

13: Vorlesungs-Übersicht

I. Welche Gesetze wurden im Kurs vorgestellt ?

NB. Einige Zusammenfassungen wurden schon am Ende der Lektionen 3, 6 und 7 sowie am Anfang der Lektionen 8 und 11 vorgestellt.

Der Vergleich zwischen den linearen Gesetzen und denen der Rotationsbewegung wurde mehrmals während der Lektionen 9-12 gemacht.



Grütter Mechanik 2024

Welches war der Inhalt der Vorlesung?

Kinematik

Dynamik & Gravitation
(Newton)

Arbeit & Erhaltungssätze

Rotationen

Wie beschreibt man
die Bewegung eines
Objektes ?

Was versetzt ein Objekt
in Bewegung ?

Welche Grössen sind
während einer Bewegung
erhalten ?

Wie beschreibt man die
Bewegung eines starren
Körpers ?

Einführung geradlinige Kinematik	Vektor- kinematik	Kinematik der Rotation	Lineare Dynamik	Dynamik der Rotation	Physik der Planeten	Arbeit & Energie	Schwingun- gen	Impuls, variable Massen und Drehimpuls	Massen- schwerpunkt & Drehmoment	Rollen	Dreh- impuls
--	----------------------	------------------------------	--------------------	----------------------------	------------------------	---------------------	-------------------	--	---	--------	-----------------

Physik des Massenpunktes
(Alle Gesetze der Vorlesung eingeführt)

Verallgemeinerung für
den starren Körper

Teilweise schon als Bestandteil des Grundlagenfachs Physik an der Kantonsschule eingeführt

Besonders schwieriger Inhalt

Einige Zusammenfassungen der Vorlesung

Welche Hilfsmittel werden im physikalischen Denken benützt ?

1. Hat das Resultat korrekte physikalische Dimensionen, dh. **Einheiten** ?
2. Beinhaltet das Resultat eine korrekte oder zumindest **angemessene** Lösung, bei extrem hohen (bis unendlich) oder sehr tiefen Werten (gar gegen null) ?
3. Ist der **Effekt** wirklich wichtig ?
4. Ist das gerechnete Resultat **angemessen** ?

NB. Fehler sind immer möglich; das Gegengift: Üben, üben, üben ...



Einige Zusammenfassungen der Vorlesung

Wie beschreibt man die Bewegung eines Objektes ?

$$\vec{r}_{CM} = \frac{1}{M} \int_{\text{Objekt}} \vec{r} dm = \frac{1}{M} \int_{\text{Objekt}} \rho(\vec{r}) \vec{r} dV$$

$$\vec{v}_{CM}(t) = \frac{d\vec{r}_{CM}(t)}{dt}$$

$$\vec{a}_{CM}(t) = \frac{d\vec{v}_{CM}(t)}{dt} = \frac{d^2\vec{r}_{CM}(t)}{dt^2}$$

$$\vec{v}_{CM}(t) = \int_{t_0}^t \vec{a}_{CM}(t') dt'$$

$$\vec{r}_{CM}(t) = \int_{t_0}^t \vec{v}_{CM}(t') dt'$$

+ Ableitungs- und Integrationsregeln

Zentripetal-**Bedingung** (für alle Kreisbewegungen)

$$\vec{a}_R(t) = -\vec{r}_\perp \omega(t)^2 \quad a_R(t) = \frac{v(t)^2}{r_\perp}$$

$$\vec{\omega}(t) = \frac{d\vec{\theta}(t)}{dt}$$

$$\vec{\alpha}(t) = \frac{d\vec{\omega}(t)}{dt} = \frac{d^2\vec{\theta}(t)}{dt^2}$$

$$\vec{\omega}(t) = \int_{t_0}^t \vec{\alpha}(t') dt'$$

$$\vec{\theta}(t) = \int_{t_0}^t \vec{\omega}(t') dt'$$

+ Wahl eines guten Bezugssystems

Inertialsystem $\mathbf{r}'$: $\vec{v}'(t) = \text{konst}$

Beschleunigtes Bezugssystem:

Eine *fiktive* Beschleunigung addieren (der des Bezugssystems im RI entgegengesetzt)

$$\vec{r} \times \vec{a} = r_\perp^2 \vec{\alpha}$$

Präzession

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\omega} \times \vec{r}$$

Einige Zusammenfassungen der Vorlesung

Was versetzt ein Objekt in Bewegung ?

- | | |
|---|--|
| <p>1. Axiom isoliertes System = Ohne resultierende externe Kräfte :
 $v_{CM} = \text{konst}$</p> <p>2. Axiom: $\sum \vec{F}_i^{ext} = M \vec{a}_{CM}$</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;"> $M = \int_{\text{Objekt}} dm$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $\vec{P} = M \vec{v}_{CM}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $\sum \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{P}}{dt}$ </div> </div> <p>3. Axiom: actio = reactio</p> | <p>1. Gesetz isoliertes System = Ohne resultierendes externes Drehmoment : $\omega = \text{konst}$</p> <p>2. Gesetz: $\sum \vec{\tau}_{ext}^O = I^O \vec{\alpha}$ $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;"> $I^{CM} = \int r^2 dm$
 <small>um Drehachse durch CM</small> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $\vec{L}^O = I^O \vec{\omega}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $\sum \vec{\tau}^O = \frac{d\vec{L}^O}{dt}$ </div> </div> |
|---|--|

Zentripetal- Bedingung
 (Für alle Kreisbewegungen)

$\left(\sum_k \vec{F}_k \right)_R = M \vec{a}_R$

Spezifische Kräfte:

F_N , Reibung (zwischen Oberflächen und viskos), Feder, Gravitation

Beschleunigtes Bezugssystem:
 Inertialkräfte (fiktiv) addieren

Einige Zusammenfassungen der Vorlesung

Welche Größen sind während dieser Bewegungen erhalten ?

Arbeit einer Kraft:

$$W_{a \rightarrow b} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

$dW = \vec{F} \cdot d\vec{r}$



Konservative Kräfte $W_{1 \rightarrow 2}^A = W_{1 \rightarrow 2}^B$ (Arbeit hin und zurück ist null)

Nicht-konservative Kräfte (Reibung): W_{NC} Hängt vom Pfad ab

Arbeit-Energie Prinzip

$W_{net} = \sum_k W_k = \Delta K$

Leistung: $P = dW/dt = dE/dt$

Kinetische Energie

$K_{CM} = \frac{M(\vec{v}_{CM})^2}{2}$

$K_{rot} = \frac{I_{Achse} \omega^2}{2}$

Mechanische Energie

$E = K + K_{rot} + U_{CM}$

$(U_{CM} = Mgh_{CM})$

Erhaltungssätze (isoliertes System)

$P_{tot} = \text{konstant}$

$L_{tot} = \text{konstant}$

$E_{tot} = K + U - W_{NC} = \text{konstant}$

Einige Zusammenfassungen der Vorlesung

Potenzielle Energie und harmonischer Oszillator

Potenzial einer konservativen Kraft

$$\vec{F} = - \frac{dU(\vec{r})}{d\vec{r}}$$

Federenergie

$$U_{\text{Feder}} = \frac{k}{2} \Delta L^2$$

Gravitationsenergie

$$U_{CM} = Mgh_{CM}$$

$$U_g(\vec{r}) = -G \frac{mM}{r}$$

Um ein stabiles Gleichgewicht herum : $U(x+x_0) \cong U(x_0) + \frac{k}{2}x^2$ $k = \frac{d^2U}{dx^2}(x_0)$

Gedämpfte Schwingung :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x(t) + \frac{b}{m}\frac{dx}{dt} = 0$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) e^{-\frac{b}{2m}t}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \sqrt{1 - \frac{b^2}{4mk}}$$

Erzwungene Schwingung :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x(t) + \frac{1}{\tau} \frac{dx}{dt} = \frac{F_0}{m} \cos(\omega t)$$

$$x(t) = R_0 \cos(\omega t - \varphi)$$

$$R_0(\omega) = \frac{F_0}{m} \frac{1}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \frac{\omega^2}{\tau^2}}}$$

$$Q = \omega_0 \tau$$

$$\tan \varphi = \frac{(\omega_0^2 - \omega^2)}{\omega / \tau}$$

Einige Zusammenfassungen der Vorlesung

Rakete

Die zwei Raketengleichungen :

$$\sum F^{ext} = M(t) \frac{dv}{dt} - v_{rel} \frac{dM}{dt}$$

$$v_f = v_{rel} \ln\left(\frac{M_f}{M_0}\right)$$

