Mechanik I und Relativitätstheorie

(Prof. Mikko Laine ; ExWi 117)

* ILIAS: Zeitplan, Skript, Übungsblätter, ...

* Literatur: T. Fliessbach, Mechanik. ⇒ im Semesterdepot

* Ablauf: Vorlesung < Skript < Literatur

  Skript ↓ Übungen ↓ Prüfung

* Übungen:
  - Tutorien: in der Regel Montag und Freitag, 12:15–13:00, B7
  - Abgabe: in der Folgewoche
  - Nutzen:
    * jedes Blatt ist wie eine Probeprüfung
    * bei mehr als 50% der Punkte erhält man (bei bestandener Prüfung) eine halbe Note als Bonuspunkt

* Prüfung: 13. 6. 2022 13:15 – 15:45 A6

* Ziele:
  - Physik:
    * allgemeine Grundlagen
    * besonders wichtig: Relativitätstheorie
  - Methoden:
    * wie man theoretische Physik studiert (keine Philosophie; Handarbeit!)
    * wie man physikalische Probleme mathematisch formuliert
    * wie man die mathematischen Probleme in der Praxis löst

* Fragen: sehr willkommen!

—— ∘ ——

1. Newtonsche Mechanik

1.1 Bahnkurve [TF 1]

Die folgenden Grundbegriffe werden vorerst als „selbstverständlich" angenommen:

* Raum: 3-dimensional, statisch, euklidisch.
  Es gibt kartesische Koordinatensysteme, „Bezugssysteme".

* Ortsvektor: $\vec{x} = \vec{r} = x\,\vec{e}_x + y\,\vec{e}_y + z\,\vec{e}_z = x_1\vec{e}_1 + x_2\vec{e}_2 + x_3\vec{e}_3 \in \mathbb{R}^3$.
  Ein Ortsvektor wird häufig durch eine „Tabelle" dargestellt:
  $$\vec{r} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

* Zeit: 1-dimensional, „universal" d.h. überall synchronisiert.
  Die Zeitkoordinate wird häufig mit t bezeichnet.

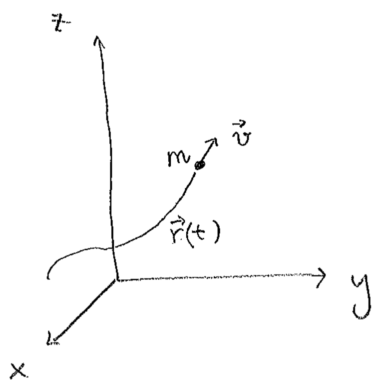
* Massenpunkt: keine Struktur, Masse m.

* Bahnkurve: $\vec{r}(t)$, d.h. eine Abbildung $\mathbb{R} \to \mathbb{R}^3$.

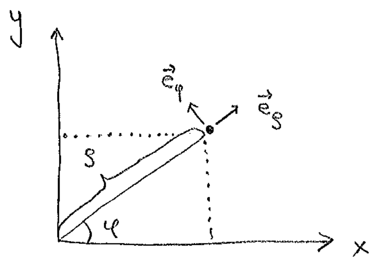
* Geschwindigkeit: $\vec{v} = \dot{\vec{r}} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

* Beschleunigung: $\vec{a} = \ddot{\vec{r}} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$

* Kraft: $\vec{F} \in \mathbb{R}^3$.
  Kräfte seien additiv: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots$



Beispiel: Bewegung eines Massenpunktes in einer Ebene, beschrieben durch Polarkoordinaten.



$$\begin{cases} x = \rho\cos\varphi \\ y = \rho\sin\varphi \end{cases} \qquad \begin{cases} \vec{e}_\rho = \cos\varphi\,\vec{e}_x + \sin\varphi\,\vec{e}_y \\ \vec{e}_\varphi = -\sin\varphi\,\vec{e}_x + \cos\varphi\,\vec{e}_y \end{cases}$$

$$\vec{r} = x\,\vec{e}_x + y\,\vec{e}_y = \rho\,\vec{e}_\rho .$$

Was ist die Geschwindigkeit in Polarkoordinaten?

Methode (i):
$$\dot{x} = \frac{d}{dt}(\rho\cos\varphi) = \dot{\rho}\cos\varphi - \rho\sin\varphi\,\dot{\varphi}$$
$$\dot{y} = \frac{d}{dt}(\rho\sin\varphi) = \dot{\rho}\sin\varphi + \rho\cos\varphi\,\dot{\varphi}$$

$$\Rightarrow \dot{\vec{r}} = \dot{x}\,\vec{e}_x + \dot{y}\,\vec{e}_y = \dot{\rho}\left(\cos\varphi\,\vec{e}_x + \sin\varphi\,\vec{e}_y\right) + \rho\dot{\varphi}\left(-\sin\varphi\,\vec{e}_x + \cos\varphi\,\vec{e}_y\right) = \dot{\rho}\,\vec{e}_\rho + \rho\dot{\varphi}\,\vec{e}_\varphi .$$

Methode (ii):
$$\dot{\vec{r}} = \frac{d}{dt}(\rho\,\vec{e}_\rho) = \dot{\rho}\,\vec{e}_\rho + \rho\,\dot{\vec{e}}_\rho \quad ;$$

$$\dot{\vec{e}}_\rho = -\sin\varphi\,\dot{\varphi}\,\vec{e}_x + \cos\varphi\,\dot{\varphi}\,\vec{e}_y = \dot{\varphi}\left(-\sin\varphi\,\vec{e}_x + \cos\varphi\,\vec{e}_y\right) = \dot{\varphi}\,\vec{e}_\varphi$$

$$\Rightarrow \dot{\vec{r}} = \dot{\rho}\,\vec{e}_\rho + \rho\dot{\varphi}\,\vec{e}_\varphi .$$

$$|\dot{\vec{r}}| = \sqrt{\dot{\vec{r}}\cdot\dot{\vec{r}}} = \sqrt{\dot{\rho}^2 + \rho^2\dot{\varphi}^2} .$$