

## 4 Energie

### 4.1 Energieerhaltung

Bei allen Vorgängen muss die Gesamtenergie eines Systems und seiner Umgebung erhalten werden.

$$E_{tot} = E_{Masse} + E_{kin} + E_{pot} + E_{chem} + \text{usw.} = \text{konst.}$$

### 4.2 Relativistische Grössen

$$\text{Geschwindigkeitsparameter} \equiv \frac{v}{c}$$

Für hohe Geschwindigkeiten gilt der relativistische Impuls:

$$p = \gamma mv$$

mit dem **Lorentzfaktor**  $\gamma$

$$\gamma \equiv \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

### 4.3 Kinetische Energie

#### 4.3.1 Klassisch ( $v < 0.3c$ )

**Gesamtenergie**

$$E = mc^2 + \frac{1}{2}mv^2$$

**Kinetische Energie**

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

#### 4.3.2 Relativistisch ( $v \geq 0.3c$ )

**Gesamtenergie**

$$E = \gamma mc^2 = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

**Kinetische Energie**

$$E_{kin} = E - mc^2 = mc^2(\gamma - 1)$$

### 4.4 Potentielle Energie der Gravitation

Die **potentielle Energie** eines Körpers auf der Höhe  $h$  ist gleich

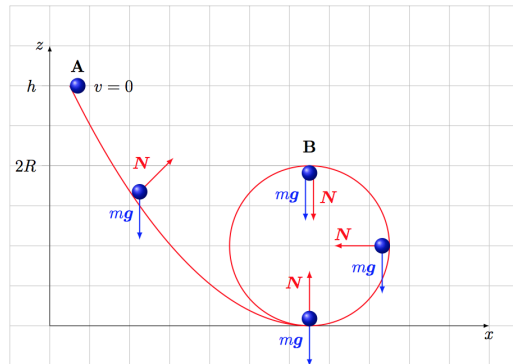
$$E_{pot}(h) = mgh$$

Die **Gesamtenergie** eines Körpers im freien Fall von der Höhe  $h$  ist gleich

$$E(y) = \underbrace{mc^2}_{\text{Ruheenergie}} + \underbrace{\frac{1}{2}mv^2}_{\text{kinetisch}} + \underbrace{mgy}_{\text{potentiell}}$$

falls der *Luftwiderstand* vernachlässigt werden darf.

### 4.5 Looping



Ist die Geschwindigkeit kleiner als  $v_{min}$ , löst sich der Ball vom Kreis

$$v_{min} = \sqrt{gR}$$

Die Höhe  $h$ , von der die Kugel fallen gelassen werden muss, ist gleich

$$h = \frac{5}{2}R > 2R$$

### 4.6 Arbeit

Die **Arbeit**  $W$  ist gleich dem Produkt der Komponente der Kraft längs der Verschiebung und der Verschiebung selbst

$$W = F \Delta x \cos(\vartheta)$$

#### 4.6.1 Arbeit der Federkraft

Die **Arbeit** zwischen den Verschiebungen  $x_1$  und  $x_2$  ist gleich

$$W_{12} = -\frac{k}{2}(x_2^2 - x_1^2)$$

### 4.7 Leistung

Die **Leistung**  $P$  ist die in der Zeiteinheit verrichtete Arbeit:

$$P = \frac{dW}{dt} = F \cdot v$$

### 4.8 Allgemeine potentielle Energie

#### 4.8.1 Konservative Kräfte

Die geleistete Arbeit längs eines geschlossenen Wegs ist gleich null. Die Arbeit ist unabhängig vom zurückgelegten Weg. Potentielle Energie ist für diese Art von Kräften definiert.  
*Beispiel:* Gravitationskraft, Federkraft

#### 4.8.2 Nicht-konservative Kräfte

Die geleistete Arbeit hängt vom Weg ab.  
*Beispiel:* Reibungskraft

### 4.9 Arbeit-Energie-Theorem

Die Arbeit, die an einem Körper zwischen zwei Punkten (1) und (2) geleistet wird, ist gleich der Änderung seiner kinetischen Energie zwischen diesen Punkten.

$$W_{12} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

### 4.10 Mechanische Energie

$$E_{mech} \equiv E_{kin} + E_{pot}$$

Die mechanische Energie wird *erhalten*, wenn nur konservative Kräfte wirken.

Die Änderung der mechanischen Energie ist gleich der Arbeit, die von *nicht-konservativen* Kräften geleistet wird.

#### 4.11 Bremsweg

Betrachtet wird das Gleiten auf einer schiefen Ebene mit der Starthöhe  $h$  und dem Neigungswinkel  $\vartheta$ . Dann ist der **Bremsweg**  $L$

$$L = \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos(\vartheta) - \sin(\vartheta))}$$