

Kircher (Hrsg.)

# Physik

*für berufliche Gymnasien  
und Berufsoberschulen*

***Formelsammlung***

# I Wichtige Formeln und Formelzeichen

## A Formeln

2 Kräfte		
2.1 Elementare Wechselwirkungen		
$F_G = G \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$	Gravitationswechselwirkung, gibt nur den Betrag an. $G$ ist die Gravitationskonstante, $m_1$ und $m_2$ sind die Massen der wechselwirkenden Körper.	(2.1) Seite 44
$F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$	Coulomb-Wechselwirkung, $\epsilon_0$ ist die elektrische Feldkonstante, $Q$ sind die Ladungen der wechselwirkenden Körper.	(2.3) Seite 45
2.2 Reibungskräfte		
$F_{h,\max} = f_{r,h} \cdot F_N$	maximale Haftkraft, $F_N$ ist die Normalkraft, $f_{r,h}$ ist der Haftreibungskoeffizient	(2.128) Seite 100
$F_{r,g} = f_{r,g} \cdot F_N$	Gleitreibungskraft	(2.129) Seite 100
$F_{r,r} = f_{r,r} \cdot F_N$	Rollreibungskraft	Seite 102
$F = \frac{1}{2} A \rho c_W v^2$	Reibung durch Luftwiderstand; dabei ist $A$ die Querschnittsfläche, $\rho$ die Dichte der Luft, $c_W$ der Luftwiderstandsbeiwert	(3.72) Seite 155
$F_{St} = 6\pi\eta vr$	Stokes'sche Reibung; dabei ist $r$ der Radius der Kugel, $\eta$ die Viskosität des Umgebungsmediums	(6.152) Seite 390
2.3 Hooke'sches Gesetz		
$\frac{F_F}{s} = D$		(2.133) Seite 106
3 Bewegungslehre		
3.1 Bewegung ohne äußere Kraft		
3.1.1 Beginn bei $x=0$ , $t=0$		
$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \text{Ortänderung/Zeitintervall}$	Definition der Geschwindigkeit	(3.1) Seite 119
$x = v \cdot t$ $v = \textit{konstant}$ $a = 0$		
3.1.2 Bewegung beginnt bei $x=x_0$ , $t=t_0$ mit $v=v_0$		
$x(t) = v_0(t - t_0) + x_0$ $v(t) = v_0$ $a(t) = 0$		(3.100) Seite 166
3.2 Bewegung mit gleichbleibender äußerer Kraft – gleichmäßig beschleunigte Bewegung		
3.2.1 Bewegung beginnt bei $x=0$ , $t=0$ mit $v=0$		
$a = \frac{\text{Differenz der Geschwindigkeiten}}{\text{Differenz der Zeiten}}$ $= \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(t_1) - v(t_0)}{t_1 - t_0}$	Definition der Beschleunigung	(3.13) Seite 131

$x(t) = \frac{1}{2}at^2$ $v(t) = at$ $a(t) = \text{konstant}$		(3.15) Seite 132
$v(x) = \sqrt{2ax}$		(3.106) Seite 168
<b>3.2.2 Bewegung beginnt bei <math>x = x_0</math>, <math>t = t_0</math> mit <math>v = v_0</math></b>		
$x(t) = \frac{1}{2}a(t - t_0)^2 + v_0(t - t_0) + x_0$ $v(t) = a(t - t_0) + v_0$ $a(t) = a_0$		(3.97) Seite 166
$v(x) = \mp \sqrt{v_0^2 - 2a(x_0 - x)}$		(3.113) Seite 169
<b>3.3 Kraft und Bewegung</b>		
$F_{\text{res}} = ma$	Grundgesetz der Mechanik oder Newton'sche Grundgleichung	(3.52) Seite 147
<b>3.4 Freier Fall</b>		
$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2$ $v(t) = -gt$	Bewegungsgleichungen; y zeigt nach oben, $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	(3.81) Seite 159
		(3.82) Seite 159
$t_{\text{fall}} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$	Fallzeit, H: Fallhöhe	(3.84) Seite 160
$v_{\text{auf}} = v(t_{\text{fall}}) = -\sqrt{2 \cdot g \cdot H}$	Auftreffgeschwindigkeit	(3.85) Seite 160
<b>3.5 Überlagerte Bewegungen</b>		
<b>3.5.1 Abbremsen</b>		
$t_{\text{brems}} = \frac{-v_0}{a}$	Bremszeit, a und $v_0$ haben gegensätzliche Vorzeichen	(3.122) Seite 180
$x_{\text{brems}} = -\frac{v_0^2}{2a}$	Bremsweg, die x-Achse zeigt in Richtung von $v_0$ , a ist negativ	(3.124) Seite 180
<b>3.5.2 Senkrechter Wurf</b>		
$t_{\text{steig}} = \frac{v_0}{g}$	Steigzeit	(3.136) Seite 184
$H = y_{\text{steig}} = \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$	Steighöhe	(3.137) Seite 184
<b>3.5.3 Horizontaler Wurf</b>		
$x(t) = v_0 t$ $y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + H$ $v_x(t) = v_0$ $v_y(t) = -g \cdot t$	Bewegungsgleichungen; Abschuss bei $y = H$ , Auftreffen bei $y = 0$ y-Achse zeigt nach oben	(3.141) Seite 192
		(3.143) Seite 192
$T = \sqrt{\frac{2H}{g}}$	Wurfzeit	(3.146) Seite 192
$W = v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$	Wurfweite	(3.148) Seite 192
$y = -\frac{g}{2v_0^2}x^2 + H$	Gleichung der Bahnkurve	(3.152) Seite 192

$v(t) = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$	Betrag der Bahngeschwindigkeit zum Zeitpunkt $t$	(3.153) Seite 193
$\tan \alpha(t) = \frac{gt}{v_0}$	Winkel der Bahngeschwindigkeit mit der Horizontalen zum Zeitpunkt $t$	(3.154) Seite 193
$v_{\text{auf}} = \sqrt{v_0^2 + 2gH}$	Auftreffgeschwindigkeit	(3.157) Seite 193
$\tan \alpha_{\text{auf}} = \sqrt{\frac{2gH}{v_0^2}}$	Auftreffwinkel	(3.160) Seite 193
<b>3.5.3 Schiefer Wurf vom Boden aus</b>		
$x(t) = v_{\text{Start}} \cos(\beta) t$ $y(t) = v_{\text{Start}} \sin(\beta) t - \frac{1}{2} g t^2$ $v_x(t) = v_{\text{Start}} \cos(\beta)$ $v_y(t) = v_{\text{Start}} \sin(\beta) - g t$	Bewegungsgleichungen beim schiefen Wurf vom Boden aus	(3.163) Seite 196
$T = \frac{2 v_{\text{Start}} \sin(\beta)}{g}$	Wurfzeit	(3.168) Seite 196
$W = 2 \frac{v_{\text{Start}}^2}{g} \sin(\beta) \cos(\beta)$	Wurfweite	(3.170) Seite 197
$W = \frac{v_{\text{Start}}^2}{g} \sin(2\beta)$		(3.172) Seite 197
$y = -\frac{g}{2 v_{\text{Start}}^2 \cos^2(\beta)} x^2 + \frac{\sin(\beta)}{\cos(\beta)} x$	Gleichung der Bahnkurve	(3.184) Seite 201
$y = -\frac{g}{2 v_{\text{Start}}^2 \cos^2(\beta)} \left( x + \frac{v_{\text{Start}}^2 \sin(\beta) \cos(\beta)}{-g} \right)^2 + \frac{v_{\text{Start}}^2 \sin^2(\beta)}{2g}$	Gleichung der Bahnkurve in Scheitelform	(3.179) Seite 198
<b>3.5.4. Schiefer Wurf mit Abschusshöhe <math>h_0</math>; Auftreffen bei <math>y = 0</math></b>		
$x(t) = v_{\text{Start}} \cos(\beta) t$ $y(t) = v_{\text{Start}} \sin(\beta) t - \frac{1}{2} g t^2 + h_0$ $v_x(t) = v_{\text{Start}} \cos(\beta)$ $v_y(t) = v_{\text{Start}} \sin(\beta) - g t$	Bewegungsgleichungen	(3.180) Seite 201
$y = -\frac{g}{2 v_{\text{Start}}^2 \cos^2(\beta)} x^2 + \frac{\sin(\beta)}{\cos(\beta)} x + h_0$	Gleichung der Bahnkurve	(3.184) Seite 201
$y = -\frac{g}{2 v_{\text{Start}}^2 \cos^2(\beta)} \left( x + \frac{v_{\text{Start}}^2 \sin(\beta) \cos(\beta)}{-g} \right)^2 + h_0 + \frac{v_{\text{Start}}^2 \sin^2(\beta)}{2g}$	Gleichung der Bahnkurve in Scheitelform	(3.185) Seite 201
$T = \frac{-v_{\text{Start}} \sin(\beta) \pm \sqrt{v_{\text{Start}}^2 \sin^2(\beta) + 2g h_0}}{-g}$	Wurfzeit	(3.187) Seite 202

4 Erhaltungsgrößen		
4.1 Arbeit		
$W = F_s \cdot s$	Allgemeine Definition der Arbeit. Arbeit = Kraft (in Wegrichtung) mal Weg (nur, wenn $F_s = \text{konstant}$ ).	(4.2) Seite 207
$W = \int F(s) ds$	Allgemeine Definition der Arbeit (wenn $F$ nicht konstant).	
$W_{\text{Hub}} = m \cdot g \cdot h$	Hubarbeit	(4.28) Seite 213
$W_{\text{Spann}} = \frac{1}{2} D \cdot s^2$	Spannarbeit	(4.29) Seite 213
$W_B = \frac{1}{2} m \cdot v^2$	Beschleunigungsarbeit	(4.30) Seite 213
$W = \frac{1}{2} D (s_e^2 - s_a^2)$	Spannarbeit bei vorgespannter Feder	(4.42) Seite 220
$W = \frac{1}{2} m (v_{\text{end}}^2 - v_0^2)$	Beschleunigungsarbeit aus Anfangsgeschwindigkeit $v_0$	(4.54) Seite 221
4.2 Energie		
$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$	potentielle Energie (Lageenergie)	(4.56) Seite 225
$E_{\text{Spann}} = \frac{1}{2} D \cdot s^2$	Spannenergie	(4.57) Seite 225
$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$	kinetische Energie	(4.58) Seite 225
$(E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} + E_{\text{sp}})_{\text{vorher}}$ $= (E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} + E_{\text{sp}})_{\text{nachher}}$ $= E_{\text{ges}} = \text{konstant}$	Energieerhaltung (mechanisch)	(4.84) Seite 237
4.3 Leistung und Wirkungsgrad		
$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$	$P$ , wenn $\frac{\Delta W}{\Delta t}$ konstant	(4.145) Seite 248
$P = \dot{W}$	$P$ , wenn $\frac{\Delta W}{\Delta t}$ nicht konstant	(4.150) Seite 249
$P = Fv$		(4.149) Seite 248
$\eta = \frac{E_{\text{abgabe}}}{E_{\text{aufnahme}}} = \frac{P_{\text{abgabe}}}{P_{\text{aufnahme}}}$	Wirkungsgrad	(4.151) Seite 251
4.4 Impuls		
$p = m \cdot v$	Impuls = Masse · Geschwindigkeit	(4.156) Seite 254
$p = F \cdot t$	Kraftstoß = Kraft · Zeit	(4.155) Seite 254
4.5 Stoßvorgänge		
$u_1 = \frac{v_1(m_1 - m_2) + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2}$ $u_2 = \frac{v_2(m_2 - m_1) + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2}$	elastischer Stoß Energie und Impuls bleiben erhalten $v$ : Geschwind. vor dem Stoß, $u$ : Geschwind. nach dem Stoß	(4.178) Seite 264
$u_1 = \frac{2m v_2}{2m} = v_2$	Sonderfall (elast.): gleiche Massen (Geschwindigkeitentausch)	(4.192) Seite 266
$u_2 = \frac{2m v_1}{2m} = v_1$		(4.193) Seite 266
$-v_1 = u_1$	Sonderfall (elast.): leichte Masse $m_1$ trifft schwere, ruhende Masse $m_2$	(4.200) Seite 267

$2v_2 = u_1$	Sonderfall (elast.): schwere Masse mit $v_2$ trifft leichte, ruhende Masse $m_1$	(4.213) Seite 268
$v_2 = u_2$		(4.219) Seite 269
$u = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$	unelastischer Stoß, Impuls bleibt erhalten	(4.225) Seite 270
<b>5 Kreisbewegung</b>		
$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$	Winkelgeschwindigkeit = $\frac{\text{überstrichener Winkel}}{\text{Zeiteinheit}}$	(5.7) Seite 278
$f = \frac{\omega}{2\pi}$	$f$ : Frequenz; $\omega$ : Drehfrequenz	(5.8) Seite 279
$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$	$T$ : Umlaufzeit	(5.10) Seite 279
$v = \omega r$	Bahngeschwindigkeit ist Winkelgeschwindigkeit mal Radius	(5.17) Seite 281
$a_z = \omega v$	$a_z$ : Zentripetalbeschleunigung	Seite 286
$F_z = \frac{mv^2}{r}$ $F_z = m\omega^2 r$	Zentripetalkraft	(5.33) Seite 286
$v_{\max} = \sqrt{rgf_{r,h}}$	Grenzgeschwindigkeit in ebener Kurve	(5.43) Seite 294
$v_{\max} = \sqrt{rg \tan(\delta)}$	Grenzgeschwindigkeit in überhöhter Kurve	(5.51) Seite 301
$\tan(\alpha) - \frac{g \cos(\alpha)}{v^2} - \frac{gr'}{v^2} = 0$	Zusammenhang zwischen Ausschwenkwinkel $\alpha$ und Bahngeschwindigkeit $v$ im Kettenkarussell	(5.56) Seite 302
$v = \sqrt{\frac{rg}{f_{r,h}}}$	Mindestgeschwindigkeit Steilwand	(5.63) Seite 304
$v_{\text{OP}} = \sqrt{gr}$	Mindestgeschwindigkeit Looping oben	(5.66) Seite 306
$v_{\text{UP}} = \sqrt{5gr}$	Mindestgeschwindigkeit Looping unten	(5.70) Seite 307
$H = \frac{5}{2}r$	Mindesthöhe Rampe zum Durchlaufen eines Loopings	(5.76) Seite 308
$r = \sqrt[3]{G \cdot \frac{m_e}{\omega^2}}$	Radius der geostationären Umlaufbahn $r_e$ ist Erdradius und $\omega$ Kreisfrequenz der Erdrotation	(5.95) Seite 312
$v_{\max} = \sqrt{grf_{r,h}}$	Motorrad in der Kurve, haftungsbegrenzt $r$ ist der Radius der Kurve, den die Reifenaufstandsfläche beschreibt	(5.47) Seite 298
$v_{\max} = \sqrt{gr' \tan(\alpha_{\max})}$	Motorrad in der Kurve, Schräglagenbegrenzt, $r'$ ist der Radius der Kurve, die der Schwerpunkt beschreibt, $\alpha_{\max}$ ist der Winkel zwischen Hochachse des Motorrads und der Fahrbahnnormalen.	(5.48) Seite 299