Klausurprüfung in Physik (Experimentalphysik A) **Frühjahr 2024**

Elektrotechnik & Informationstechnik (ab Studienbeginn WS 2015/16)

---

1. Von einem Rettungsflugzeug, das sich mit einer Geschwindigkeit v = 57,0 m/s in der Höhe h = 310 m horizontal bewege, werde eine Rettungskapsel fallengelassen. Vernachlässigen Sie den Luftwiderstand.
   a) Welche Art von Flugbahn durchläuft die Kapsel? Skizzieren Sie den Verlauf der Flugbahn.
   b) Berechnen Sie die Fallzeit bis zum Auftreffen der Kapsel auf den Boden.
   c) Bestimmen Sie den Betrag und die Richtung der Geschwindigkeit v_K der Kapsel beim Auftreffen auf den Boden (bitte mit Rechnung *und* Skizze).

2. Zwei Körper gleicher Masse m werden beschleunigt bewegt. In beiden Fällen sei der Betrag a der Beschleunigung gleich und zeitlich konstant. Bei Körper A steht die Richtung der Beschleunigung stets senkrecht auf der Richtung seiner Geschwindigkeit. Bei Körper B zeigt die Beschleunigung stets in Richtung seiner Geschwindigkeit. Zum Zeitpunkt t = 0 sei Körper B in Ruhe, Körper A habe die Anfangsgeschwindigkeit v_0.
   a) Welche Form hat die jeweilige Bahn der beiden Körper?
   b) Zu welchem Zeitpunkt t_2 sind die Beträge der Geschwindigkeiten beider Körper gleich?
   c) Welche Strecken haben Körper A und Körper B bis dahin jeweils zurückgelegt?
   d) Wie groß sind zum Zeitpunkt t_2 die kinetische Energie, der Impuls und der Drehimpuls des Körpers A sowie die auf ihn wirkende Kraft?

3. Zwei Massen m_1 und m_2 führen einen zentralen, elastischen Stoß aus. Die Geschwindigkeiten der Massen vor dem Stoß seien $v_1 \neq 0$ und $v_2 = 0$.
   a) Welche Erhaltungssätze der Mechanik sind bei dem Stoß erfüllt? Stellen Sie (i) ganz allgemein und (ii) für den gegebenen Fall $v_2 = 0$ die Gleichungen für die Erhaltungssätze auf.
   b) Wie groß sind die Geschwindigkeiten v_1' und v_2' nach dem Stoß für die Fälle (i) $m_1 << m_2$ und (ii) $m_1 >> m_2$ *sowie (iii)* $m_1 = m_2$? Berechnen Sie die Werte und geben Sie jeweils zusätzlich eine kurze Begründung anhand einer kleinen qualitativen Skizze, in der die Massen und die Geschwindigkeitsvektoren vor und nach dem Stoß eingezeichnet sind.

4. Ein mit Helium-Gas (ideales Gas) der Masse m_{He} auf den Umgebungsdruck p_0 = 1,00 bar gefüllter Ballon (Volumen V = 120 m³) werde von der Sonne gleichmäßig erwärmt. Seine Temperatur steigt von der Umgebungstemperatur T_1 = 300 K auf T_2 = 315 K an. Um welchen Betrag ändert sich dabei die Tragkraft des Ballons, wenn
   a) der Ballon geschlossen ist und sein Volumen konstant bleibt,
   b) der Ballon geschlossen ist und sein Druck konstant bleibt,
   c) der Ballon offen ist und sein Druck und sein Volumen konstant bleiben?

   Zahlenwerte: Dichte der Luft bei T_1 und p_0: ρ_{Luft} = 1,18 kg/m³;
   Dichte des Heliums bei T_1 und p_0: ρ_{He} = 0,179 kg/m³.

5. Wasserstoffmoleküle
   a) Welche Gewichtskraft wirkt nahe der Erdoberfläche auf ein Wasserstoffmolekül (H_2)?
   b) Wie viele Moleküle sind in 10 g Wasserstoff (H_2) enthalten?
   c) Welche Geschwindigkeit v_{rms} haben Wasserstoffmoleküle bei einer Temperatur von 25°C?
   d) Berechnen Sie die spezifischen Wärmen c_v und c_p von 1 mol Wasserstoff H_2 (ideales, zweiatomiges Gas).
   Erläutern Sie kurz in Worten, worauf der Unterschied zwischen diesen beiden Größen c_v und c_p beruht und welche aus welchem Grund die Größere der beiden ist.

   Zahlenwert: Molmasse von *atomarem* Wasserstoff: M_H = 1,0 g/mol.

6. Eine punktförmige Masse $m = 1{,}0$ kg hängt an einem masselosen Faden der Länge $\ell = 5{,}5$ m von der Hörsaaldecke des Gerthsen-Hörsaals.
   a) Nachdem der Faden durch Herrn Schubert um den Winkel α ausgelenkt wurde und jetzt von dort aus der Ruhe losgelassen wird, führt er Schwingungen aus. Reibung werde vernachlässigt. Unter welcher Voraussetzung sind diese Schwingungen harmonisch und was versteht man allgemein unter einer harmonischen Schwingung?
   b) Stellen Sie die Bewegungsgleichung für diese Schwingung für den Fall einer harmonischen Schwingung auf und berechnen Sie Kreisfreuquenz und Periode dieser Schwingung.
   c) Wie lautet (i) die allgemeine Lösung dieser Differentialgleichung (d.h. der Bewegungsgleichung) und wie lautet (ii) die spezielle Lösung, wenn die Masse zum Zeitpunkt $t = 0$ mit der Geschwindigkeit $v = 0$ aus der Ruhe unter einem Winkel von $\alpha = 3°$ losgelassen wurde?
   d) Nun führt die genannte punktförmige Masse am masselosen Faden statt einer Pendelbewegung eine Kreisbewegung in einer horizontalen Ebene aus. Die Auslenkung des Fadens aus der Vertikalen beträgt dabei genau 25°.
   Wie groß sind (i) die Gewichtskraft und (ii) die Zentralkraft, die dann auf den Massenpunkt auf der horizontalen Kreisbahn wirkt? Erläutern sie Ihre Überlegungen anhand einer Skizze, in der die einzelnen Kräfte als Vektoren eingezeichnet sind.
   e) Berechnen Sie Frequenz, Kreisfrequenz und Periode dieser Bewegung.
   f) Wie groß ist in dem in d) genannten Fall der Impuls und die kinetische Energie des Massenpunktes?
   g) Wie groß ist in dem in d) genannten Fall der Drehimpuls der Masse im Bezug auf den Mittelpunkt der Kreisbewegung?
   h) Wie groß ist in dem in d) genannten Fall die auf den Faden wirkende Zentralkraft?
   i) Wie ändern sich Geschwindigkeit und Drehimpuls, wenn jetzt die Umlauffrequenz so weit erhöht wird, bis der Winkel des Fadens zur Vertikalen 80° beträgt?
   j) Wie groß ist dann in dem in i) genannten Fall die auf die Masse wirkende Gesamtkraft und was genau passiert, wenn der Faden reißt?

Erdbeschleunigung	g	=	9,81 m/s²
Avogadro-Konstante	N_A	=	$6{,}02 \cdot 10^{23}$/mol
Universelle Gaskonstante	R	=	8,31 J/(mol·K)
Boltzmann-Konstante:	k_B	=	$1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K

Aufgabe	1	2	3	4	5	6
Punkte	6	6	6	6	6	10

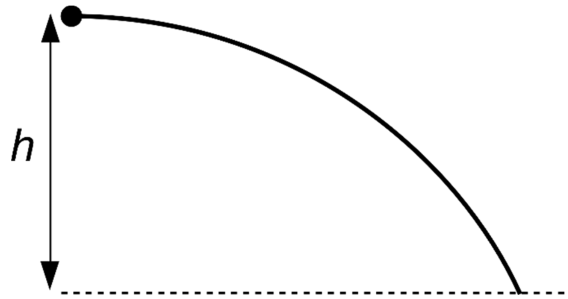
Lösungsvorschlag zur Klausurprüfung in Experimentalphysik A

Elektrotechnik & Informationstechnik
(ab Studienbeginn WS 2015/16)

Frühjahr 2024

Aufgabe 1: Schiefer Wurf

a) Die Flugbahn hat die Form einer nach unten geöffneten Parabel:



b) Die vertikale Bewegung ist unabhängig von der horizontalen. Für erstere gilt (Koordinatenursprung im Abwurfpunkt):

$$y(\mathrm{t}) = h - \frac{1}{2}gt^2$$

Auftreffen auf dem Boden bei $y(\mathrm{t}) = 0$:

$$0 = h - \frac{1}{2}gt^2 \quad \Rightarrow \quad h = -\frac{1}{2}gt^2$$

$$\Rightarrow \quad t = \sqrt{-\frac{2h}{g}} = \sqrt{-\frac{2\cdot(-310\ \mathrm{m})}{9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}} = 7{,}95\ \mathrm{s}$$

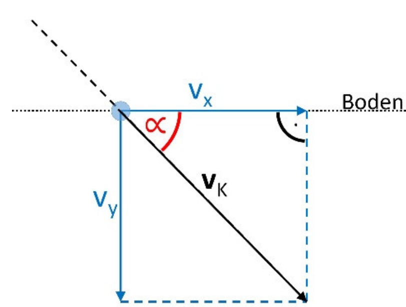
c) Die Komponenten des Geschwindigkeitsvektors $\boldsymbol{v}_\mathrm{K}$ vor dem Auftreffen sind:

$$v_\mathrm{x} = 57{,}0\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$v_\mathrm{y} = -g \cdot t = -9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 7{,}95\ s = -78{,}0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

und damit sein Betrag

$$|v_\mathrm{K}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\left(57{,}0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 + \left(-78{,}0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2} = 96{,}6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$



und die Richtung der Geschwindigkeit (Winkel zur Horizontalen):

$$\tan \propto = \frac{v_y}{v_x} \quad \Rightarrow \quad \propto = \arctan\left(\frac{v_y}{v_x}\right) = \arctan\left(\frac{-78{,}0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{57{,}0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}\right) = -53{,}8°$$

Aufgabe 2: Zwei beschleunigte Körper

a) Körper A bewegt sich auf einer Kreisbahn mit betragsmäßig konstanter Geschwindigkeit.

Körper B bewegt sich geradlinig.

b) $v_0 = a \cdot t_2 = \frac{v_0^2}{r} \cdot t_2 \quad \Rightarrow \quad r = \frac{v_0^2}{a}; \quad t_2 = \frac{r}{v_0} = \frac{v_0}{a}$

c) $s_\text{A} = v_0 \cdot t = v_0 \cdot \frac{r}{v_0} = r = \frac{v_0^2}{a}$

$s_\text{B} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{r} \cdot \frac{r^2}{v_0^2} = \frac{r}{2} = \frac{v_0^2}{2 \cdot a}$

d) $E_\text{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2$

$p = m \cdot v_0$

$L = m \cdot r \cdot v_0 = m \cdot \frac{v_0^2}{a} \cdot v_0 = \frac{m \cdot v_0^3}{a}$

$F_\text{r} = m \cdot \frac{v_0^2}{r} = m \cdot \frac{v_0^2 \cdot a}{v_0^2} = m \cdot a$

Aufgabe 3: Elastischer Stoß

a) Impulserhaltungssatz (IES)
Energieerhaltungssatz (EES)

(i) Allgemein:

IES: $m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$

EES: $\frac{m_1}{2} \cdot v_1^2 + \frac{m_2}{2} \cdot v_2^2 = \frac{m_1}{2} \cdot {v_1'}^2 + \frac{m_2}{2} \cdot {v_2'}^2$

(ii) für $v_2 = 0$:

IES: $m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$

EES: $\frac{m_1}{2} \cdot v_1^2 = \frac{m_1}{2} \cdot v'^2_1 + \frac{m_2}{2} \cdot v'^2_2$

b) *Herleitung*

IES $\Rightarrow\ m_1(v_1 - v'_1) = m_2 v'_2$ (1)

EES $\Rightarrow\ m_1\left(v_1^2 - v'^2_1\right) = m_2 v'^2_2 \ \Rightarrow\ m_1(v_1 - v'_1)(v_1 + v'_1) = m_2 v'^2_2$ (2)

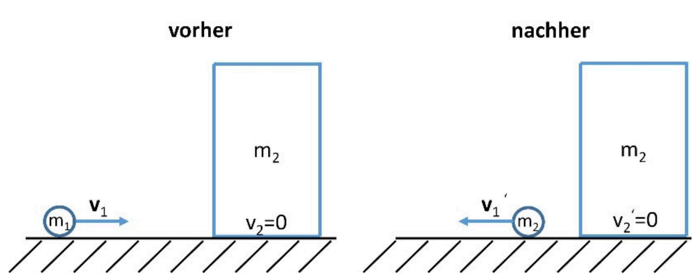
Aus (1) und (2): $\Rightarrow\ (v_1 + v'_1) = v'_2$ (3)

in (1) $m_1 v_1 - m_1 v'_1 = m_2 v_1 + m_2 v'_1$

$\Rightarrow\ v'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1$ bzw. mit (3) $v'_2 = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} + 1\right) v_1 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1$

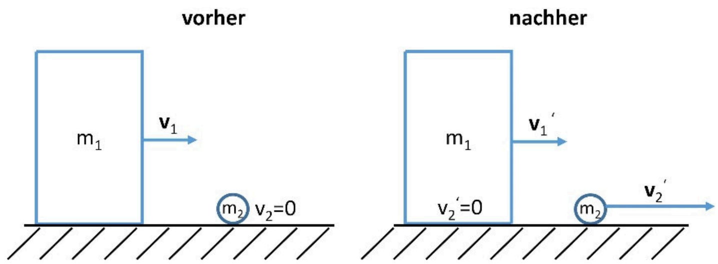
(i) $m_1 << m_2$:

$v'_1 = -v_1$; $v'_2 = v_2 = 0$



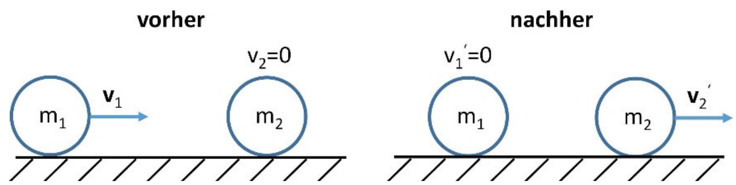
(ii) $m_1 \gg m_2$:

$v_1' = v_1$; $v_2' = 2 \cdot v_1$, da die Relativgeschwindigkeit nach dem Stoß betragsmäßig gleich bleibt und ihr Vorzeichen wechselt.



(iii) $m_1 = m_2$:

$v'_1 = 0$; $v'_2 = -v_1$



Aufgabe 4: Heliumballon

$$\Delta F = \Delta F_A - \Delta G = \rho_{\text{Luft}} \cdot \Delta V \cdot g - \Delta m_{\text{He}} \cdot g$$

Thermische Zustandsgleichung idealer Gase: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

a) $V = \text{const.} \quad \Rightarrow \quad \Delta F_{\text{A}} = 0$

$m_{\text{He}} = \text{const.} \quad \Rightarrow \quad \Delta G = 0$

$\Rightarrow \Delta F = 0$

Da sich weder das Gewicht der verdrängten Luft (Auftriebskraft) noch das Gewicht des gefüllten Ballons ändern, bleibt die Tragkraft des Ballons unverändert.

b) $n, p = \text{const.} \quad \Rightarrow \quad \frac{V}{T} = \text{const.} \quad \Rightarrow \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot V_1 \quad \Rightarrow \quad \Delta V = V_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right)$

$m_{He} = \text{const.} \quad \Rightarrow \quad \Delta G = 0$

$$\Delta F = \rho_{\text{Luft}} \cdot \Delta V \cdot g = \rho_{\text{Luft}} \cdot V_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right) \cdot g = 1{,}18 \, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 120 \text{ m}^3 \cdot \left(\frac{315 \text{ K}}{300 \text{ K}} - 1\right) \cdot 9{,}81 \, \frac{m}{s^2} = 69{,}5 \text{ N}$$

Das Gewicht der zusätzlich verdrängten Luft erhöht die Tragkraft des Ballons.

c) $V = \text{const.} \quad \Rightarrow \quad \Delta F_A = 0$

$p, V = \text{const.} \quad \Rightarrow \quad n \cdot T = \text{const.} \quad \Rightarrow \quad \frac{n_2}{n_1} = \frac{T_1}{T_2}$ und $\rho = \frac{n \cdot M}{V} \propto n$

$$\Rightarrow \quad \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{T_1}{T_2} \quad \Rightarrow \quad \rho_2 = \rho_1 \cdot \frac{T_1}{T_2} \quad \Rightarrow \quad \Delta\rho = \rho_1 \cdot \left(\frac{T_1}{T_2} - 1\right)$$

$$\Rightarrow \quad \Delta F = -\Delta m_{He} \cdot g = -\Delta\rho \cdot V \cdot g = -\rho_1 \cdot \left(\frac{T_1}{T_2} - 1\right) \cdot V \cdot g$$

$$= -0{,}179 \, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(\frac{300 \text{ K}}{315 \text{ K}} - 1\right) \cdot 120 \text{ m}^3 \cdot 9{,}81 \, \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 10{,}0 \text{ N}$$

Das entwichene Helium verursacht einen Gewichtsverlust des Ballons, der dessen Tragkraft erhöht.

Aufgabe 5: Wassermoleküle

a) $F_G = m_{H_2} \cdot g = \frac{M_{H_2}}{N_A} \cdot g$ mit $M_{H_2} = (1+1)\,\frac{g}{mol} = 2\,\frac{g}{mol}$

Einsetzen: $F_G = \frac{0{,}002\,\frac{kg}{mol}}{6{,}02 \cdot 10^{23}\,mol^{-1}} \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2} = 3{,}26 \cdot 10^{-26}\,N$

b) Anzahl der Mole: $n = \frac{m}{M_{H_2}}$

Anzahl der Moleküle: $N = N_A \cdot n = N_A \cdot \frac{m}{M_{H_2}} = 6{,}02 \cdot 10^{23}\,mol^{-1} \cdot \frac{10\,g}{2\,\frac{g}{mol}} = 3{,}01 \cdot 10^{24}$

c) $\frac{M_{H_2}}{2} \cdot \bar{v}^2 = \frac{3}{2} \cdot R \cdot T \;\Rightarrow\; \sqrt{\bar{v}^2} = v_{rms} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{M_{H_2}}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8{,}31\,\frac{J}{mol \cdot K} \cdot 298\,K}{0{,}002\,\frac{kg}{mol}}} = 1930\,\frac{m}{s}$

d) Für ein zweiatomiges Gas ist die Anzahl der Freiheitsgrade $f = 5$.

Spezifische Wärme bei konstantem Volumen:

$$c_V = \frac{f}{2} \cdot R = \frac{5}{2} \cdot 8{,}31\,\frac{J}{mol \cdot K} = 20{,}8\,\frac{J}{mol \cdot K}$$

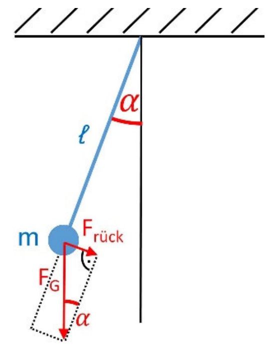
Spezifische Wärme bei konstantem Druck:

$$c_p = \left(\frac{f}{2} + 1\right) \cdot R = \left(\frac{5}{2} + 1\right) \cdot 8{,}31\,\frac{J}{mol \cdot K} = 29{,}1\,\frac{J}{mol \cdot K}$$

Während bei einer isochoren (V = const.) Erwärmung die gesamte zugeführte Wärme zur Erhöhung der Gastemperatur zur Verfügung steht, gibt beim isobaren (p = const.) Prozess das Gas zur Volumenerhöhung einen Teil der zugeführten Wärme in Form von mechanischer Arbeit wieder nach außen ab. Folglich benötigt man für eine Temperaturerhöhung von einem Mol eines idealen Gases um ΔT beim isobaren Prozess mehr Energie als beim isochoren Prozess und es gilt: $c_p > c_V$.

Aufgabe 6: Die Punktmasse am Faden

a) Als harmonisch wird eine Schwingung bezeichnet, wenn deren Verlauf durch eine Sinusfunktion beschrieben werden kann. Bei einer harmonischen Schwingung ist die rücktreibende Kraft proportional zur Auslenkung.



Beim mathematischen Pendel gilt für die rücktreibende Kraft:

$F_{rück} = -m \cdot g \cdot \sin\alpha$.

Und näherungsweise für kleine Winkel α ($\alpha < 5°$):

$\sin\alpha \simeq \alpha$.

Somit kann nur für kleine Winkel α ($\alpha < 5°$) die Schwingung als harmonisch bezeichnet werden. Nur dann ist die rücktreibende Kraft (näherungsweise) proportional zur Auslenkung.

b) Für die rücktreibende Kraft gilt: $F(\mathrm{t}) \simeq -m \cdot g \cdot \alpha(\mathrm{t}) = -m \cdot g \cdot \frac{s(\mathrm{t})}{l}$ mit der Auslenkung s. (1)

Zudem gilt das 2. Newtonsche Gesetz: $F(\mathrm{t}) = m \cdot \ddot{s}(\mathrm{t})$ (2)

Gleichsetzen von (1) und (2) ergibt: $-m \cdot g \cdot \frac{s(\mathrm{t})}{l} = m \cdot \ddot{s}(\mathrm{t}) \Rightarrow \ddot{s}(\mathrm{t}) + \frac{g}{l} \cdot s(\mathrm{t}) = 0$

Aus c) (siehe unten) erhält man: $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} = \sqrt{\frac{9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}{5{,}5\,\mathrm{m}}} = 1{,}34\,\frac{1}{\mathrm{s}}$

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \nu = 2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} = \frac{2 \cdot \pi}{1{,}34 \frac{1}{\mathrm{s}}} = 4{,}69\ \mathrm{s}$

c) Die Differentialgleichung ist gelöst, wenn man eine Funktion $s(\mathrm{t})$ findet, die die Differentialgleichung und gegebenenfalls die Anfangsbedingungen $s(\mathrm{t} = 0)$ und $v(\mathrm{t} = 0)$ erfüllt:

(i) Allgemeine Lösung:

Ansatz:

$s(\mathrm{t}) = s_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$, mit dem Nullphasenwinkel φ_0.

$\dot{s}(\mathrm{t}) = \omega \cdot s_0 \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$

$\ddot{s}(\mathrm{t}) = -\omega^2 \cdot s_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$

Einsetzen in Differentialgleichung $\ddot{s}(\mathrm{t}) + \frac{g}{l} \cdot s(\mathrm{t}) = 0$:

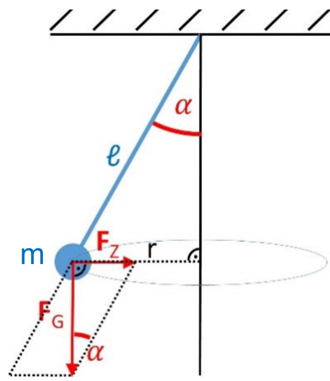
$$-\omega^2 \cdot s_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0) + \frac{g}{l} \cdot s_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0) = 0 \quad \Rightarrow \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

⇒ Allgemeine Lösung: $s(\mathrm{t}) = s_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$ mit $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$.

(ii) Spezielle Lösung mit Auslenkung $s(\mathrm{t}=0) = s_0 = \alpha_0 \cdot l = \frac{\pi}{180°} \cdot 3° \cdot 5{,}5\ \mathrm{m} = 0{,}288\ \mathrm{m}$ und Geschwindigkeit $v(\mathrm{t}=0) = \dot{s}(\mathrm{t}=0) = 0 \ \Rightarrow \ \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$:

$$s(\mathrm{t}) = s_0 \cdot \overbrace{\cos(\omega \cdot t)}^{=1 \text{ für } t=0} = s_0 \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{g}{l}} \cdot t\right) = s_0 \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}{5{,}5\mathrm{m}}} \cdot t\right) = 0{,}288\ \mathrm{m} \cdot \cos\left(1{,}34\,\frac{1}{s} \cdot t\right)$$

d)



(i) Gewichtskraft: $F_\mathrm{G} = m \cdot g = 1{,}0\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 9{,}81\ \mathrm{N}$

(ii) Zentralkraft: $F_\mathrm{Z} = F_\mathrm{G} \cdot \tan(\alpha) = m \cdot g \cdot \tan(\alpha) = 1{,}0\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \tan(25°) = 4{,}57\ \mathrm{N}$

e) $F_\mathrm{Z} = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad \Rightarrow \quad \omega = \sqrt{\frac{F_\mathrm{Z}}{m \cdot r}} = \sqrt{\frac{F_\mathrm{Z}}{m \cdot \sin\propto \cdot l}} = \sqrt{\frac{4{,}57\ \mathrm{N}}{1{,}0\ \mathrm{kg} \cdot \sin(25°) \cdot 5{,}5\ \mathrm{m}}} = 1{,}40\,\frac{1}{\mathrm{s}}$

$$\nu = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{1{,}40\,\frac{1}{\mathrm{s}}}{2 \cdot \pi} = 0{,}223\ \mathrm{Hz}$$

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{0{,}223\ \mathrm{Hz}} = 4{,}49\ \mathrm{s}$$

f) $p = m \cdot v = m \cdot r \cdot \omega = m \cdot \sin\propto \cdot\, l \cdot \omega = 1{,}0\ \mathrm{kg} \cdot \sin(25°) \cdot 5{,}5\ \mathrm{m} \cdot 1{,}40\,\frac{1}{\mathrm{s}} = 3{,}25\ \mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

$$E_\mathrm{kin} = \frac{p^2}{2 \cdot m} = \frac{\left(3{,}25\ \mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2}{2 \cdot 1{,}0\ \mathrm{kg}} = 5{,}28\ \mathrm{J}$$

g) Bezugspunkt der Drehbewegung: Mittelpunkt der Kreisbewegung bei $r = 0$.

$$\boldsymbol{L} = \boldsymbol{r} \times \boldsymbol{p}$$

$$L = m \cdot r \cdot v = m \cdot r^2 \cdot \omega = m \cdot (\sin \propto \cdot\, l)^2 \cdot \omega$$

$$= 1{,}0\ \mathrm{kg} \cdot (\sin(25°) \cdot 5{,}5\ m)^2 \cdot 1{,}40 \frac{1}{s} = 7{,}56\ \mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$$

h) $F_{\mathrm{Z,res}} = F_{\mathrm{Z}} \cdot \sin(\alpha) = 4{,}57\ \mathrm{N} \cdot \sin(25°) = 1{,}93\ \mathrm{N}$

i) $L = m \cdot r \cdot v = m \cdot r^2 \cdot \omega = m \cdot (\sin \propto \cdot\, l)^2 \cdot \sqrt{\frac{F_G \cdot \tan\propto}{m \cdot \sin\propto \cdot l}}$

$$= 1{,}0\ \mathrm{kg} \cdot (\sin(80°) \cdot 5{,}5\ \mathrm{m})^2 \cdot \sqrt{\frac{1{,}0\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \tan(80°)}{1{,}0\ \mathrm{kg} \cdot \sin(80°) \cdot 5{,}5\ \mathrm{m}}} = 94{,}0\ \mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$$

$$v = \frac{L}{m \cdot r} = \frac{L}{m \cdot \sin \propto \cdot\, l} = \frac{94{,}0\ \mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}}{1{,}0\ \mathrm{kg} \cdot \sin(80°) \cdot 5{,}5\ \mathrm{m}} = 17{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

j) Die auf die Masse wirkende Gesamtkraft (resultierende Kraft) ist die Zentralkraft, welche die Masse auf die Kreisbahn zwingt. (Die Zentralkraft ergibt sich aus Vektoraddition von Zugkraft des Fadens und Gewichtskraft.)

$$F_{res} = F_Z = m \cdot g \cdot \tan \propto = 1{,}0\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \tan(80°) = 55{,}6\ \mathrm{N}$$

Der Faden reißt, wenn die Zugkraft des Fadens so groß wird, dass die maximale mechanische Zugspannung, die der Faden aushält (Zugfestigkeit), überschritten ist.

Sobald der Faden reißt wirkt keine Zentralkraft mehr auf die Masse. Die Masse „verlässt" die Kreisbahn tangential mit konstanter Geschwindigkeit $v_x = 17{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ (in horizontaler Richtung).

Da noch die Gewichtskraft auf die Masse wirkt, kommt es ferner zu einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung in vertikaler Richtung mit der Geschwindigkeit $v_z = -g \cdot t$ (Abriss des Fadens bei $t = 0$).

Die Flugbahn der Masse hat somit die Form einer nach unten geöffneten Parabel.