

# Physik \* Jahrgangsstufe 10 \* Eindimensionale Bewegungen

## Beschreibung des Federpendels mit Hilfe der Methode der kleinen Schritte

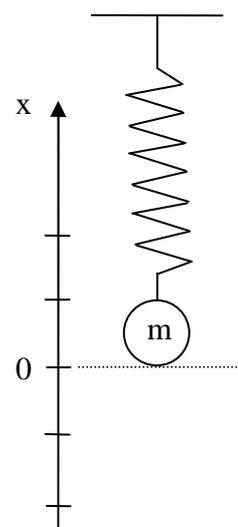
An einer Feder mit der Federhärte  $D$  hängt die Masse  $m$ .  
Lenkt man diese Masse  $m$  um  $x_0$  aus und lässt sie dann los,  
so beginnt sie mit der Schwingungsdauer  $T$  zu schwingen.

Lenkt man die Masse nach unten aus, so wirkt eine resultierende  
Kraft  $F$  nach oben, lenkt man die Masse nach oben aus, so wirkt  
eine resultierende Kraft  $F$  nach unten.

Diese Kraft  $F$  ist zur Auslenkung direkt proportional, d.h. zur  
zwei-, drei-, vierfachen Auslenkung gehört auch die zwei-, drei-,  
vierfache „rücktreibende“ Kraft.

Also gilt:  $F_{\text{resultierend}} = F = -D \cdot x$

Nach Newton gilt:  $F_{\text{resultierend}} = F = a \cdot m$



Mit Hilfe der Methode der kleinen Schritte kann man nun aus den Anfangswerten die Bewegung  
näherungsweise (z.B. mit Excel) berechnen (siehe PH10-Federpendel.xls):

Anfangswerte:  $t_0 = 0$  und  $v_0 = 0$  und z.B.  $m = 0,20\text{kg}$  und  $D = 0,10\text{ N/m}$  und  $x_0 = 0,15\text{m}$

Iteration:  $t_{\text{neu}} = t_{\text{alt}} + \Delta t$  ( $\Delta t$  genügend klein wählen!!)

$$a_{\text{neu}} = -\frac{D}{m} \cdot x_{\text{alt}}$$

$$v_{\text{neu}} = v_{\text{alt}} + a_{\text{neu}} \cdot \Delta t$$

$$x_{\text{neu}} = x_{\text{alt}} + \frac{1}{2} \cdot (v_{\text{alt}} + v_{\text{neu}}) \cdot \Delta t$$

### Fragen zum Excel-Blatt:

a) Wenn  $\Delta t$  nicht klein genug gewählt wird, schaukelt sich die Bewegung merklich auf!  
Was ist der Grund dafür?  
Warum ist das physikalisch gesehen gar nicht möglich?

b) Für die Schwingungsdauer  $T$  des Federpendels kann man theoretisch herleiten:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \quad \text{Lässt sich diese Beziehung mit dem Excel-Blatt bestätigen?}$$

c) Jede reale Schwingung ist wegen Reibungseffekten „gedämpft“.  
Wie kann man das im Excel-Blatt nachahmen?

d) Auslenkung  $x$ , Geschwindigkeit  $v$  und Beschleunigung  $a$  erreichen ihre maximalen Werte  
zu unterschiedlichen Zeiten.  
Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf von  $x(t)$ ,  $v(t)$  und  $a(t)$  in einem Diagramm zuerst nach  
Ihren eigenen Überlegungen. Vergleichen Sie dann mit den Ergebnissen des Excel-Blattes.  
Erstellen Sie dazu im Excel-Blatt ein geeignetes Diagramm, in dem  $x(t)$ ,  $v(t)$  und  $a(t)$   
gemeinsam angezeigt werden.

# Beschreibung des Federpendels mit Hilfe der Methode der kleinen Schritte

Federpendel

Delta t	Masse m	Federhärte D	v <sub>0</sub>	y <sub>0</sub>	D/m
in s	in kg	in N/m	in m/s	in m	in 1/s <sup>2</sup>
0,02	0,2	0,1	0	0,15	0,5

t in s	a in m/s <sup>2</sup>	v in m/s	y in m
0,00		0,000	0,150
0,02	-0,075	-0,002	0,150
0,04	-0,075	-0,003	0,150
0,06	-0,075	-0,004	0,150
0,08	-0,075	-0,006	0,150
0,10	-0,075	-0,007	0,150
0,12	-0,075	-0,009	0,149
0,14	-0,075	-0,010	0,149
0,16	-0,075	-0,012	0,149
0,18	-0,075	-0,013	0,149
0,20	-0,074	-0,015	0,149
0,22	-0,074	-0,016	0,148
0,24	-0,074	-0,018	0,148
0,26	-0,074	-0,019	0,147
0,28	-0,074	-0,021	0,147
0,30	-0,074	-0,022	0,147

