Philosophische Aspekte der modernen Physik SS 2011

04 Grundgesetze der Physik I

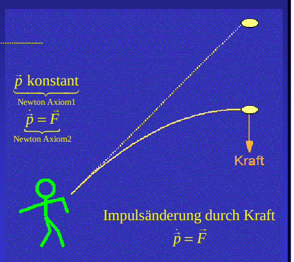
Quantifizierung

Kontextunabhängigkeit und physikalische Gesetze

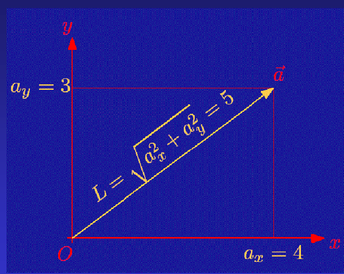
Auslese $\rightarrow$ Punktmasse m (Stein)
Spatialisierung $\rightarrow$ Ort und Zeit $\vec{x}, t$
Zusammenhang $\rightarrow$ Bewegung $\vec{p}$

Bewegung: ohne Grund keine Änderung $\underbrace{\vec{p} \text{ konstant}}_{\text{Newton Axiom1}}$

Grund für Änderung: Kraft $\underbrace{\dot{\vec{p}} = \vec{F}}_{\text{Newton Axiom2}}$

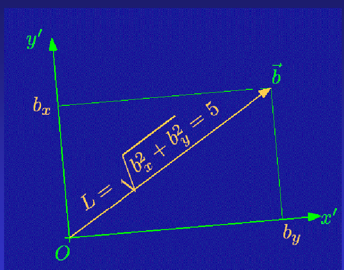


Kontextunabhängigkeit $\longrightarrow$ Länge von Vektoren



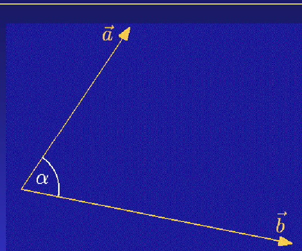
$$L = a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = b = \sqrt{b_x^2 + b_y^2}$$

Kontextunabhängigkeit $\longrightarrow$ Länge von Vektoren



$$L = a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = b = \sqrt{b_x^2 + b_y^2}$$

Kontextunabhängigkeit : Skalarprodukt



$$\vec{a} \cdot \vec{b} \equiv a_x b_x + a_y b_y = ab\cos(\alpha)$$

Spatialisierung → Zeit und Raum

Lichtgeschwindigkeit: $c = c' \quad (\text{kontextunabhängig})$

Lichtausbreitung: $\underbrace{x^2 + y^2 + z^2 - c^2t^2}_{\vec{x}^{(4)}} = 0 = \underbrace{x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2t'^2}_{\vec{x}'^{(4)}}$

Viererort: $\vec{x}^{(4)} \equiv (x, y, z, ict), \quad \text{mit } i^2 = -1$

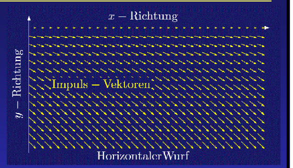
Vierergeschwindigkeit: $\vec{v}^{(4)} \equiv \frac{d\vec{x}^{(4)}}{d\tau} = \underbrace{\gamma}_{\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}} \frac{d\vec{x}^{(4)}}{dt} = \gamma(v_x, v_y, v_z, ic)$

Länge: $\vec{v}^{(4)} \cdot \vec{v}^{(4)} = \frac{1}{1-v^2/c^2} \underbrace{(v^2 - c^2)}_{(1-v^2/c^2)(-c^2)} = \underbrace{-c^2}_{\text{kontextunabhängig!!}}$

Kausalität → Bewegung

Bewegung: $\begin{cases} \vec{p}(\vec{x},t) & \text{Impuls} \\ E(\vec{x},t) & \underbrace{\text{Energie}}_{\text{noch zu klären}} \end{cases}$

Potential $S(\vec{x},t)$
'Wirkung': $\begin{cases} \vec{p} = \frac{\partial S}{\partial \vec{x}} \\ E = -\frac{\partial S}{\partial t} \end{cases}$



Wirkungsdifferential: $\underbrace{dS \equiv \vec{p} \cdot d\vec{x} - Edt \equiv \vec{p}^{(4)} \cdot d\vec{x}^{(4)} = \text{kontextunabhängig}}_{\text{z.B. Heisenbergesche Unschärferelation: } \Delta S \geq \hbar \text{ (Planksches Wirkungsquantum)}}$

Viererimpuls: $\vec{p}^{(4)} = (p_x, p_y, p_z, iE/c)$

Länge: $\vec{p}^{(4)} \cdot \vec{p}^{(4)} = \vec{p}^2 - \frac{E^2}{c^2} = \underbrace{-m_0^2c^2}_{\text{kontextunabhängig!!}}$

Einstein-Formel und Energie

Bewegung proportional zur Geschwindigkeit: $\overbrace{(p_x, p_y, p_z iE/c)}^{\vec{p}^{(4)}} = \overbrace{m_0}^{\text{Ruhemasse}} \overbrace{\gamma(v_x, v_y, v_z, ic)}^{\vec{v}^{(4)}}$

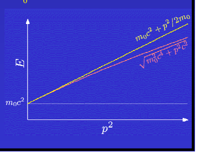
Dynamische Masse: $m = \gamma m_0$

4. Komponente → Einstein-Formel: $E = mc^2$

Länge Viererimpuls: $\vec{p}^{(4)} \cdot \vec{p}^{(4)} = \vec{p}^2 - \frac{E^2}{c^2} = -m_0^2c^2$

also Energie: $E = \sqrt{m_0^2c^4 + \vec{p}^2c^2} \simeq m_0c^2 + \frac{1}{2m_0}\vec{p}^2 \quad (\text{für kleine } \vec{p})$

für kleine Energien mit Potential: $E = \frac{1}{2m_0}\vec{p}^2 + V(\vec{x})$



Erhaltung der Energie

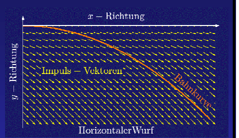
Wirkungsdifferential: $dS = \underbrace{\vec{p}}_{\frac{dS}{d\vec{x}}} \cdot d\vec{x} - \underbrace{E}_{-\frac{\partial S}{\partial t}} dt$

Energie: $-\overbrace{\frac{\partial S}{\partial t}}^{E} = \frac{\overbrace{\left(\frac{\partial S}{\partial \vec{x}}\right)^2}^{\frac{\vec{p}^2}{2m}}}{2m} + V$

Lösungsansatz: $S(\vec{x},t) = S_{\vec{x}}(\vec{x}) + S_t(t)$

E-Konstanz: $\underbrace{-\frac{\partial S_t(t)}{\partial t}}_{\text{ortsunabhängig}} = \underbrace{\frac{\left(\frac{dS_{\vec{x}}(\vec{x})}{d\vec{x}}\right)^2}{2m} + V(\vec{x})}_{\text{zeitunabhängig}} = \underbrace{E}_{\text{also konstant}}$

Klassische Mechanik



Bahnkurve, Geschwindigkeit: $\vec{x}(t), \quad \dot{\vec{x}}(t) = \vec{v}(t)$

Impuls auf Bahnkurve: $\vec{p}(\vec{x}(t)) \equiv m\overbrace{\vec{v}(t)}^{\dot{\vec{x}}(t)}$

Energie: $E = \frac{\vec{p}(t)^2}{2m} + V(\vec{x}(t)), \quad \text{konstant}$

E konstant: $0 = \frac{dE}{dt} = \underbrace{\frac{\vec{p}}{m}}_{\dot{\vec{x}}} \cdot \dot{\vec{p}} + \frac{\partial V}{\partial \vec{x}} \cdot \dot{\vec{x}}$

also Masse mal Beschleunigung ist gleich Kraft (Newton) $\underbrace{\dot{\vec{p}}}_{m\ddot{\vec{x}}} = \underbrace{-\frac{\partial V}{\partial \vec{x}}}_{\vec{F}}$