Klassische und Relativistische Mechanik

Physik, Wirtschaftsphysik und Lehramt Physik

Othmar Marti | 25. 11. 2008 | Institut für Experimentelle Physik

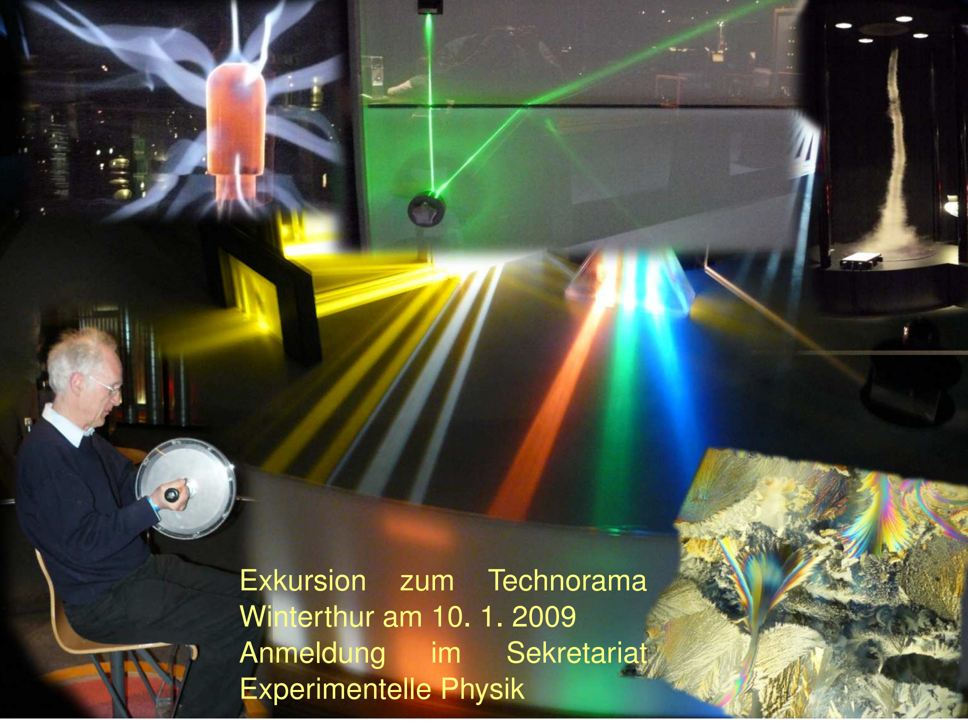
Zusätzliches Tutorium

Freitag 14:00–16:00

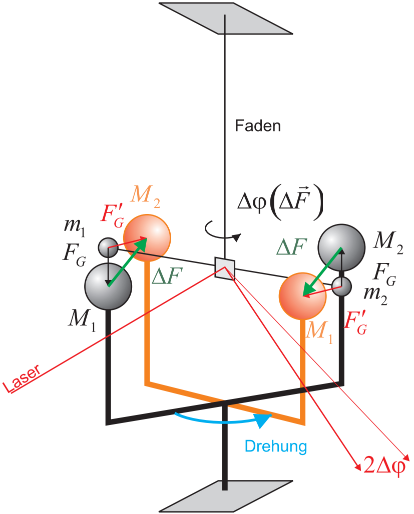
Ort: Hörsaal H2

Freitag nach der Vorlesung: 14:00-16:00

1. Termin, Freitag den 5. Dezember


Exkursion zum Technorama
Winterthur am 10. 1. 2009
Anmeldung im Sekretariat
Experimentelle Physik

Gravitationswaage



Gravitationspotential und Feldvektor der Gravitation

Die potentielle Energie hängt nicht nur von der zu untersuchenden Masse m, sondern auch von der Testmasse m_0 ab.
Wir definieren das Testmassen-unabhängige Gravitationspotential

$$\phi(\boldsymbol{r}) = \frac{E_{pot}(\boldsymbol{r})}{m_0}$$

Die Einheit des Gravitationspotentials ist

$$[\phi(\boldsymbol{r})] = \frac{Nm}{kg} = \frac{m^2}{s^2}$$

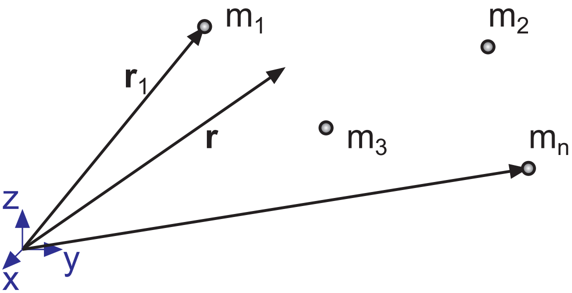
dann gilt:

$$\begin{aligned}
\phi(\boldsymbol{r}) &= -G\frac{m}{r} \\
\boldsymbol{g}(\boldsymbol{r}) &= -\operatorname{grad}\phi(\boldsymbol{r}) \\
\boldsymbol{F}(\boldsymbol{r}) &= -\operatorname{grad} E_{pot}(\boldsymbol{r})
\end{aligned}$$

Gravitation

$$\boxed{\begin{array}{ccc}
E_{pot}(\boldsymbol{r}) = -\frac{Gmm_0}{r} & \begin{array}{c} /m_0 \\ \Rightarrow \\ \Leftarrow \\ \cdot\, m_0 \end{array} & \phi(\boldsymbol{r}) = -G\frac{m}{r} \\
\text{grad} \Downarrow \quad \Uparrow \int_S ds & & \int_S ds \Uparrow \quad \Downarrow \text{grad} \\
\boldsymbol{F}(\boldsymbol{r}) = -G\frac{mm_0}{r^3}\boldsymbol{r} & \begin{array}{c} /m_0 \\ \Rightarrow \\ \Leftarrow \\ \cdot\, m_0 \end{array} & \boldsymbol{g}(\boldsymbol{r}) = -G\frac{m}{r^3}\boldsymbol{r}
\end{array}}$$

Gravitationsfeld eines Ensembles von Massenpunkten



Anordnung von Massenpunkten

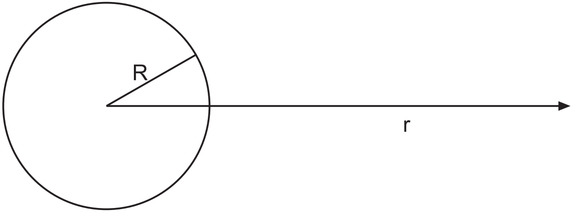
Gravitation eines Ensembles von Massenpunkten

Damit sind auch die Gravitationsfelder additiv. Deshalb gilt

$$\begin{aligned} \boldsymbol{g}(\boldsymbol{r}) &= -G\sum_{k=1}^{n} m_k \frac{\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}_k}{\left|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}_k\right|^3} \\ \phi(\boldsymbol{r}) &= -G\sum_{k=1}^{n} m_k \frac{1}{\left|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}_k\right|} \end{aligned}$$

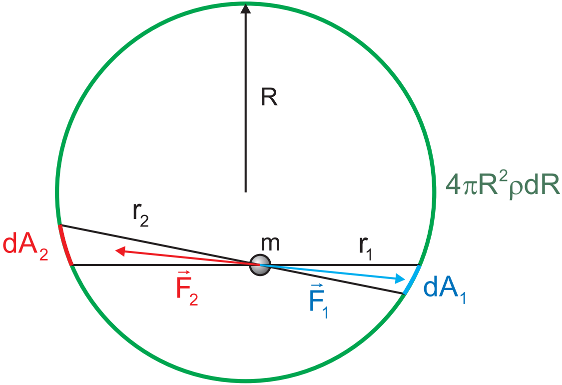
$$\boldsymbol{g}(\boldsymbol{r}) = -G \int\limits_{Raum} \rho(\boldsymbol{r}') \frac{(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}')}{\left|(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}')\right|^3} dV'$$

Gravitationsfeld einer Kugel



Gravitationsfeld einer homogenen Kugel

Gravitation im Inneren einer homogenen Hohlkugel



Kräfte auf eine Punktmasse im Inneren einer Hohlkugel.

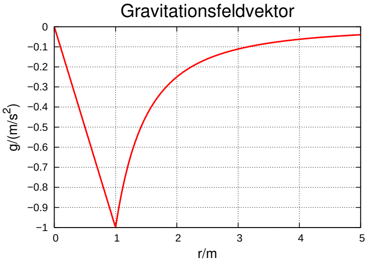
Gravitation

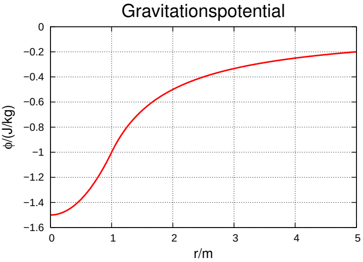
Auf Massenpunkte im Inneren einer Hohlkugel mit einer homogenen Massenverteilung wirken keine Kräfte.

Genauere Rechnungen zeigen, dass dies bei allen genügend symmetrischen Hohlkörpern der Fall ist.

Ausserhalb einer Massenverteilung wirkt die Gravitationskraft immer so, wie wenn sie vom Massenmittelpunkt käme.

Gravitationsfeld einer Kugel





Links wird der Verlauf des Gravitationsfeldvektors gezeigt, rechts der des dazu gehörigen Gravitationspotentials. Beide sind für eine massive homogene Kugel mit dem Radius 1 gerechnet.

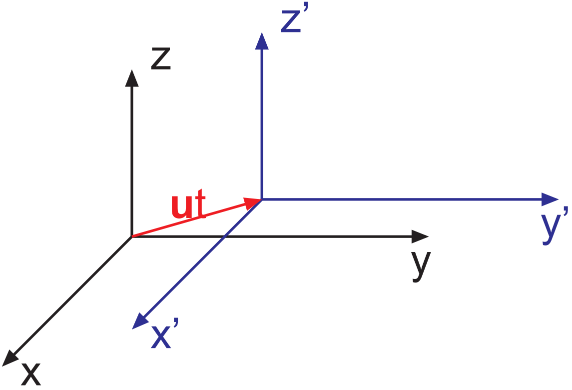
Schwere und träge Masse

Beispiel: Freier Fall
von m_T träge *Masse* (*Beschleunigung*)
m_S schwere *Masse* (*Gravitation*)

$$
\begin{aligned}
\boldsymbol{F} &= m_t \boldsymbol{a} = -G m_s \frac{M_s}{R^3} \boldsymbol{R} \\
&\Rightarrow \boldsymbol{a} = -G \frac{m_s}{m_t} \left(\frac{M_s}{R^3} \right) \boldsymbol{R}
\end{aligned}
$$

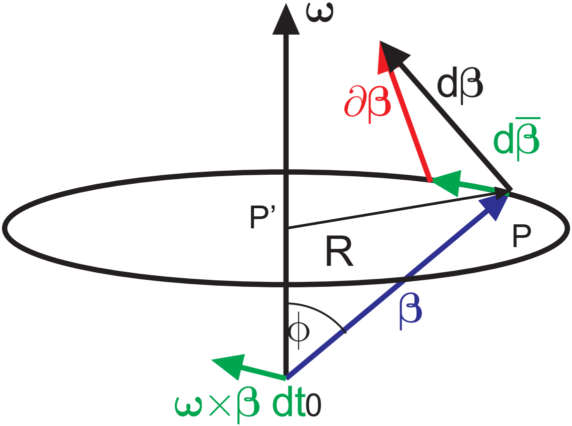
Beobachtung $\alpha = \frac{m_s}{m_t} = \mathit{const}$ ist unabhängig vom Material
Experimentell: $|\alpha - 1| < 10^{-12}$

Relativität



2 Koordinatensysteme

gleichförmig rotierende Bezugssysteme



Winkelgeschwindigkeitsvektor