Kurzzusammenfassung Physik I (Vorlesung und Ergänzung) Wintersemester 2005/06, Teil I

Übersicht

Messungen, Einheiten (1)

Mathematische Grundlagen (3, E1, E2, E4, E5)

Kinematik von Punktteilchen (2+4, E2, E4)

Kräfte, Newton-Axiome, Bezugssysteme (5-6, E3, E4, E5)

Energie und Arbeit, Wegintegrale (7-8, E4, E5, E6)

Impuls, Teilchensysteme, Stöße (9-10, E6)

Rotation, Drehmoment, Drehimpuls (11-12, E4, E5, E7)

Verweise in rot: Kapitel-Nummern in Halliday-Resnick-Walker, Physik (2003)

Verweise in grün: Nummer der Ergänzungsvorlesung

Messungen, Einheiten

1 Messung und Maßeinheiten

Messung: reproduzierbare Bestimmung einer Eigenschaft durch Vergleich mit Maßstab (Normal)

SI-Einheiten:

Eigenschaft	Einheit	Definition
Länge	Meter (m)	(über Lichtgeschwindigkeit c)
Zeit	Sekunde (s)	über ^{86}Kr-Spektrallinie
Masse	Kilogramm (kg)	Standard-Zylinder (und ^{12}C)

Wichtig: nur Größen mit gleichen Einheiten können addiert oder verglichen werden (verschiedene Vektorräume)!

Mathematische Grundlagen

Grundbegriffe: (abelsche) Gruppe, Körper (E1)

Vektoren und Vektorräume, Basis, Dimension, Skalarprodukt (E2)

Euklidischer Vektorraum: Norm, Abstand, Winkel (E2)

Komponentendarstellung (kartesisch): $\vec{a} = a_x \hat{e}_x + a_y \hat{e}_y + a_z \hat{e}_z$

Standard-Skalarprodukt: $\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$ (wegen $\hat{e}_i \cdot \hat{e}_j = \delta_{ij}$)

Norm: $a \equiv |\vec{a}| = \sqrt{\vec{a} \cdot \vec{a}} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$

Winkel: $\angle(\vec{a}, \vec{b}) = \text{arccos}(\vec{a} \cdot \vec{b}/ab)$

speziell: $\angle(\vec{a}, \hat{e}_x) = \text{arccos}(a_x/a)$

Kreuzprodukt (nur in $\mathbb{R}^3$):

$\hat{e}_i \times \hat{e}_i = \vec{0}$, $\hat{e}_x \times \hat{e}_y = \hat{e}_z$ und zyklisch

$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} a_y b_z - a_z b_y \\ a_z b_x - a_x b_z \\ a_x b_y - x_y b_x \end{pmatrix}$$

Elementare Trigonometrie

$\sin(\varphi), \cos(\varphi), \tan(\varphi)$

Matrizen, Matrix-Multiplikation, Rotations-Matrizen (E4)

Krummlinige Koordinatensysteme (E5)

Vektoranalysis: Wegintegral (E5), Rotation

Kinematik von Punktteilchen

2 Geradlinige Bewegung

Definitionen: Δx, v, v_{gem}, v_{eff}, a, a_{gem}

Für konstante Beschleunigung a: $v(t) = v_0 + at; \quad x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$

Für allgemeines a(t): $v(t) = v_0 + \int_0^t a(t)dt; \quad x(t) = x_0 + \int_0^t v(t)dt$

Freier Fall (Testkörper ruht anfangs in Höhe h über Boden):
Fallzeit $t_{\text{Fall}} = \sqrt{2h/g}$; Aufprallgeschwindigkeit $v_{\text{max}} = \sqrt{2gh}$

4 Bewegung in zwei und drei Dimensionen

Bewegungsgleichungen in $\mathbb{R}^n$: Komponentenweise wie im eindimensionalen Fall

Wurfbewegung: $x(t) = v_x t; \quad z(t) = v_z t - \frac{1}{2} g t^2; \quad v_x = v \cos(\theta_0); \quad v_z = v \sin(\theta_0)$

Herleiten: Bahngleichung, Wurfhöhe/zeit/weite

Gleichförmige Kreisbewegung (E2): $\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\hat{r} \perp \vec{v}$ (Zentripetalbeschleunigung)

Allgemeine Galilei-Transformation (E4): $\vec{v}' = \vec{v} - \vec{v}_0 t$

$\vec{r},\, t \quad \longrightarrow \quad \vec{r}\,' = R\vec{r} - \vec{v}_0 t - \vec{r}_0,\; t' = t - t_0$

Kräfte, Newton-Axiome, Bezugssysteme

5 Kraft und Bewegung - I

5-1 Wodurch wird Beschleunigung verursacht?
5-2 Das erste newtonsche Gesetz
5-3 Kraft
5-4 Masse
5-5 Das zweite newtonsche Gesetz
5-6 Einige besondere Kräfte
5-7 Das dritte newtonsche Gesetz
5-8 Anwendung der newtonschen Gesetze

Newton I+II: $\vec{F}_{\text{ges}}(t) = m\,\vec{a}(t)$ (in Inertialsystem mit träger Masse m)

Bedingungen für Kräftegleichgewicht: Kräfteaddition/projektion, Winkelarithmetik

Kräfte: Gewichts-, Normal-, Hangabtriebskraft, Zugspannung (cf. Flaschenzug, E3)

Relativitätsprinzip (E3): Im IS sind alle Orte und Richtungen gleichwertig (Homogenität, Isotropie des Raums)

Newton III: Kräfte zwischen 2 Körpern sind entgegengesetzt gleich ($\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = \vec{0}$)

6 Kraft und Bewegung - II

6-1 Reibung
6-2 Eigenschaften der Reibung
6-3 Strömungswiderstand und Endgeschwindigkeit
6-4 Gleichförmige Kreisbewegung

Kräfte zwischen Oberflächen:

Normalkraft N, Haftreibung $f_s \leq \mu_s N$, Gleitreibung $f_k = \mu_k N$

Tribologie: Lehre von Reibung, Verschleiss, Schmierung - heuristisch, statistisch (E3)

Senkrechter Fall gegen v^2-Luftreibung (E3): $v(t) = -v_t \tanh(gt/v_t) \ldots$

Kreisbewegung: Zentripetalkraft = Normalkraft + Gewichtskraft.

Bedingung für Durchfahren eines Loopings: $v^2/R = N + g \geq g$

Rotierende Bezugssysteme: $m\vec{a}' = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}' \quad - m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}')$

Coriolis-Kraft + Zentrifugalkraft (E4)

Coriolis-Kraft: verantwortlich für Wirbelstürme/winde, nicht Wasserstrudel (E5)

Energie und Arbeit

7 Kinetische Energie und Arbeit

Kinetische Energie (Punktteilchen): $K = \frac{1}{2}m\,|\vec{v}(t)|^2; \quad \Delta K = K_f - K_i = W_{\text{ges}}$

Arbeit: $W = \vec{F} \cdot \vec{d} \equiv \vec{F} \cdot \Delta\vec{r}$ (konstante Kraft)

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

Leistung: $P(t) = \vec{F}(t) \cdot \vec{v}(t)$ (E4)

Hookesches Gesetz (ideale Feder): $F = -kx$

8 Potenzielle Energie und Energieerhaltung

Satz von Stokes: $\vec{\nabla} \times \vec{F}(\vec{r}) = 0$ in $\mathbb{R}^n$ $\rightsquigarrow$ F konservativ: $\oint \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{r} = 0$,
$\rightsquigarrow$ $W_{1\to 2}$ wegunabhängig (E5), $\rightsquigarrow$ potentielle Energie mit $U_2 - U_1 = -W_{1\to 2}$

Verschiebungsarbeit bei allgemeiner Arbeit:

Wegstücke entlang kartesischer Achsen (immer möglich bei konservativer Kraft) oder Parametrisierung (z.B. $\vec{r}(x), \vec{r}(\varphi)$) $\rightsquigarrow$ eindimensionale Integrale (E6)

Potentielle Energie: $U(z) = mgz$ (Gravitation), $U(x) = \frac{1}{2}kx^2$ (Feder)

Von äußerer Kraft verrichtete Arbeit: $W = \Delta E_{\text{mech}} = \Delta K + \Delta U$

Impuls, Teilchensysteme, Stöße

9 Systeme von Teilchen

Impuls: $\vec{P} = \sum_i \vec{p}_i = \sum_i m_i \vec{v}_i = M \vec{v}_S$, erhalten in abgeschlossenen Systemen

Schwerpunkt: $\vec{r}_S = \frac{1}{M} \sum_i m_i \vec{r}_i; \quad M = \sum_i m_i$

Newton-II: $\frac{d}{dt}\vec{P} = \vec{F}_{\text{ges}}$

1. Raketengleichung: $M(t)\vec{a}(t) = -\vec{v}_{\text{rel}} \frac{dM(t)}{dt}$ (E6)

10 Stoßprozesse

Kraftstoß: $\Delta\vec{p} = \int_{t_1}^{t_2} dt\vec{F}(t) \equiv \vec{J} = \Delta t\vec{F}_{\text{gem}}$ (E6)

Allgemeine Stöße: $\vec{p}_1 + \vec{p}_2$ erhalten

Elastische Stöße: $K_1 + K_2$ erhalten