

Formelsammlung

EXPERIMENTALPHYSIK I

Pascal Del'Haye

20. Januar 2003

Inhaltsverzeichnis

1	Kinematik, Dynamik, Erhaltungssätze	3
1.1	Geradlinige Bewegungen	3
1.2	2. Newtonsches Gesetz	3
1.3	Arbeit	3
1.3.1	Beschleunigungsarbeit	3
1.3.2	Hubarbeit	3
1.3.3	Konservative Kräfte	3
1.4	Hooksches Gesetz	3
1.4.1	Spannarbeit	4
1.5	Potentielle und Kinetische Energie	4
1.6	Leistung	4
1.7	Impuls	4
1.7.1	Impulserhaltung	4
1.7.2	Kraftstoß	4
1.8	Schwingungen	4
1.8.1	Harmonischer Oszillator	4
1.8.2	Kreisfrequenz	5
2	Drehbewegungen	5
2.1	Drehwinkel, Winkelbeschleunigung	5
2.2	Drehkräfte	5
2.3	Drehmoment	5
2.4	Drehimpuls	5
3	Gravitation	6
3.1	Keplersche Gesetze	6
3.2	Newtonsches Gravitationsgesetz	6
3.3	Gravitationsenergie	6
3.4	Gravitationspotential	6
3.5	Gravitationsfeldstärke	6

4	Starre Körper	7
4.1	Schwerpunkt	7
4.2	Trägheitsmoment	7
4.3	Drehimpuls	7
4.4	Drehmoment	7
4.5	Rotationsarbeit	7
4.6	Rotationsleistung	7
4.7	Steinerscher Satz	7
5	Festkörper, Flüssigkeiten, Gase	7
5.1	Reibung zwischen Festkörpern	7
5.1.1	Haftreibungskraft	7
5.1.2	Gleitreibungskraft	8
5.1.3	Rollreibungskraft	8
5.2	Dehnung	8
5.3	Spannung	8
5.4	Dehnungskoeffizient, Elastizitätsmodul	8
5.5	Poissonsche Zahl	8
5.6	Druck	8
5.7	Schubspannung	8
5.8	Schweredruck	9
5.9	Auftriebskraft	9
5.10	Boyle-Mariotte (Gasgesetz)	9
5.11	Kompressibilität bei Gasen	9
5.12	Barometrische Höhenformel	9
5.13	Oberflächenspannung	9
5.14	Kapillargesetz	9
5.15	Kontinuitätsgleichung für Flüssigkeiten	9

1 Kinematik, Dynamik, Erhaltungssätze

1.1 Geradlinige Bewegungen

$$\vec{r}(t) = \frac{1}{2}\vec{a} t^2 + \vec{v}_0 t + \vec{r}_0$$

$$\vec{v}(t) = \dot{\vec{r}}$$

$$\vec{a}(t) = \ddot{\vec{r}}$$

1.2 2. Newtonsches Gesetz

$$\vec{F} = m\vec{a} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

1.3 Arbeit

$$W = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}(\vec{r}) d\vec{r}$$

1.3.1 Beschleunigungsarbeit

$$W = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

1.3.2 Hubarbeit

$$W = mg\Delta h$$

1.3.3 Konservative Kräfte

$$\oint \vec{F}(\vec{r}) d\vec{r} = 0$$

1.4 Hooksches Gesetz

$$\vec{F} = D\vec{r}$$

1.4.1 Spannarbeit

$$W = \frac{1}{2}D(r_2^2 - r_1^2)$$

1.5 Potentielle und Kinetische Energie

$$W_{pot} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} d\vec{r}$$

$$W_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$W = W_{pot} + W_{kin} = const$$

1.6 Leistung

$$P = \frac{dW}{dt}$$

1.7 Impuls

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

1.7.1 Impulserhaltung

$$\sum \vec{p}_i = const$$

1.7.2 Kraftstoß

$$\Delta\vec{p} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$$

1.8 Schwingungen

1.8.1 Harmonischer Oszillator

$$\ddot{\vec{r}} + \omega^2\vec{r} = 0 \Rightarrow \vec{r}(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$W = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = W_{kin} + W_{pot}$$

$$\overline{W}_{kin} = \overline{W}_{pot} = \frac{\int_0^T W(t) dt}{T} = \frac{1}{2}W$$

1.8.2 Kreisfrequenz

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} = \underbrace{\sqrt{\frac{D}{m}}}_{\text{Feder}} = \underbrace{\sqrt{\frac{g}{l}}}_{\text{Fadenpendel}} = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{v}{r}$$

2 Drehbewegungen

2.1 Drehwinkel, Winkelbeschleunigung

$$\varphi(t) = \omega t$$

$$\alpha(t) = \frac{d\omega}{dt} = \ddot{\varphi}$$

2.2 Drehkräfte

$$\vec{r}(t) = (r \cos(\omega t), r \sin(\omega t))$$

$$\vec{v}(t) = (-r\omega \sin(\omega t), r\omega \cos(\omega t))$$

$$\vec{a}(t) = (-r\omega^2 \cos(\omega t), -r\omega^2 \sin(\omega t)) = -\omega^2 \vec{r}(t)$$

$$\underbrace{\vec{F}_{zp}}_{\text{Zentripetalkraft}} = -m\omega^2 \vec{r} = - \underbrace{\vec{F}_{zf}}_{\text{Zentrifugalkraft}}$$

2.3 Drehmoment

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

2.4 Drehimpuls

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

3 Gravitation

3.1 Keplersche Gesetze

1. Die Planetenbahnen sind Ellipsen mit der Sonne in einem Brennpunkt.
2. Die Verbindungslinie von der Sonne zum Planeten überstreicht in einem konstanten Zeitraum eine konstante Fläche.
3. Das Verhältnis der Umlaufzeiten der Planeten zum Quadrat ist gleich dem Verhältnis der dritten Potenz ihrer großen Halbachsen.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

3.2 Newtonsches Gravitationsgesetz

$$\vec{F} = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{e}_r$$

3.3 Gravitationsenergie

$$W_{pot} = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r} = -2W_{kin} = mV$$

$$W = W_{pot} + W_{kin} = -\frac{1}{2} \gamma \frac{m_1 m_2}{r}$$

- $W < 0 \rightarrow$ Geschlossene Bahn
- $W = 0 \rightarrow$ Parabel
- $W > 0 \rightarrow$ Offene Bahn

3.4 Gravitationspotential

$$V(\vec{r}) = -\gamma \frac{m}{r}$$

3.5 Gravitationsfeldstärke

$$\vec{G}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}(\vec{r})}{m} = -\frac{\nabla W_{pot}(\vec{r})}{m} = -\nabla V(\vec{r})$$

4 Starre Körper

4.1 Schwerpunkt

$$\vec{r}_s = \frac{1}{M} \int \vec{r} dm = \frac{1}{M} \int \vec{r} \rho dV \quad \text{mit } \rho = \frac{M}{V}$$

4.2 Trägheitsmoment

$$I = \int r^2 dm = \int r^2 \rho dV$$

4.3 Drehimpuls

$$\vec{L} = I\omega$$

4.4 Drehmoment

$$\vec{\tau} = I\alpha = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

4.5 Rotationsarbeit

$$dW = d\vec{\varphi} \cdot \vec{\tau}$$

4.6 Rotationsleistung

$$P = \vec{\omega} \cdot \vec{\tau}$$

4.7 Steinerscher Satz

$$I_A = I_S + Md^2$$

5 Festkörper, Flüssigkeiten, Gase

5.1 Reibung zwischen Festkörpern

5.1.1 Haftreibungskraft

$$F_H = \mu_H F_N$$

5.1.2 Gleitreibungskraft

$$F_G = \mu_G F_N$$

5.1.3 Rollreibungskraft

$$F_R = \frac{\mu_R}{r} F_N$$

5.2 Dehnung

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

5.3 Spannung

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

5.4 Dehnungskoeffizient, Elastizitätsmodul

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha \frac{F}{A} \Leftrightarrow \varepsilon = \alpha \sigma$$

$$E = \frac{1}{\alpha} \Rightarrow \varepsilon E = \sigma$$

5.5 Poissonsche Zahl

$$\mu = \frac{\Delta d}{d} / \frac{\Delta l}{l}$$

5.6 Druck

$$p = \frac{F_N}{A}$$

5.7 Schubspannung

$$\tau = \frac{F_T}{A}$$

5.8 Schweredruck

$$p = \rho g h$$

5.9 Auftriebskraft

$$F_A = \rho_{Fl} g V = G_{Fl}$$

5.10 Boyle-Mariotte (Gasgesetz)

$$p \cdot V = R \cdot n \cdot T$$

5.11 Kompressibilität bei Gasen

$$\kappa = \frac{1}{p}$$

5.12 Barometrische Höhenformel

$$p(h) = p_0 \exp\left(-\frac{\rho_0 \cdot g \cdot h}{p_0}\right)$$

5.13 Oberflächenspannung

$$\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta A}$$

5.14 Kapillargesetz

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$$

5.15 Kontinuitätsgleichung für Flüssigkeiten

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$