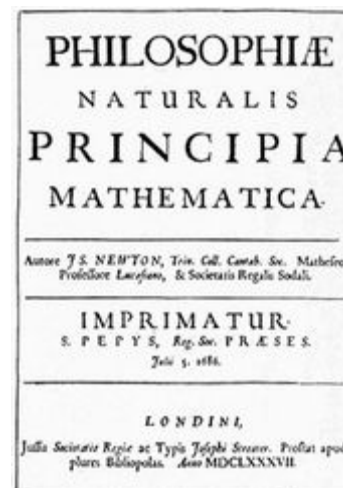




2. Die drei Newtonschen Gesetze



1642-1727

Bisher: Beschreibung der Bewegung der Teilchen im Raum (Kinematik)

Jetzt: Frage nach der Ursache der Bewegung (Dynamik)

Newtonsche Gesetze: Kraft → Bestimmung von Bahnkurve
(bei gegebenen Anfangsbedingungen)

Massepunkt (auch Teilchen): punktförmiges Teilchen der Masse m
genauer: ein Körper mit vernachlässigbaren Ausmaßen

Erde: Bewegung um die Sonne vs. Drehung um eigene Achse

Ein Inertialsystem ist ein Bezugssystem, in dem das

1. Newtonsche Gesetz gilt:

1. Newtonsches Gesetz: In einem Inertialsystem bleibt jeder Körper in Ruhe oder im Zustand gleichförmiger Bewegung, auf den keine Kraft wirkt.

Effektiv behauptet Newtons erstes Gesetz, dass ein solches Inertialsystem mit beliebiger Genauigkeit existiert: Man bemerkt, dass eine experimentelle Überprüfung dieses Gesetzes nur näherungsweise möglich ist, da wir die Gravitationskräfte in unserem Universum niemals ausschalten können.

Offenbar ist jedes Bezugssystem, das sich gleichförmig relativ zu einem Inertialsystem bewegt, selber ein Inertialsystem.

→ Galilei-Transformationen, Galileisches Relativitätsprinzip (später)

2. Newtonsches Gesetz: Wirkt auf einen Körper eine Kraft \mathbf{F} , so gilt in einem Inertialsystem

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$$

wobei $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$ der Impuls des Teilchens ist.

Zeitlich unveränderliche Masse:
$$\mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = m \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = m\mathbf{a}$$

Bemerkung: Wir haben hier die Begriffe Kraft und Masse nicht eingeführt, sondern als bekannt vorausgesetzt. Beide Begriffe müssen letztlich experimentell definiert werden über geeignete Messvorschriften

Bekanntes Kraftgesetz (Kraftfeld) $\mathbf{F} = \mathbf{F}(\mathbf{r}, t)$: 2. Newtonsches Gesetz führt zu einer gewöhnlichen Differentialgleichung 2. Ordnung

→ Bewegungsgleichung

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}, t) = m \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2}$$

Beispiele: Pendel, Zentralkraftfelder

N Teilchen: gekoppelte Differentialgleichungen

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}(\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_N; t)$$

$$m\ddot{\mathbf{r}}_1 = \mathbf{F}_1(\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_N; t)$$

$$m\ddot{\mathbf{r}}_2 = \mathbf{F}_2(\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_N; t)$$

etc.

3. Newtonsches Gesetz: Üben zwei Teilchen Kräfte aufeinander aus, so sind diese gleich groß und entgegengesetzt gerichtet entlang der Verbindungslinie der Teilchen (actio=reactio).

Beispiele für fundamentale Kräfte:

Gravitationskraft:

$$\mathbf{F}_{21} = -G \frac{m_1 m_2}{|\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1|^3} (\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2)$$

Coulomb-Kraft:

$$\mathbf{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{|\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1|^3} (\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2)$$

Beide Kräfte sind im Einklang mit dem 3. Newtonschen Gesetz.