Formelsammlung Physik

Zeichen	SI-Basisgröße	Basiseinheit	Symbol	Definition
l	Länge	Meter	m	
m	Masse	Kilogramm	kg	
t	Zeit	Sekunde	s	
I	Elektrische Stromstärke	Ampere	A	
T	Temperatur	Kelvin	K	237,15K = 0 °C
n	Stoffmenge	Mol	Mol	
I_V	Lichtstärke	Candela	cd	
Zeichen	**Größe**	**Einheit**	**Symbol**	**Definition**
f	Frequenz	Hertz	Hz	1 / s
φ	Ebener Winkel	Radiant	rad	m / m = 1 ≈ 57.2958°
Ω	Raumwinkel	Steradiant	sr	$m^2 / m^2 = 1$
F	Kraft	Newton	N	$kg \cdot m / s^2 = J / m$
p	Druck, mech. Spannung	Pascal	Pa	$kg / (m \cdot s^2) = N / m^2$
E , W	Energie, Arbeit, Wärmemenge	Joule	J	$(kg \cdot m^2)/ s^2 = Nm = Ws = Pa \cdot m^3$
P	Leistung, Wärmestrom	Watt	W	$(kg \cdot m^2)/ s^3 = J / s = VA$
Q	Elektrische Ladung	Coulomb	C	As
U	Elektrische Spannung	Volt	V	$kg \cdot m^2 / (s^3 \cdot A) = W / A = J / C$
C	Elektrische Kapazität	Farad	F	$s^4 \cdot A^2 / (kg \cdot m^2) = C / V = C^2 / J$
R	Elektrischer Widerstand	Ohm	Ω	$kg \cdot m^2 / (s^3 \cdot A^2) = V / A = Js /C^2$
G	Elektrischer Leitwert	Siemens	S	$s^3 \cdot A^2 / (kg \cdot m^2) = A / V = 1 / \Omega$
Φ	Magnetischer Fluss	Weber	Wb	$kg \cdot m^2 / (s^2 \cdot A) = Vs$
B	Magnetische Flussdichte	Tesla	T	$kg / (s^2 \cdot A^2) = Wb / m^2 = Vs / m^2$
L	Induktivität	Henry	H	$kg \cdot m^2 / (s^2 \cdot A^2) = Wb / A = Vs / A$
Zeichen	**abgeleitete Größe**	**Einheitenname**	**Symbol**	**Definition**
T	T Differenz zu 273.15 K	Grad Celsius	°C	K
Φ	Lichtstrom	Lumen	lm	cd · sr
E	Beleuchtungsstärke	Lux	lx	$cd \cdot sr / m^2 = lm / m^2$

10^{24}	Yotta	Y
10^{21}	Zetta	Z
10^{18}	Exa	E
10^{15}	Peta	P
10^{12}	Tera	T
10^{9}	Giga	G
10^{6}	Mega	M
10^{3}	Kilo	k
10^{2}	Hekto	h
10^{1}	Deka	da

10^{-1}	Dezi	d
10^{-2}	Zenti	c
10^{-3}	Milli	m
10^{-6}	Mikro	µ
10^{-9}	Nano	n
10^{-12}	Piko	p
10^{-15}	Femto	f
10^{-18}	Atto	a
10^{-21}	Zepto	z
10^{-24}	Yokto	y

Zeichen	Größe	Einheit	Zeichen	Größe	Einheit
J	Massenträgheitsmoment	$kg \cdot m^2$			
ρ	Massendichte	kg / m^3			
ω	Kreisfrequenz	rad / s			
M	Drehmoment	Nm			

Zeit	1d = 24h = 1440min = 86400s, 1h = 60min = 3600s, 1min = 60s
Ebener Winkel	1° = π/180 rad = 3600 arcsec, 1′ = 1° /60 = π/(180·60)rad, 1″ = 1′/60 = 1°/3600 = π/(180·3600)rad
Kraft	1 dyn = $1 \cdot 10^{-5}$ N, 1kp = 9.80665 N
Druck	TA: 1 at = 1 kp/cm² = 98066.5 Pa, SA: 1 atm = 1013250 dyn/cm² = 101325, Bar: 1 bar = 10^5 Pa

Interpolationsgerade durch 2 Punkte:

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1 \qquad \frac{y - y_1}{x - x_1} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Näherungsgerade durch N Punke:

$$y = bx + c$$

mit

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i\,, \qquad b = \frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} y_i\,, \qquad c = \bar{y} - b\bar{x}$$

Differenztialrechnung:

Produktregel: $f(x) = u \cdot v \;\rightarrow\; f'(x) = u' \cdot \mathrm{v} + \mathrm{u} \cdot \mathrm{v}'$

Quotientenregel: $f(x) = \frac{u}{v} \;\rightarrow\; f'(\mathrm{x}) = \frac{\mathrm{u}' \cdot \mathrm{v} - \mathrm{u} \cdot \mathrm{v}'}{v^2}$

Kettenregel: $f\big(g(x)\big) \;\rightarrow\; f' \cdot (\mathrm{g}(\mathrm{x})) \cdot \mathrm{g}'(\mathrm{x})$

Korrespondenzen:

$f(x)$	$f'(\mathrm{x})$
$\ln\lvert x\rvert, \quad x \neq 0$	$\frac{1}{x}$
$\log_b \lvert x\rvert, \quad b > 0$	$\frac{1}{x\,\ln(b)}$
$\frac{1}{x}$	$-\frac{1}{x^2}$
$\frac{1}{x^2}$	$-\frac{2}{x^3}$
$\frac{1}{x^n}$	$-\frac{n}{x^{n+1}}$

$f(x)$	$f'(\mathrm{x})$
$\sqrt{x}$	$\frac{1}{2\sqrt{x}}$
$\sqrt[n]{x}, \quad n \neq 0$	$\frac{1}{n\,\sqrt[n]{x^{n-1}}}$
e^x	e^x
$b^x, \quad b > 0$	$b^x\,\ln(b)$
$\arcsin(x)$	$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
$\arccos(x)$	$\frac{-1}{\sqrt{1-x^2}}$
$\arctan(x)$	$\frac{1}{x^2+1}$

Integralrechnung Korrespondezen:

$f(x)$	$\mathrm{F}(\mathrm{x})$
x^n	$\frac{1}{n+1}x^{n+1}, \quad n \neq -1$
$\frac{1}{x}$	$\ln\lvert x\rvert, \quad x \neq 0$
$\frac{1}{x^n}$	$-\frac{1}{(n-1)\,x^{n-1}}, \quad n \neq 1$
$\sqrt{x}$	$\frac{2}{3}x^{\frac{3}{2}}$
$\sqrt[n]{x}$	$\frac{n}{n+1}x^{\frac{n+1}{n}}, \quad n \neq -1, n \neq 0$
$\frac{1}{\sqrt{x}}$	$2\sqrt{x}$
e^x	e^x
$x\mathrm{e}^{ax}$	$\frac{ax-1}{a^2}\mathrm{e}^{ax}$
$\mathrm{e}^{ax}\sin(bx)$	$\frac{e^{ax}}{a^2+b^2}(a\sin(bx) - b\cos(bx))$
$\mathrm{e}^{ax}\cos(bx)$	$\frac{e^{ax}}{a^2+b^2}(a\cos(bx) + b\sin(bx))$
b^x	$\frac{1}{\ln(b)}b^x, \quad b > 0, b \neq 1$
$\ln(x)$	$x(\ln(x) - 1), \quad x > 0$
$\log_b(x)$	$\frac{1}{\ln(b)}x(\ln(x) - 1)$

$f(x)$	$F(\mathrm{x})$
$\sin(x)$	$-\cos(x)$
$\cos(x)$	$\sin(x)$
$\tan(x)$	$-\ln(\lvert\cos(x)\rvert)$
$(\sin(x))^2$	$\frac{1}{2}(x - \sin(x)\cos(x))$
$(\cos(x))^2$	$\frac{1}{2}(x + \sin(x)\cos(x))$
$(\tan(x))^2$	$\tan(x) - x$
$\sin(ax)\cos(ax)$	$\frac{1}{2a}(\sin(ax))^2$
$x\sin(ax)$	$\frac{1}{a^2}\sin(ax) - \frac{x}{a}\cos(ax)$
$x\cos(ax)$	$\frac{1}{a^2}\cos(ax) + \frac{x}{a}\sin(ax)$
$\arcsin(x)$	$x\arcsin(x) + \sqrt{1-x^2}$
$\arccos(x)$	$x\arccos(x) - \sqrt{1-x^2}$
$\arctan(x)$	$x\arctan(x) - \frac{1}{2}\ln(1+x^2)$
$\frac{1}{x^2+a^2}$	$\frac{1}{a}\arctan\left(\frac{x}{a}\right), \quad a \neq 0$
$\frac{x^2}{x^2+1}$	$x - \arctan(x)$

Geometrie: Dreieckregeln:

S	C	T
G	A	G
H	H	A

Höhensatz: $c_1 \cdot c_2 = h_c^2$

Kathetensatz: $c \cdot c_2 = a^2 \qquad c \cdot c_1 = b^2$

Sinussatz: $\frac{a}{sin\alpha} = \frac{b}{sin\beta} = \frac{c}{sin\gamma} = \frac{a \cdot b \cdot c}{2 \cdot A}$

Cosinussatz: $a^2 + b^2 - 2ab \cdot cos(\gamma) = c^2$

$$a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos(\beta) = b^2$$

$$b^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos(\alpha) = a^2$$

Kreis:

Umfang: $U = 2 \cdot \pi \cdot r = \pi \cdot d$

Fläche: $A = \pi \cdot r^2$

Kreissektor:

Kreisbogen-Länge(φ in °): $b = 2\pi r \cdot \frac{\varphi}{360°}$

Kreisbogen-Länge(φ in rad): $b = r \cdot \varphi$

Kreisbogen-Fläche(φ in °): $A = \pi r^2 \cdot \frac{\varphi}{360°}$

Kreisbogen-Fläche(φ in rad): $A = \frac{1}{2}r^2\varphi = \frac{1}{2}rb$

Umrechnung Radiant und Grad: $\frac{x}{2\pi} = \frac{\alpha}{360°}$

Trigonometrische Formeln:

$$\sin(-x) = -\sin(x) \qquad \sin(2x) = 2\sin(x)\cos(x)$$

$$\cos(-x) = \cos(x) \qquad \cos(2x) = 2(\cos x)^2 - 1$$

$$\tan(-x) = -\tan(x) \qquad \tan(2x) = \frac{2\tan(x)}{1 - (\tan x)^2}$$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos(x) \qquad \sin\left(\frac{x}{2}\right) = \pm\sqrt{\frac{1}{2}(1 - \cos(x))}$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin(x) \qquad \cos\left(\frac{x}{2}\right) = \pm\sqrt{\frac{1}{2}(1 + \cos(x))}$$

$$\cot\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \tan(x) \qquad \tan\left(\frac{x}{2}\right) = \pm\sqrt{\frac{1 - \cos(x)}{1 + \cos(x)}}$$

$$(\cos x)^2 + (\sin x)^2 = 1 \qquad \sin(x \pm y) = \sin(x)\cos(y) \pm \cos(x)\sin(y)$$

$$\tan(x) = \frac{\sin(x)}{\cos(x)} \qquad \cos(x \pm y) = \cos(x)\cos(y) \mp \sin(x)\sin(y)$$

$$\tan(x \pm y) = \frac{\tan(x) \pm \tan(y)}{1 \mp \tan(x)\tan(y)}$$

Vektorrechnung:

Winkel zwischen Vektoren: $\varphi = \arccos\frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}||\vec{b}|}$

Orthogonale Projektion eines Vektor $\vec{b}$ auf Vektor $\vec{a}$:

$$\vec{b}_{\vec{a}} = \frac{\vec{b} \cdot \vec{a}}{\vec{a} \cdot \vec{a}}\vec{a} = \left(\vec{b} \cdot \frac{\vec{a}}{|\vec{a}|}\right)\frac{\vec{a}}{|\vec{a}|}$$

$$|\vec{b}_{\vec{a}}| = |\vec{b}|\; cos\varphi$$

Mittelpunkt M zwischen Punkten A und B:

$$\vec{m} = \frac{1}{2}(\vec{a} + \vec{b})$$

Formelsammlung Physik

Elementare Statistik:

Relative Häufigkeit: $h_i = h(E_i) = \frac{n_i}{n}$

Arithmetisches Mittel: $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \cdots + x_n)$

Geometrisches Mittel: $\bar{x}_G = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} x_i} = (x_1 x_2 \cdots x_n)^{1/n}$

Harmonisches Mittel: $\bar{x}_H = \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{x_i}\right)^{-1} = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \cdots + \frac{1}{x_n}}$

Varianz: $s_x^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2$

Standardabweichung: $s_x = \sqrt{s_x^2}$

Mittlere absolute Abweichung: $e_x = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|x_i - \bar{x}|$

Median: n ungerade: $\frac{n+1}{2} = x_m \rightarrow M = w_m$

n gerade: $x_{m1} = \frac{n}{2}$ $x_{m2} = x_{m1} + 1 \rightarrow M = \frac{w_{m1} + w_{m2}}{2}$

Quantil: $\frac{n \cdot \%}{100} = x_Q \rightarrow Q = w_Q$ Modus: häufigster Wert

Wahrer Fehler: $\delta x_{i,w} = x_i - x_w$ Scheinbarer Fehler: $\delta x_i = x_i - \bar{x}$

Relativer Fehler: $\delta x_{i,rel} = \frac{\delta x_i}{\bar{x}}$ oder $\delta x_{i,w,rel} = \frac{\delta x_{i,w}}{x_w}$

(Standardabweichung von $\bar{x}$)
Unsicherheit: $u_x = \frac{s_x}{\sqrt{n}}$ Gesamtunsicherheit: $u_{x,\text{ges}} = \sqrt{u_{x,1}^2 + u_{x,2}^2 + \cdots}$

Messunsicherheiten:
analog: $u = a/\sqrt{6}$ (2a = Abstand Skalenstrichen)
digital: : $u = a/\sqrt{3}$ (2a = Auflösung)

Anzahl der Wiederholungsmessungen n	Statistischer Vertrauensbereich p 68,27% $t_{0,6827}$	95,45% $t_{0,9545}$	99,73% $t_{0,9973}$
1	1,84	13,97	235,80
2	1,32	4,53	19,21
3	1,20	3,31	9,22
4	1,14	2,87	6,62
5	1,11	2,65	5,51
6	1,09	2,52	4,90
7	1,08	2,43	4,53
8	1,07	2,37	4,28
9	1,06	2,32	4,09
10	1,05	2,28	3,96
15	1,03	2,18	3,59
20	1,03	2,13	3,42
30	1,02	2,09	3,27
50	1,01	2,05	3,16
100	1,01	2,03	3,07
200	1,00	2,01	3,03
∞	1,00	2,00	3,00

Wertebereich: $\bar{x} - t_p + u_x \leq x_w \leq \bar{x} + t_p + u_x$

Fehlerfortpflanzung:

Messabweichung: $\delta y \approx \frac{\partial f}{\partial v}(\bar{v}, \bar{w}, \ldots)\,\delta v + \frac{\partial f}{\partial w}(\bar{v}, \bar{w}, \ldots)\,\delta w + \ldots$

Absolute Fehlergrenze: $\delta y_{\max} \approx \left|\frac{\partial f}{\partial v}(\bar{v}, \bar{w}, \ldots)\,\delta v_{\max}\right| + \left|\frac{\partial f}{\partial w}(\bar{v}, \bar{w}, \ldots)\,\delta w_{\max}\right| + \ldots$

Relative Fehlergrenze: $\delta y_{\text{rel}} \approx \delta y_{\max}/\bar{y}$

Messunsicherheit (Gaußsches Fehlerfortpflanzungsgesetz):

$$u_y \approx \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial v}(\bar{v}, \bar{w}, \ldots)\,u_v\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial w}(\bar{v}, \bar{w}, \ldots)\,u_w\right)^2 + \ldots}$$

Drehbewegung:

Frequenz: $f = \frac{1}{T}$ Kreisfrequenz: $\omega = 2\pi \cdot f = \frac{2\pi}{T}$

Winkeländerung: $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0$ Bogenlänge: $\Delta s = r \cdot \Delta\varphi$

Winkelgeschwindigkeit: $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$

Winkelbeschleunigung: $\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$

Bahngeschwindigkeit: $v_t = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ $v_t(t) = r \cdot \dot{\varphi}(t) = r \cdot \omega(t)$

Bahnbeschleunigung: $a_t(t) = r \cdot \ddot{\varphi}(t) = r \cdot \dot{\omega}(t) = r \cdot \alpha(t)$

Gleichförmige Rotation:

$\varphi(0) = \varphi_0$ $\alpha(t) = 0 = const.$ $\omega(t) = \omega_0 = const.$

$\varphi(t) = \varphi_0 + \omega_0 \cdot t$

Gleichmäßig beschleunigte Rotation:

$\varphi(0) = \varphi_0$ $\omega(0) = \omega_0$ $\alpha(t) = \alpha_0 = const.$

$\omega(t) = \omega_0 + \alpha_0 \cdot t$

$\varphi(t) = \varphi_0 + \omega_0 \cdot t + 0{,}5 \cdot \alpha_0 \cdot t^2$

$\omega^2(t) = \omega_0^2 + 2 \cdot \alpha_0 \cdot (\varphi(t) - \varphi_0)$

Ebene Drehbewegung: radial tangential

$\vec{r}(t) = r(t) \cdot \vec{e_r}(t)$

$\vec{v}(t) = \dot{\vec{r}}(t) = \dot{r}(t) \cdot \vec{e_r}(t) + r(t) \cdot \omega(t) \cdot \vec{e_\varphi}(t)$

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

$= \left(\ddot{r}(t) - r(t)\omega^2(t)\right)\vec{e_r}(t) + \left(2\dot{r}(t)\omega(t) + r(t)\dot{\omega}(t)\right)\vec{e_\varphi}(t)$

Rückrechnung ins kartesische KS

$\vec{e_r}(t) = \cos(\varphi(t))\,\vec{e_x} + \sin(\varphi(t))\vec{e_y}$

$\vec{e_\varphi}(t) = -\sin(\varphi(t))\,\vec{e_x} + \sin(\varphi(t))\vec{e_y}$

$\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r \cdot \cos(\varphi) \\ r \cdot \sin(\varphi) \end{bmatrix}$

Kreisbewegung: $t_0 = 0,\ \varphi_0 = \varphi(0), \omega_0 = const,\ r = const$

$\vec{r}(t) = \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0) \\ r \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi_0) \end{bmatrix}$

$\vec{v_t}(t) = \dot{\vec{r}}(t) = \begin{bmatrix} -\omega_0 \cdot r \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi_0) \\ \omega_0 \cdot r \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0) \end{bmatrix}$

$v_t = |\vec{v_t}(t)| = \omega_0 \cdot r$ $\vec{v_t}(t) \perp \vec{r}(t)$

$\vec{a_r}(t) = -\omega_0^2 \cdot \vec{r}(t) = -\frac{v_t^2}{r^2} \cdot \vec{r}(t)$

$a_r = |\vec{a_r}(t)| = \omega_0^2 \cdot r = \frac{v_t^2}{r}$

$\varphi(t) = \varphi_0 + \omega_0 \cdot t$

$\Delta\varphi(t) = \varphi(t) - \varphi_0 = \omega_0 \cdot t$

$\Delta s(t) = r \cdot \Delta\varphi(t) = r \cdot \omega_0 \cdot t$

$\omega_0 = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

Formelsammlung Physik

Mechanik starrer Körper

Verschiebung: $\Delta x = x_E - x_A$ Strecke: $\Delta s = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| + \ldots$

Mittlere Geschwindigkeit: $\bar{v}_x = \frac{x_E - x_A}{t_E - t_A} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Mittlerer Geschwindigkeitsbetrag: $\bar{u}_x = \left|\frac{\Delta s}{\Delta t}\right|$

Zusammenhang: $a_x(t) = \dot{v}_x(t) = \ddot{x}(t)$

$$v_x(t) = \dot{x}(t) = v_x(t_0) + \int_{t_0}^{t} a_x(\tau)\, d\tau$$

$$x(t) = x(t_0) + \int_{t_0}^{t} v_x(\tau)\, d\tau$$

Gleichförmige Bewegung: $v_x = konst. \quad a_x = 0 \ (\text{konst.})$

$$x(t) = x_0 + v_x \cdot (t - t_0)$$

Gleichmäßig beschleunigte Bewegung: $a_x = konst.$

$$x(t) = x_0 + v_{0,x} \cdot (t - t_0) + \frac{1}{2} a_x \cdot (t - t_0)^2$$

$$v_x(t) = v_{0,x} + a_x \cdot (t - t_0)$$

$$v_x{}^2 - v_{0,x}{}^2 = 2a_x(x - x_0)$$

$$\bar{a}_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{xE} - v_{xA}}{t_E - t_A}$$

Freier Fall: $y(0) = h \quad v_y(0) = v_0 \quad a_y(t) = -g = konst.$

$$v_y(t) = v_0 - g \cdot t$$

$$y(t) = h + v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

Aufprallzeit: $t_E = t_0 + \frac{1}{g}\left(v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2 \cdot g \cdot h}\right)$

Schiefer Wurf: $(2\ Dimensionen)$

$$\vec{r}(t) = \begin{bmatrix} x_0 + v_{x0} \cdot t \\ y_0 + v_{y0} \cdot t - 0{,}5gt^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 + v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t \\ y_0 + v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t - 0{,}5gt^2 \end{bmatrix}$$

$$\vec{v}(t) = \begin{bmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{x0} \\ v_{y0} - gt \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_0 \cdot \cos(\alpha) \\ v_0 \cdot \sin(\alpha) - 0{,}5gt \end{bmatrix}$$

$$\vec{a}(t) = \begin{bmatrix} a_x(t) \\ a_y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -g \end{bmatrix}$$

Wurfparabel (nach Eliminierung von t)

$$y(x) = y_0 + \frac{v_{y0}(x - x_0)}{v_{xo}} - \frac{g(x - x_0)^2}{2v_{x0}^2}$$

$$= y_0 + \tan(\alpha) \cdot (x - x_0) - \frac{g \cdot (x - x_0)^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot cos^2(\alpha)}$$

Scheitelpunkt

$$\vec{r}(t_s) = \begin{bmatrix} x_s \\ y_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 + \frac{v_{x0} \cdot v_{y0}}{g} \\ y_0 + \frac{v_{y0}^2}{2g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 + \frac{v_0^2}{g} \sin(\alpha)\cos(\alpha) \\ y_0 + \frac{v_0^2}{2g} sin^2(\alpha) \end{bmatrix}$$

$$\vec{v}(t_s) = \begin{bmatrix} v_{x,s} \\ v_{y,s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{x0} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_0 \cdot \cos(\alpha) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$bei\ \ t_s = \frac{v_{y0}}{g} = \frac{v_0}{g} \cdot \sin(\alpha)$$

Endpunkt $y(t) = y(x) = 0$

$$\vec{r}(t_E) = \begin{bmatrix} x_E \\ y_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 + \frac{v_{x0}}{g}\left(v_{y0} + \sqrt{2gy_0 + v_{y0}^2}\right) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} x_0 + \frac{v_0}{g} \cos(\alpha) \cdot \left(v_0 \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{2gy_0 + v_0^2 sin^2(\alpha)}\right) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\vec{v}(t_E) = \begin{bmatrix} v_{x,E} \\ v_{y,E} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{x0} \\ -\sqrt{2gy_0 + v_{y0}^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_0 \cos(\alpha) \\ -\sqrt{2gy_0 + v_0^2 \cdot sin^2(\alpha)} \end{bmatrix}$$

Aufprallgeschwindigkeit

$$|\vec{v}(t_E)| = \sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0}^2 + 2gy_0} = \sqrt{v_0^2 + 2gy_0}$$

Aufprallwinkel zur Horizontalen

$$\beta_E = \arctan\left(\frac{2}{v_{x0}}\sqrt{2 \cdot g \cdot y_0 + v_{y0}^2}\right) = \arctan\left(\sqrt{\frac{2gy_0}{v_0^2 \cdot \cos(\alpha)} + tan^2(\alpha)}\right)$$

$$Bei\ \ t_E = \frac{1}{g}\left(v_{y0} + \sqrt{2gy_0 + v_{y0}^2}\right)$$

$$= \frac{1}{g}\left(v_0 \sin(\alpha) + \sqrt{2gy_0 + v_0^2 sin^2(\alpha)}\right)$$

Newtonschen Axiome

Newton 1: $\vec{a} = 0\ wenn\ \vec{F} = 0 \quad (\vec{v}\ kann \neq 0$ sein! $)$

Newton 2: $\frac{d}{dt}\vec{p}(t) = \vec{F}_{res}(t) \quad mit \quad \vec{p}(t) = m(t) \cdot \vec{v}(t)$

$$m(t) \cdot \vec{a}(t) + \dot{m}(t) \cdot \vec{v}(t) = \sum_i \vec{F}_i(t)$$

Bei konstanter Masse: $m \cdot \vec{a}(t) = \sum_i \vec{F}_i(t) \ \rightarrow \ F = m \cdot a$

Newton 3: Wechselwirkungsprinzip $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

Gravitationskraft: $\vec{F}_{G12} = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{(r_{12})^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}} \quad F_{G12} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{(r_{12})^2}$

Normalkraft: $F_N = m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$

Hangabtriebskraft: $F_H = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$

Reibungskraft: $\vec{F}_R = -\mu_R \cdot F_N \cdot \frac{\vec{v}(t)}{v(t)} \qquad F_R = \mu_R \cdot F_N$

Luftreibung: $\vec{F}_W = -\frac{1}{2}\, c_W\, \rho\, A\, v\, \vec{v} \qquad F_w = -\frac{1}{2}\, c_W\, \rho\, A\, v^2$

Federkraft: $F_{Zug} = k_F \cdot x \quad F_{Feder} = -k_F \cdot x$ (Hookesches Gesetz)

Zentripetalkraft: $\vec{F}_{ZP} = -m \cdot \omega^2 \cdot \vec{r} \qquad F_{ZP} = m \cdot \omega^2 \cdot r$

Allgemein: $\vec{F} = \begin{pmatrix} (+rechts)(-links) & F_x \\ (+oben)(-unten) & F_y \end{pmatrix}$

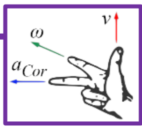
Trägheitskraft: $\vec{F}_T = -m \cdot \vec{a}_B^{(I)}$

Zentrifugalkraft: $\vec{F}_{ZF} = m \cdot \omega^2 \cdot \vec{r} = -\vec{F}_{ZP}$

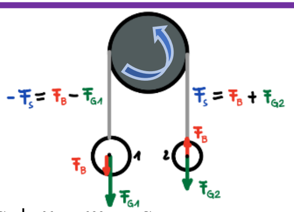
Coriolis-Kraft: $\vec{F}_{Cor} = 2m \cdot \vec{v} \times \vec{\omega} = 2 \cdot m \cdot |\vec{v}| \cdot |\vec{\omega}| \cdot sin\angle(\vec{v}, \vec{\omega})$

Coriolis-Beschleunigung:

$$\vec{a}_{Cor} = 2 \cdot v_r \cdot \omega \cdot \vec{e}_\varphi = 2 \cdot \vec{v} \times \vec{\omega} = 2 \cdot |\vec{v}| \cdot |\vec{\omega}| \cdot sin\angle(\vec{v}, \vec{\omega})$$



Formelsammlung Physik



Seilkraft: überall gleich !!!

Massenmittelpunkt:

$$x_S \cdot (m_1 + m_2) \cdot g = x_1 \cdot m_1 \cdot g + x_2 \cdot m_2 \cdot g$$

$$x_S = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2}{m_1 + m_2}$$

Hier noch eine Skizze evtl

Arbeit und Energie:

Arbeit: $W = \vec{F} \cdot \vec{s} = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cdot cos\angle(\vec{F}, \vec{s})$

Hubarbeit: $W_H = m \cdot g \cdot h \rightarrow E_{pot} = W_H$

Beschleunigungsarbeit: $W_B = F_B \cdot s = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow E_{kin} = W_B$

Reibungsarbeit: $W_R = F_R \cdot s = \mu \cdot F_N \cdot s \rightarrow E_{therm} = W_R$

Arbeit im Kosi: $\Delta W = F \cdot \Delta s$ (Fläche unter Graphen)

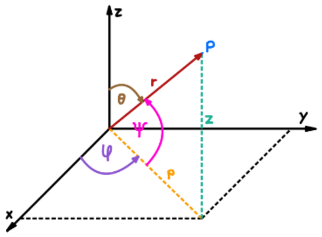
Leistung: $P = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$

Koordinatenarten:

Zylinderkoordinaten: (ρ, φ, z)

Kugelkoordinaten Typ 1: (r, φ, θ)

Kugelkoordinate Typ 2: (r, φ, Ψ)



Raumwinkel: $\Omega = \frac{A}{r^2}$