

Beschleunigung – Kraft

$$F = m \cdot a$$

$$[N = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}]$$

Beschleunigung – Weg

$$x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$[m = \frac{m}{s^2} \cdot s^2]$$

Haftreibung

$$F_H = \mu_H \cdot F_N$$

F_H : Haftreibung

μ_H : Haftreibungskonstante

F_N : Normalkraft

Gleitreibung

$$F_{\text{Gl}} = \mu_{\text{Gl}} \cdot F_{\text{N}}$$

F_{Gl} : Gleitreibung

μ_{Gl} : Gleitreibungskonstante

F_{N} : Normalkraft

Haftreibung – Schiefe Ebene

$$\mu_H = \tan \alpha$$

Winkel α für gegebenes μ_H , ab dem die Haftreibung nicht mehr zum Halten ausreicht, also das Objekt anfängt zu “rutschen”

Leistung

$$P = F \cdot v$$

$$\left[\begin{aligned} W &= N \cdot \frac{m}{s} \\ &= kg \frac{m}{s^2} \cdot \frac{m}{s} \\ &= kg \frac{m^2}{s^3} \end{aligned} \right]$$

Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$$

Radialbeschleunigung

$$a = \frac{v^2}{r}$$

$$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{\text{m}} \right]$$

Arbeit

$$W = F \cdot s$$

$$\left[\text{J} = \text{N} \cdot \text{m} \right.$$

$$= \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m}$$

$$= \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \left. \right]$$

potentielle Energie

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

$$\left[\text{J} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} \right. \\ \left. = \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$$

kinetische Energie

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$
$$\left[\text{J} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$$

Kreisfrequenz

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\left[\text{s}^{-1} = \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

T: Kreisfrequenz (Umlaufzeit)

Kreisfrequenz Hook'sche Feder

$$\omega = \sqrt{\frac{D}{m}}$$

$$\left[\text{s}^{-1} = \sqrt{\frac{\frac{\text{N}}{\text{m}}}{\text{kg}}} \right]$$

D: Federkonstante

harmonische Schwingung:
Beschleunigung

$$a(t) = -\omega^2 \cdot y_0 \cdot \sin \omega t = -\omega^2 \cdot y(t)$$

$$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{s}^{-2} \cdot \text{m} \right]$$

harmonische Schwingung:
Geschwindigkeit

$$v(t) = \omega \cdot y_0 \cdot \cos \omega t$$

$$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{s}^{-1} \cdot \text{m} \right]$$

harmonische Schwingung:
Auslenkung

$$y(t) = y_0 \cdot \sin \omega t$$

potentielle Energie
Hook'sche Feder

$$W = \frac{1}{2} \cdot D \cdot x^2 = E_{\text{pot}}$$

$$\begin{aligned} \left[J = \frac{\text{N}}{\text{m}} \text{m}^2 \right. \\ = \frac{\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{m}} \cdot \text{m}^2 \\ \left. = \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right] \end{aligned}$$

Kraft Hook'sche Feder

$$F = D \cdot x$$

$$\left[\text{N} = \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot \text{m} \right]$$

Inelastischer Stoß

$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

Elastischer Stoß

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v_2' = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_2 + m_1}$$

Drehimpuls

$$L = \vartheta \cdot \omega$$

$$\left[\text{N m s} = \text{kg m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \right]$$

$$\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{m s} = \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\left[\text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

Kinetische Energie Drehbewegung

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot \vartheta \cdot \omega^2$$
$$\left[\text{J} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \right]$$
$$= \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \Big]$$

Impuls

$$p = m \cdot v$$

$$\left[\frac{\text{kg m}}{\text{s}} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Kreisfrequenz Fadenpendel

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$\left[\text{s}^{-1} = \sqrt{\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{m}}} \right. \\ \left. = \sqrt{\text{s}^{-2}} = \text{s}^{-1} \right]$$

Nur bei $\alpha < 5^\circ$

Trägheitsmoment Stab um
Stabende

$$\vartheta = \frac{1}{3} \cdot m \cdot l^2$$

$$\left[\text{kg m}^2 = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \right]$$

l: Länge des homogenen Stabes

Trägheitsmoment Stab um
Schwerpunkt

$$\vartheta = \frac{1}{12} \cdot m \cdot l^2$$

$$\left[\text{kg m}^2 = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \right]$$

l: Länge des homogenen Stabes

Trägheitsmoment Vollzylinder

$$\vartheta = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2$$

$$\left[\text{kg m}^2 = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \right]$$

r: Durchmesser des Zylinders

Trägheitsmoment Hohlzylinder

$$\vartheta = m \cdot r^2$$

$$\left[\text{kg m}^2 = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \right]$$

Transformation
Geschwindigkeit –
Winkelgeschwindigkeit

$$v = r \cdot \omega$$

$$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \right]$$

Trägheitsmoment Kugel

$$\vartheta = \frac{2}{5} \cdot m \cdot r^2$$

$$\left[\text{kg m}^2 = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \right]$$

leeres Duplikat

31

Antwort

Leistung Translation

$$P = F \cdot v = M \cdot \omega$$

$$\left[W = N \cdot \frac{m}{s} = Nm \cdot s^{-1} \right]$$

$$kg \frac{m^2}{s^3} = kg \frac{m}{s^2} \cdot \frac{m}{s} \left] \right.$$

Drehmoment

$$M = F \cdot r$$

$$\left[\text{Nm} = \text{N} \cdot \text{m} \right]$$

Kreisfrequenz Drehschwingung

$$\omega = \sqrt{\frac{D}{\vartheta}}$$

$$\left[\text{s}^{-1} = \sqrt{\frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot \frac{1}{\text{kg m}^2}} \right]$$

Rückstellmoment Drehschwingung

$$M = -D_\varphi \cdot \varphi$$

$$[\text{Nm} = \text{Nm?}]$$

D_φ : Torsionsfederkonstante

φ : Verdrillungswinkel

Präzessionsfrequenz

$$\omega_{\text{p}} = \frac{M}{L} = \frac{F \cdot r \cdot \sin \varphi}{\vartheta \cdot \omega_{\text{r}}}$$

$$\left[\text{s}^{-1} = \frac{\text{Nm}}{\text{N m s}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{kg m}^2 \cdot \text{s}^{-1}} \right]$$

Satz von Steiner

$$\vartheta = m \cdot a^2 + \vartheta_{\text{SP}}$$

$$\left[\text{kg m}^2 = \text{m}^2 \cdot \text{kg} + \text{kg m}^2 \right]$$

- ϑ_{SP} Trägheitsmoment durch Schwerpunkt
 ϑ Trägheitsmoment durch neue Achse,
|| zur Achse von ϑ_{SP}
 a Abstand der beiden Achsen

Gravitationskonstante

$$\gamma = 6,6742 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2}$$

Gravitationspotential

$$\varphi = -\frac{\gamma \cdot m}{r}$$

$$\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = \frac{\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \text{kg}}{\text{m}} \right]$$

$$= \text{N} \frac{\text{m}}{\text{kg}} = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \frac{\text{m}}{\text{kg}} \Big]$$

pot. Energie Gravitation

$$E_{\text{pot}} = - \frac{\gamma \cdot m_1 \cdot m_2}{r}$$

$$\left[\begin{aligned} \text{J} &= \frac{\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \text{kg} \cdot \text{kg}}{\text{m}} \\ &= \text{Nm} \end{aligned} \right]$$

Gravitationsfeldstärke

$$g = -\frac{\gamma \cdot M}{r^2}$$

$$\begin{aligned} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] &= \frac{\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \text{kg}}{\text{m}^2} \\ &= \frac{\text{N}}{\text{kg}} = \frac{\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

M : Planetenmasse

Gravitationskraft

$$F_G = -\gamma \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\left[N = \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{\text{kg}^2}{\text{m}^2} \right]$$

Erhaltungssätze der klassischen Physik

- Energien
- Impulse
- Drehimpulse
- elektrische Ladungen

Corioliskraft

$$F_C = m \cdot a_c = 2 \cdot m \cdot v_{\perp} \cdot \omega$$

$$\left[\text{N} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \text{s}^{-1} \right]$$

a_c : Coriolisbeschleunigung

v_{\perp} : Geschwindigkeit des Körpers, rel.
zum rotierenden Bezugssystem

ω : Winkelgeschwindigkeit Bezugssystem

Keplersche Gesetze

- Planeten auf Ellipsen mit Sonne im gemeinsamen Brennpunkt
- Radiusvektor überstreicht in gleicher Zeit gleiche Fläche: $\frac{\Delta A}{\Delta t} = \text{const}$
- Umlaufzeit $T_{1,2}$, große Halbachse $a_{1,2}$ zweier Planeten: $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$

Planet auf Kreisbahn

$$\frac{r_p^3}{T_p^2} = \gamma \frac{m_s}{4\pi^2} = \textit{const.}$$

r_p : Radius Planetenbahn

T_p : Umlaufzeit Planet

m_s : Masse der Sonne

Gebundener und ungebundener Zustand

$$E = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = \frac{1}{2}m_2v^2 - \gamma\frac{m_1m_2}{r}$$

$E \geq 0$: ungebunder Zustand, m_2 kann sich beliebig weit von m_1 entfernen

$E < 0$: gebunder Zustand

Elastizitätsmodul

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$\left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{\frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{1} \right]$$

Zugfestigkeit

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

$$\left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

Hooksches Gesetz

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

$$\left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 1 \right]$$

relative Längenänderung

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\left[1 = \frac{\text{m}}{\text{m}} \right]$$

Poisson-Zahl

$$\mu = \left| \frac{\frac{\Delta d}{d}}{\frac{\Delta l}{l}} \right|$$

Querkontraktion, Dicke nimmt \perp zur Dehnung ab.

Druck

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

$$\left[\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

Kompressibilität

$$\frac{\Delta V}{V} = -\kappa p$$

$$\Rightarrow \kappa = \frac{3}{E}(1 - 2\mu)$$

$$\left[\frac{1}{\text{Pa}} = \frac{1}{\frac{\text{N}}{\text{m}^2}} \right]$$

Kompressionsmodul

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

$$\left[\text{Pa} = \frac{1}{\frac{1}{\text{Pa}}} \right]$$

Scherspannung

$$\tau = \frac{F_s}{A} = G\alpha$$

F_s : Scherkraft, tangential zu A

G: Torsions- oder Schubmodul [Pa]

α : Scherwinkel

Torsionskonstante
dünnwandiges Rohr

$$D_{\varphi} = \frac{2\pi r^3 d}{l} G$$

$$\left[\text{N m} = \frac{\text{m}^3 \text{ m}}{\text{m}} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

r: Rohrradius

d: Rohrwandstärke, $d \ll r$

l: Rohrlänge

Torsionskonstante
Vollstab

$$D_{\varphi} = \frac{\pi}{2} \frac{R^4}{l} G$$
$$\left[\text{N m} = \frac{\text{m}^4}{\text{m}} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

R: Rohrradius

l: Rohrlänge

Drehmoment Torsion

$$M = D_\varphi \cdot \varphi$$

$$\left[\text{N m} = \text{N m} \right]$$

Dehnung eines Stabes
Federkonstante

$$D = \frac{E \cdot A}{l}$$

$$\left[\frac{\text{N}}{\text{m}} = \frac{\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^2}{\text{m}} \right]$$

potentielle Energie
Dehnarbeit

$$W = \frac{1}{2} \cdot E \cdot A \cdot l \cdot \varepsilon^2 = \frac{1}{2} \cdot E \cdot V \cdot \varepsilon^2$$

$$\left[J = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{m} = \text{N m} \right]$$

Energiedichte Dehnung

$$w = \frac{W}{V} = \frac{E}{2} \varepsilon^2$$

$$\left[\frac{\text{J}}{\text{m}^3} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right. \\ \left. = \frac{\text{N m}}{\text{m}^3} \right]$$

Energiedichte Torsion

$$w = \frac{G}{2} \alpha^2$$

$$\left[\frac{\text{J}}{\text{m}^3} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right. \\ \left. = \frac{\text{N m}}{\text{m}^3} \right]$$

Viskosität
“Zähigkeit”

$$\eta \left[\frac{\text{N s}}{\text{m}^2} \right]$$

Dichte

$$\varrho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

Oberflächenspannung

$$\sigma \left[\frac{\text{J}}{\text{m}^2} \right]$$

hydrostatischer Druck
Schweredruck

$$p(h) = p_0 + \varrho \cdot h \cdot g$$

$$\left[\text{Pa} = \text{Pa} + \underbrace{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right]$$
$$\frac{\text{kg}}{\text{m s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$$

p_0 : (Luft-)Druck an der Oberfläche

h : Tiefe

Auftrieb

$$F = (\varrho_{\text{F1}} - \varrho_{\text{K}}) \cdot V_{\text{K}} \cdot g$$

$$\left[\text{N} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m}^3 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$\varrho_{\text{F1}} < \varrho_{\text{K}} \Leftrightarrow F_{\text{A}} < F_{\text{G}} \Rightarrow$	Körper sinkt
$\varrho_{\text{F1}} = \varrho_{\text{K}} \Leftrightarrow F_{\text{A}} = F_{\text{G}} \Rightarrow$	Körper schwebt
$\varrho_{\text{F1}} > \varrho_{\text{K}} \Leftrightarrow F_{\text{A}} > F_{\text{G}} \Rightarrow$	Körper steigt

Barometrische Höhenformel

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

Rückstellkraft
Oberflächenspannung

$$F = 2 \cdot \sigma \cdot l$$

$$\left[\text{N} = \frac{\text{J}}{\text{m}^2} \cdot \text{m} = \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot \text{m} \right]$$

σ : Oberflächenspannung

l : Länge der Randlinie des Bügels

Oberflächenenergie

$$W = A \cdot \sigma$$

$$\left[J = \text{m}^2 \cdot \frac{\text{J}}{\text{m}^2} \right]$$

Druck in Flüssigkeitskugel

$$p = 2 \frac{\sigma}{r} \quad \text{Vollkugel (Wassertropfen)}$$

$$p = 3 \frac{\sigma}{r} \quad \text{Hohlkugel (Seifenblase)}$$

$$\left[\text{Pa} = \frac{\frac{\text{J}}{\text{m}^2}}{\text{m}} = \frac{\frac{\text{N m}}{\text{m}^2}}{\text{m}} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

Kugeloberfläche- und Volumen

$$A = 4\pi r^2$$

Kugeloberfläche

$$A = \frac{4}{3}\pi r^3$$

Kugelvolumen

Kontinuitätsgleichung
für inkompressible Medien

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

für $\varrho = \text{const}$

Bernoulli-Gleichung

$$\underbrace{\frac{\rho}{2} v_1^2}_{\text{Staudruck}} + \underbrace{p_1}_{\text{stat. Druck}} = \underbrace{p_0}_{\text{Gesamtdruck}}$$

Newtonsches Reibungsgesetz
Viskosität zwischen Platten

$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{dv}{dx}$$

$$\left[N = \frac{Ns}{m^2} \cdot m^2 \cdot \frac{\frac{m}{s}}{m} \right]$$

Geschwindigkeit im Stromröhrchen

$$v(r) = \frac{p_1 - p_2}{4\eta l} (R^2 - r^2)$$

$$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{\text{Pa}}{\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{m}} \text{m}^2 = \frac{\frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{m}} \text{m}^2 = \frac{\text{m}^2}{\text{m s}} \right]$$

$p_{1,2}$: Druck vor und hinter dem Röhrchen

R : Radius des umschließenden Rohres

r : Radius des Röhrchens

Antriebskraft Rohrströmung

$$F = \pi \cdot r^2 \cdot \Delta p$$

$$\left[\text{N} = \text{m}^2 \cdot \text{Pa} = \text{m}^2 \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

Gesetz von Hagen-Poiseuille

$$\dot{M} = \frac{\varrho \cdot \pi}{8 \cdot \eta} \cdot \frac{\Delta p}{l} \cdot R^4 \sim R^4$$

$$\left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\frac{\text{N s}}{\text{m}^2}} \cdot \frac{\frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\text{m}} \cdot \text{m}^4 = \frac{\text{N kg m}^6}{\text{N s m}^6} \right]$$

\dot{M} : Massenstromstärke

Δp : Druckdifferenz vor und hinter dem Rohr

R : Radius des Rohres

Stokesches Gesetz für Kugel

$$F_R = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

$$\left[\text{N} = \frac{\text{N s}}{\text{m}^2} \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$v = \text{const}$ für:

$$mg - |F_A| = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v = F_R$$

Reynolds-Zahl

$$Re = \frac{\varrho \cdot L \cdot v}{\eta}$$

$$\left[1 = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\frac{\text{N s}}{\text{m}^2}} = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{s m}}}{\frac{\text{kg}}{\text{s m}}} \right]$$

Sobald Re einen bestimmten Grenzwert überschreitet (z.B. 2300 bei Rohrströmung), schlägt die Strömung von laminar in turbulent um.

Luftwiderstand

$$F = c_w \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot A$$

$$\left[\text{N} = 1 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot \text{m}^2 \right]$$

c_w : Strömungswiderstandskoeffizient

A : Stirnfläche

Hinweise zur Nutzung dieser Karteilernkarten:

Die Karten wurden von allen Beteiligten nach bestem Wissen und Gewissen erstellt, für Fehlerfreiheit und Klausurgelingen kann aber keine Garantie gegeben werden.

”THE BEER-WARE LICENSE”:

Moritz Augsburger (and others, see <https://github.com/maugsburger/exph>) wrote this file. As long as you retain this notice you can do whatever you want with this stuff.

If we meet some day and you think this stuff is worth it, you can buy me a beer or a coffee in return.