Theoretische Physik 1 – Mathematische Methoden

Wintersemester 2026/27

Präsenzübungsblatt 3

Vorlesung: Marc Wagner
Übungsleitung: Carl B. Rosenkvist
rosenkvist@itp.uni-frankfurt.de

Aufgabe 1: Bremsvorgang eines Autos

Ein Auto der Masse m bewegt sich mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_0 > 0$ auf einer geraden, horizontalen Straße. Zum Zeitpunkt $t = 0$ vollführt der Fahrer eine Vollbremsung.

a) **Konstante Bremskraft.** Die konventionelle Bremse übt eine geschwindigkeitsunabhängige Bremskraft vom Betrag

$$F_{\mathrm{B}} = mC, \qquad C > 0,$$

aus.

1. Stellen Sie mithilfe des zweiten Newtonschen Gesetzes eine Differentialgleichung für die Geschwindigkeit $v(t)$ auf.
2. Lösen Sie die Differentialgleichung durch Separation der Variablen mit der Anfangsbedingung $v(0) = v_0$.
3. Bestimmen Sie die Zeit t_{B} bis zum Stillstand sowie den zugehörigen Bremsweg.

b) **Zusätzliche Wirbelstrombremse.** Eine zusätzliche Wirbelstrombremse erzeugt durch eine rotierende Metallscheibe im Magnetfeld eine der Bewegung entgegenwirkende Kraft. Wir nehmen an, dass diese Kraft linear von der Geschwindigkeit abhängt:

$$F_{\mathrm{W}} = -mBv, \qquad B > 0.$$

Die konventionelle Bremse aus Teil a) wirkt weiterhin unverändert.

1. Stellen Sie die Differentialgleichung für $v(t)$ auf, wenn beide Bremsen wirken.
2. Lösen Sie die Differentialgleichung durch Separation der Variablen mit $v(0) = v_0$.
3. Bestimmen Sie erneut die Stillstandszeit t_{B} und den zugehörigen Bremsweg.

Aufgabe 2: Inertialsysteme

a) Zwei Beobachter O und $\bar{O}$ beschreiben die Bewegung desselben Teilchens der Masse m in ihren jeweiligen Bezugssystemen. Die entsprechenden Trajektorien sind $\mathbf{r}(t)$ bzw. $\bar{\mathbf{r}}(t)$. Die Achsen der beiden Systeme sind stets parallel ausgerichtet; ihre Ursprünge sind jedoch um den zeitabhängigen Vektor $\mathbf{R}(t)$ gegeneinander verschoben, d. h.,

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{R}(t) + \bar{\mathbf{r}}(t).$$

Die Beobachter bestimmen die auf das Teilchen wirkende Kraft jeweils mithilfe des zweiten Newtonschen Gesetzes. Vergleichen Sie $\mathbf{F} = m\ddot{\mathbf{r}}$ und $\bar{\mathbf{F}} = m\ddot{\bar{\mathbf{r}}}$. Unter welcher Bedingung stimmen die beiden Kräfte überein?

b) Das System Σ sei ein Inertialsystem. Ein kräftefreies Teilchen erfüllt darin die Bewegungsgleichung $m\ddot{\mathbf{r}} = 0$. Untersuchen Sie die Bewegungsgleichung in einem zweiten System Σ', dessen Koordinaten $\mathbf{r}'$ durch die folgenden Transformationen definiert sind:

1. $\mathbf{r} = v_0 t\, \mathbf{e}_y + \mathbf{r}'$,
2. $\mathbf{r} = \frac{1}{2} b t^2\, \mathbf{e}_y + v_0 t\, \mathbf{e}_y + \mathbf{r}'$.

Dabei sind v_0 und b Konstanten. In welchem Fall gilt auch in Σ' die Bewegungsgleichung $m\ddot{\mathbf{r}}' = 0$? Interpretieren Sie den zusätzlichen Term im anderen Fall.