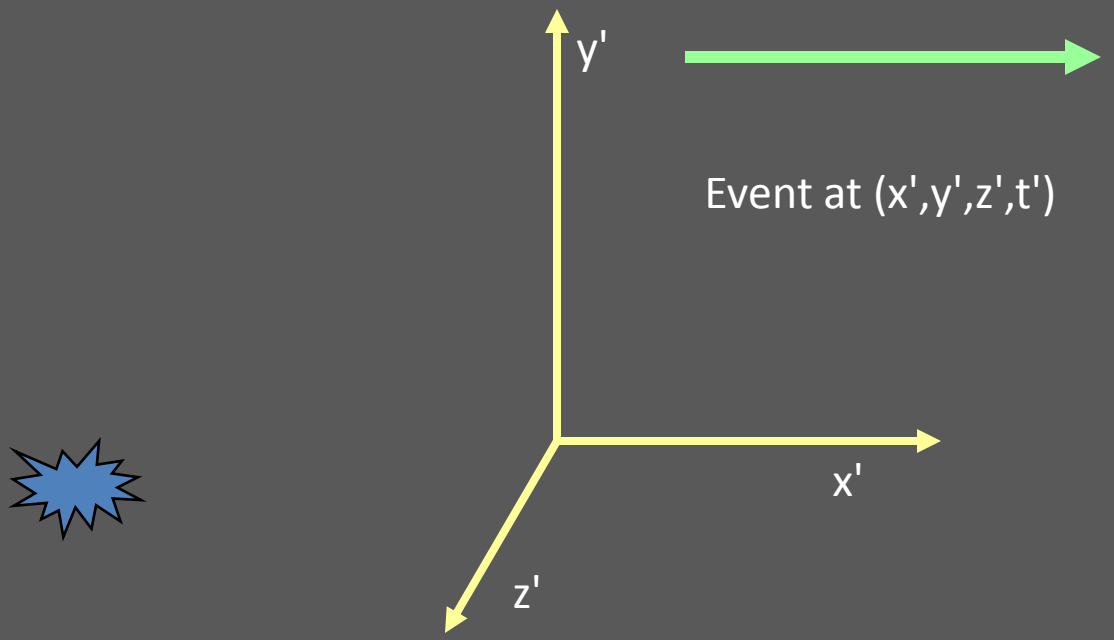
$$\left(\text{Football field length}\right)_{\text{space ship}} = \frac{100 \text{ yds}}{\gamma}$$

$$= 20 \text{ yds}$$

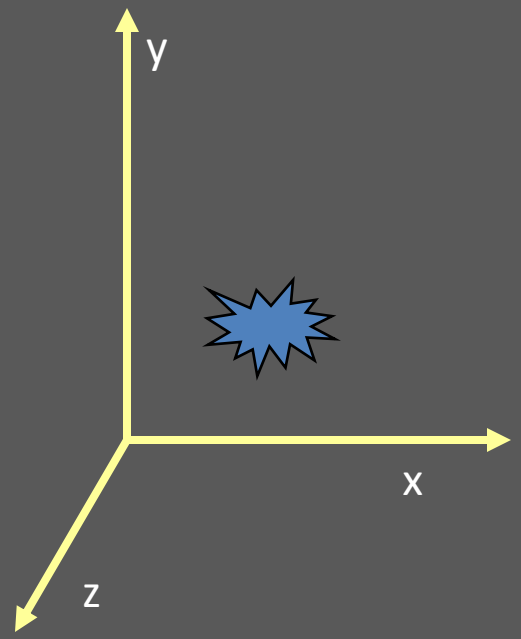
Lorentz transformations

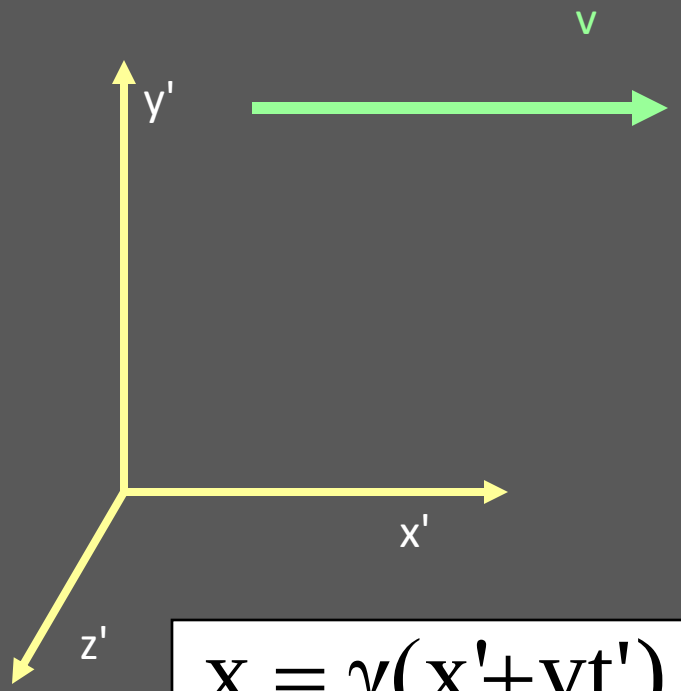


Lorentz transformations



Lorentz transformations





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

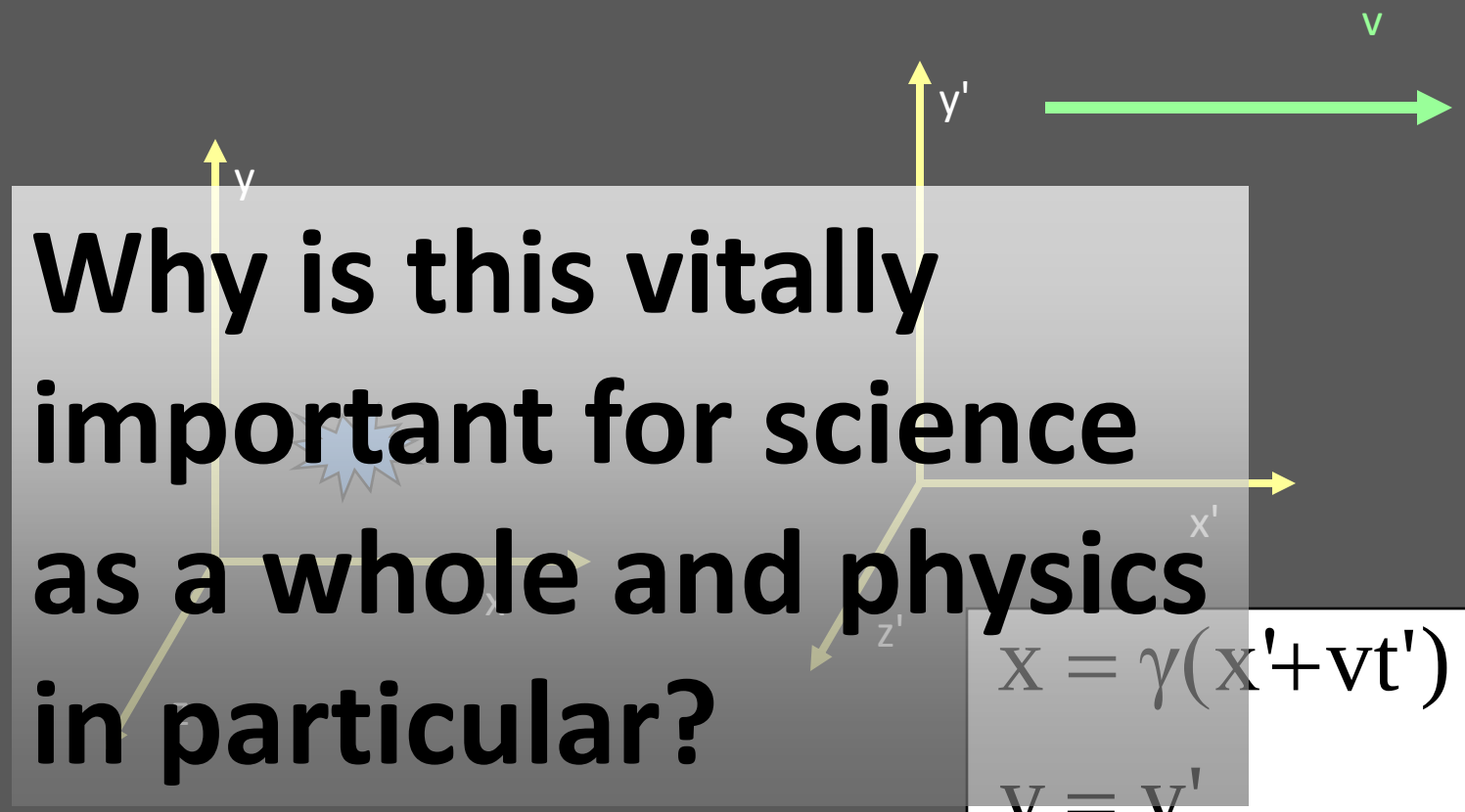
$$x = \gamma(x' + vt')$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

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

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')?

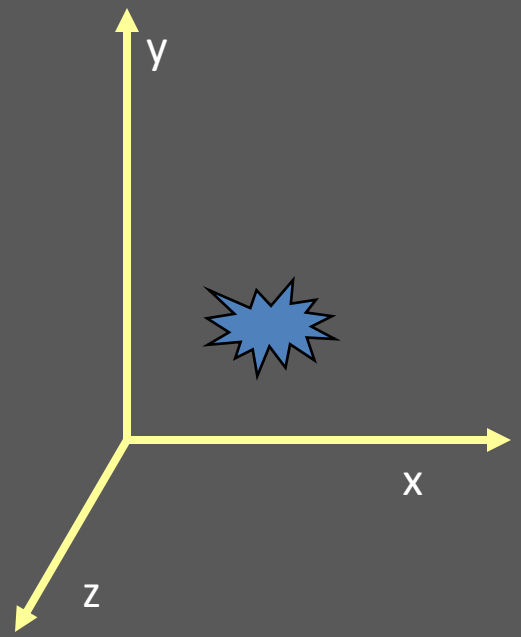
$$x = \gamma(x'+vt')$$

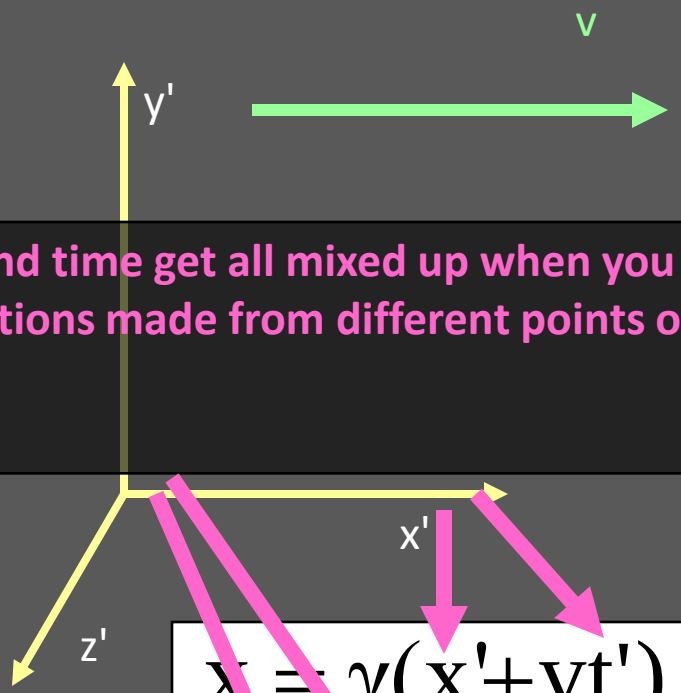
$$y = y'$$

$$z = z'$$

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

Lorentz transformations





Space and time get all mixed up when you relate observations made from different points of view

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

Spacetime

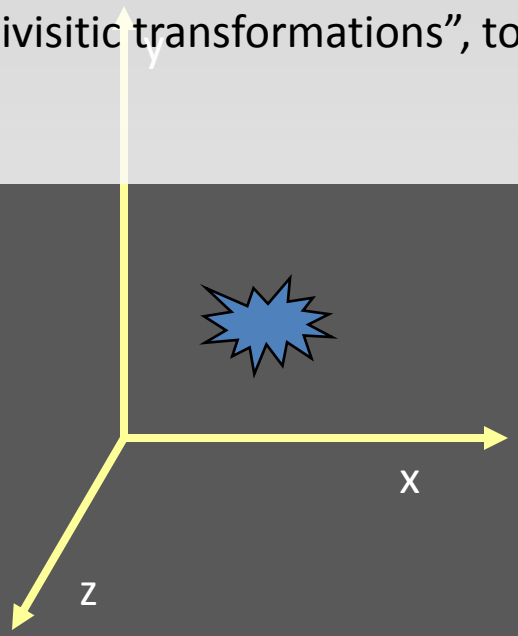
$$x = \gamma(x'+vt')$$

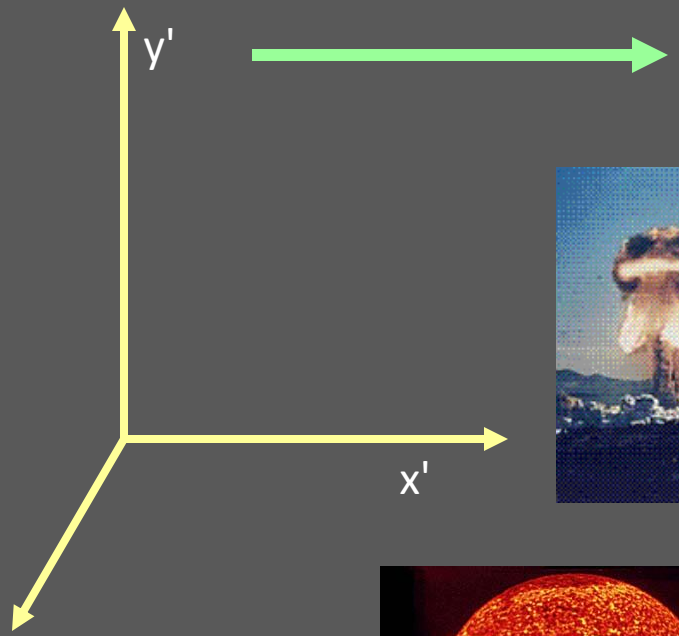
$$y = y'$$

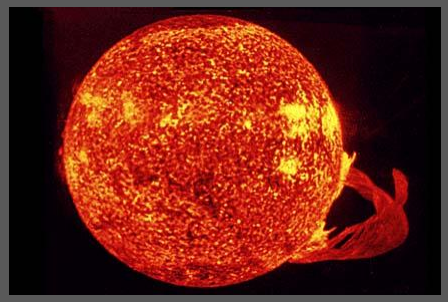
$$z = z'$$

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

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







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

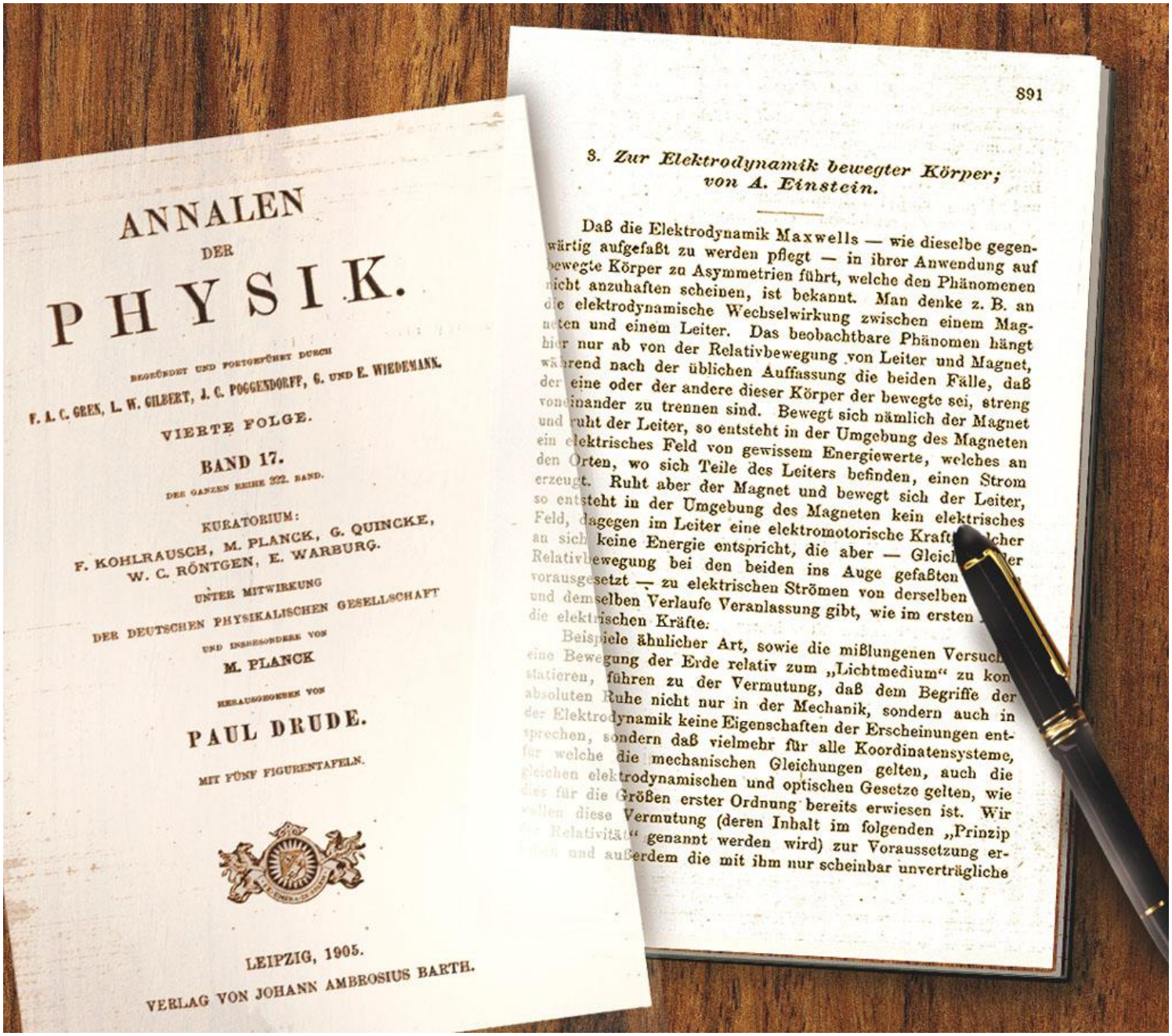
$$y = y'$$

$$z = z'$$

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

$$p = mv$$

$$\mathbf{E=mc^2}$$



ANNALEN
DER
PHYSIK.

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

VIERTE FOLGE.

BAND 17.

DER GANZEN REIHE 322. BAND.

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

UNTER MITWIRKUNG
DER DEUTSCHEN PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT
UND INSBESONDERE VON
M. PLANCK

HERAUSGEGEBEN VON
PAUL DRUDE.

MIT FÜNF FIGURENTAFELN.

LEIPZIG, 1905.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

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

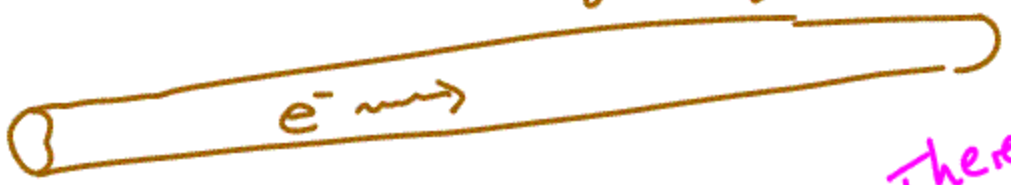
Daß die Elektrodynamik Maxwells — wie dieselbe gegenwärtig aufgefaßt zu werden pflegt — in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhaften scheinen, ist bekannt. Man denke z. B. an die elektrodynamische Wechselwirkung zwischen einem Magneten und einem Leiter. 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 [illegible] vorausgesetzt — zu elektrischen Strömen von derselben [illegible] und demselben Verlaufe Veranlassung gibt, wie im ersten [illegible] 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 wollen diese Vermutung (deren Inhalt im folgenden „Prinzip der Relativität“ genannt werden wird) zur Voraussetzung erheben und außerdem die mit ihm nur scheinbar unverträgliche

Okay – How is it that Einstein thought relativity had something to do with Electricity + Magnetism?

His 1905 paper introducing relativity was entitled "on the Electrodynamics of moving Bodies"

Electric "current" is moving charge



There is a magnetic Field created by an electric current

A bar magnet or compass needle near an electric current will move!

Q charge at rest

observer at rest
sees electric field + No
Magnetic field

Now suppose observer runs fast from left to right past charge. Observer percieves charge to zip past from right to left

moving charge → current

observer sees a magnetic field

So there is an intimate relationship between electric + magnetic fields and they get "mixed up" when point of view changes!