27. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2017/2018
LÖSUNGEN 2. Runde - KLASSENSTUFE **12**
Die Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 12.04.2018 nach Jena eingeladen.

Lösung 27.2.12.1

a) Richtung 1: geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit Anfangsgeschwindigkeit
Richtung 2: parabelförmige Flugbahn nach unten
Richtung 3: gleichmäßig beschleunigte Bewegung nach oben mit negativer Beschleunigung, danach entweder Auftreffen auf der oberen Platte oder Erreichen eines höchsten Punktes und danach geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegung nach unten

3 P.

b) aus $v = v_0 + at$ folgt $t = \frac{v - v_0}{a}$ (1)

(1) in $s = \frac{a}{2}t^2 + v_0 t$ eingesetzt ergibt

$s = \frac{a}{2}\left(\frac{v - v_0}{a}\right)^2 + \frac{v_0(v - v_0)}{a}$ und daraus

$s = \frac{v^2 - v_0^{\,2}}{2a}$ (2)

(2) nach v umgestellt ergibt

$v = \sqrt{2as + v_0^{\,2}}$ und mit $a = \frac{eU}{md}$ und $s = \frac{d}{2}$ folgt

$$v = \sqrt{\frac{eU}{m} + v_0^{\,2}}$$

$$v = 2{,}185 \cdot 10^6 m \cdot s^{-1}$$

3 P.

c) $\tan\alpha = \frac{at}{v_0} = \frac{\sqrt{\frac{eU}{m}}}{v_0}$

$\alpha = 50{,}1°$

1 P.

d) Steigzeit bis zum obersten Punkt: $t_{ob} = \frac{v_0}{a}$, mit $a = \frac{F}{m}$ und $F = \frac{eU}{d}$ folgt

$$t_{ob} = \frac{v_0 md}{eU}$$

$$t_{ob} = 4{,}98 \cdot 10^{-8} s$$

Steighöhe: $s_h = \frac{v_0^{\,2}}{2a}$

$$s_h = \frac{v_0^{\,2} md}{2eU}$$

$s_h = 3{,}48cm$ (damit gilt $s_h < \frac{d}{2}$, also kein Auftreffen auf der oberen Platte)

Zeit für Bewegung nach unten: $t_{un} = \sqrt{\frac{2s}{a}}$, mit $s = \frac{d}{2} + s_h$ folgt

$$t_{un} = \sqrt{\frac{2\left(\frac{d}{2} + s_h\right)md}{eU}}$$

$$t_{un} = 7{,}76 \cdot 10^{-8} s$$

Gesamtzeit: $t_{ges} = t_{ob} + t_{un}$

$t_{ges} = 1{,}27 \cdot 10^{-7} s$

3 P.

Lösung 27.2.12.2

a) Nach dem Umschalten des Schalters in die Stellung 2 stellt sich ein Gleichgewichtszustand ein.

$F + F_F = 0$ mit $F = I \cdot l \cdot B = \frac{U}{R} \cdot l \cdot B$, $F_F = -D_{ges} \cdot x$ und D_{ges} = 0,8 N/cm.

$x = \frac{U \cdot l \cdot B}{R \cdot D_{ges}}$ (= 6,0cm) 4 P

b) Nach dem Umschalten des Schalters in die Stellung 3 schwingt der Leiter harmonisch

$$u(t) = -B \cdot l \cdot \dot{x}(t)$$

$$x(t) = x_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$$

$$\dot{x}(t) = -x_m \cdot \omega_0 \cdot \sin(\omega_0 \cdot t)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{D_{ges}}{m}}$$

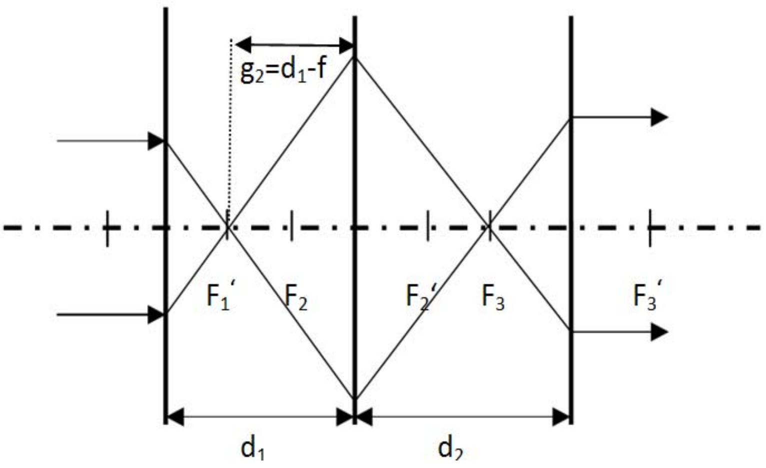
$$u(t) = -B \cdot l \cdot x_m \cdot \sqrt{\frac{D_{ges}}{m}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{D_{ges}}{m}} \cdot t\right)$$

$u(1{,}82s) = -0{,}62V$ 4 P

c) Da der Innenwiderstand des Voltmeters erwärmt wird, schwingt der Leiter gedämpft. Die Spannung ist deshalb geringer. 2 P

Lösung 27.2.12.3

a) Parallel einfallendes Licht wird im Brennpunkt F_1‘ der Linse 1 vereinigt. Dieser Punkt ist Gegenstandspunkt für Linse 2.



Die Gegenstandsweite der zweiten Linse beträgt damit $g_2 = d_1 - f$

Für die zweite Linse gilt: $\frac{1}{f} = \frac{1}{g_2} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{d_1 - f} + \frac{1}{b_2}$ (1) **3 P**

Damit das Licht als paralleles Lichtbündel austritt muss es vorher durch den Brennpunkt von Linse 2 verlaufen. Also ist der Bildpunkt der zweiten Linse der Brennpunkt der 3. Linse. Er beträgt $b_2 = d_2 - f$. In Gleichung (1) eingesetzt

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1 - f} + \frac{1}{d_2 - f}$$ **1 P**

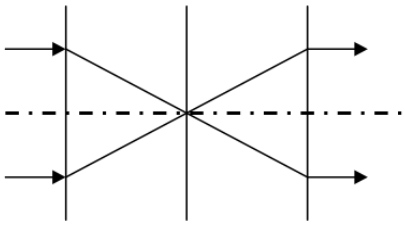
Diese Gleichung wird nach f aufgelöst.

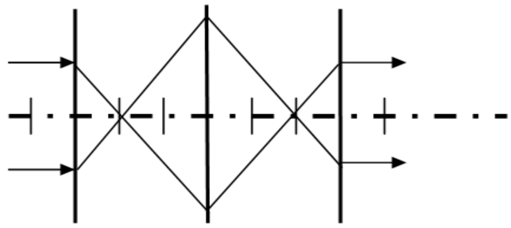
$$f_1 = \frac{1}{3} \cdot \left(d_1 + d_2 + \sqrt{d_1^{\,2} + d_2^{\,2} - d_1 d_2} \right)$$

$$f_1 = \frac{1}{3} \cdot \left(d_1 + d_2 - \sqrt{d_1^{\,2} + d_2^{\,2} - d_1 d_2} \right)$$ 3 **P**

b) $d_1 = d_2 = d$

Damit ergibt sich 1. Fall $f_1 = d$ und 2. Fall $f_2 = d/3$ **1 P**





2 P

Lösung 27.2.12.4

a) Es handelt sich um einen schrägen Wurf mit einem Abwurfwinkel von $\alpha = 60°$.

$$v_0 = \sqrt{2gh} = 2{,}43 \frac{m}{s}$$

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos(\alpha) = 1{,}21 \frac{m}{s}$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin(\alpha) = 2{,}10 \frac{m}{s}$$

x-Richtung:

$$e = v_{0x} \cdot t$$

$$t = \frac{e}{v_{0x}} = 0{,}165 s$$

$$v_x = v_{0x} = 1{,}21 \frac{m}{s}$$

y-Richtung:

$$x = v_{0y} \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} = 21{,}31 cm$$

b) $v_y = v_{0y} - g \cdot t = 0{,}84 \frac{m}{s}$

resultierende Geschwindigkeit beim Durchfliegen der Öffnung:

$$v_{res} = \sqrt{v_{0x}^{\,2} + v_{0y}^{\,2}} = 1{,}31 \frac{m}{s}$$