

## Letzte Stunde

- Keplersche Gesetze
  - 2. Keplersches Gesetz ist durch die Drehimpulserhaltung begründet
  - 3. Keplersches Gesetz folgt aus dem actio-reactio Prinzip
- Gravitationskraft  $F = \gamma \frac{mM}{r^2}$   $\gamma = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

## Heute

- Gravitationsfeld, Relativitätstheorie

<http://www.ep1.rub.de/lehre/veranstaltungen/ws0910/physikcbg/>

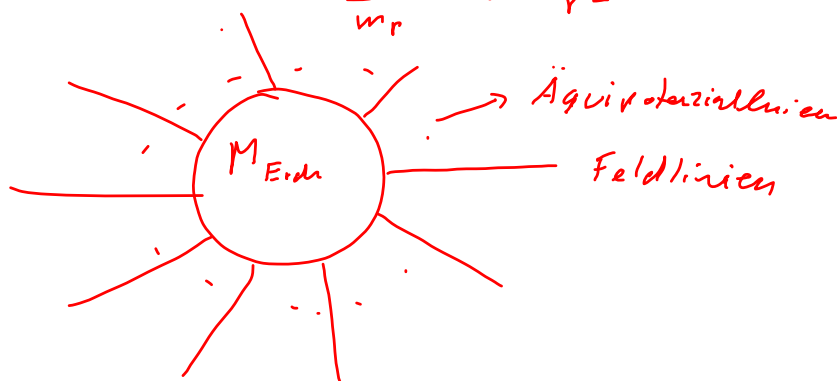
## 5.10.3 Gravitationsfeld

Beschreibung der Kraft mit Hilfe eines Feldes

Gravitationsfeldstärke  $\vec{G}$

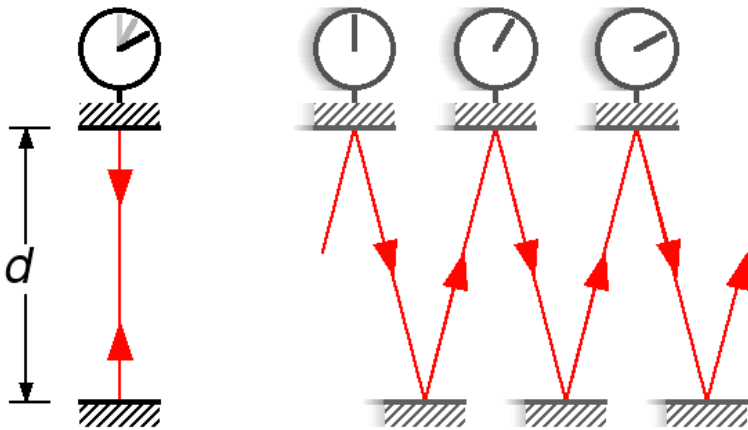
Erdoberfläche:  $\vec{G} = \frac{\vec{F}_G}{m_p}$   $|\vec{G}| = g$

Allgemein  $\vec{G} = \frac{\vec{F}_G}{m_p} = \gamma \cdot \frac{M}{r^2}$   $F_G = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$





# Zeitdilatation



relativistischer Faktor  $\gamma$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_r^2}{c^2}}} \geq 1$$

Zeitdilatation im Bezugssystem des bewegten Körpers im Vergleich zum beobachteten System

$$t_r(v_r) = \gamma \cdot t$$

↑ Relativgeschwindigkeit

Myonen: Entstehung einige 1000m über Erdoberfläche  
 Lebensdauer  $2 \mu\text{s}$   
 Geschwindigkeit  $0,998 \cdot c$   
 $\gamma \approx 16$   
 Weglänge:  $s = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2 \mu\text{s} = 600 \text{m}$   
 $t_r = \gamma \cdot t = 16 \cdot 2 \mu\text{s} = 32 \mu\text{s}$

# Längenkontraktion

Beschreibung vom relativistischen Einfluß durch die Längenkontraktion:

$$l_r(v_r) = \frac{1}{\gamma} l_{\text{Beob.}}$$

↑  
 Atmosphäre vom Myon aus gesehen

600 m

↑  
 Atmosphäre von der Erde aus gesehen

16.600

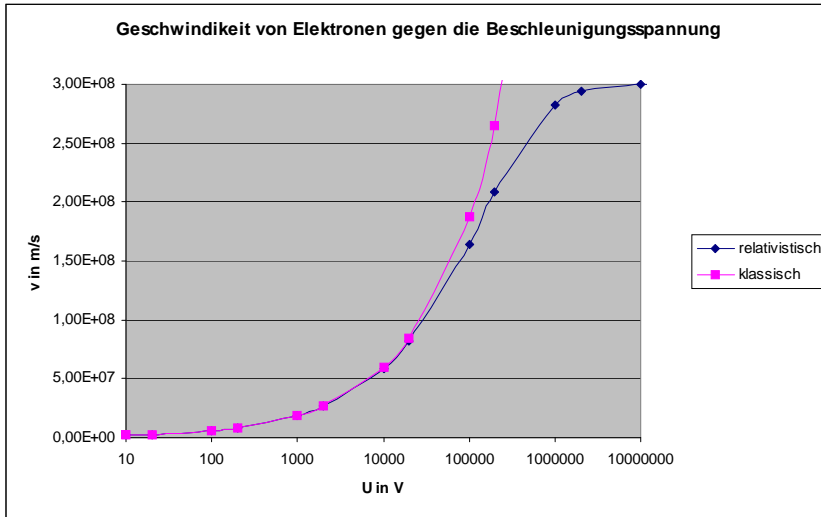
16

# Massenzuwachs

Relativistischer Massenzuwachs

$$m_v = \gamma \cdot m_{\text{Basis}} = \gamma m_0$$

↑  
Ruhemasse



Energieerhaltung?

Energie - Masse -  
Äquivalenz

$$E = m \cdot c^2 = E_{\text{kin}} + m_0 c^2$$

Kernspaltung

Kernfusion

$$1 \text{ g Masse} \hat{=} E = m c^2$$

$$= 1 \text{ g} \cdot (3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \approx 10^{17} \text{ J}$$

$$= 2,8 \cdot 10^{10} \text{ kWh}$$

## Zusammenfassung

- Fernwirkungen wie die Gravitation beschreibt man durch ein Feld. Feldstärke, Potenzial
- Spezielle Relativitätstheorie
  - Zeitdilatation
  - Längenkontraktion
  - Massenzuwachs  $F = \gamma \frac{m M}{r^2}$   $\gamma = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$
  - Identität von Masse und Energie