

Physik Methoden

Übungsaufgaben zu Kapitel 12 „Besserwissen“

Christian Hettich, Bernd Jödicke, Jürgen Sum

11. APRIL 2024

In diesem Dokument finden Sie Aufgaben zum [Kapitel 12 „Besserwissen“](#) aus unserem Buch [Physik Methoden](#). Wenn Sie die PDF-Datei des Buchs ins gleiche Verzeichnis wie diese Datei hier legen und Sie die PDF-Datei des Buchs in „Physik-Methoden-2023.pdf“ umbenennen, können Sie mit den grünen Links in den meisten PDF-Programmen direkt an die passende Stelle im Buch springen.

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgaben	1
1.a Kinematik	1
1.b Energieerhaltungssatz in der Punktmechanik	4
2 Hinweise	5
2.a Kinematik	5
2.b Energieerhaltungssatz in der Punktmechanik	6
3 Lösungen	7
3.a Kinematik	7
3.b Energieerhaltungssatz in der Punktmechanik	10

1 Aufgaben

1.a Kinematik

A¹ Aufgabe: 100-Meter Lauf

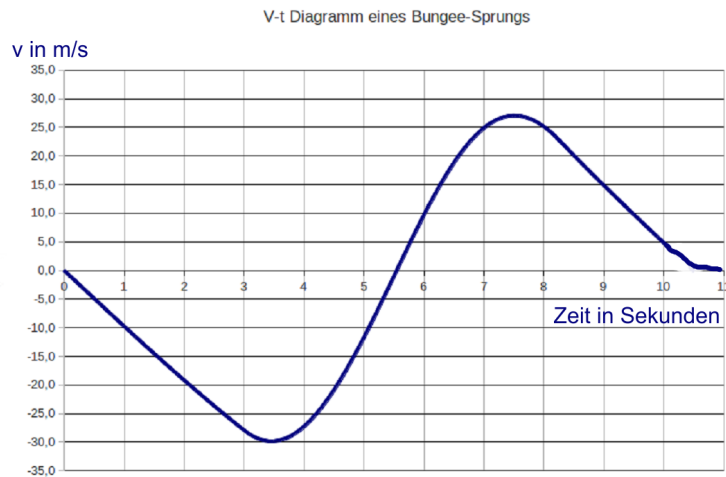
Ein Sprinter hat eine persönliche Bestleistung von 10,0 s auf 100 m. Dabei beschleunigt er die ersten 25 m gleichförmig, also mit konstanter Beschleunigung. Den Rest läuft er mit konstanter Geschwindigkeit. Wie groß ist sein Höchstgeschwindigkeit?

[Zum Hinweis](#)

A² Aufgabe: Bungee-Sprung

Ein Veranstalter von Bungee-Sprüngen bietet seinen Kunden als besonderen Kick eine Messung der Geschwindigkeit während des Sprungs. Unten stehende Abbildung zeigt ein $v(t)$ -Diagramm, das während eines der Sprünge aufgezeichnet wurde.

Hinweis: Dies ist kein realistischer Sprung, aber dennoch eine Herausforderung.



- Wie groß war der maximale Betrag der Geschwindigkeit?
- Zu welchem Zeitpunkt ist der tiefste Punkt erreicht?
- Wie weit liegt der tiefste Punkt, der erreicht wird, unter der Absprungposition?
- Wie groß war der maximale Betrag der Beschleunigung?
- Zu welchem Zeitpunkt während des Sprungs ist die Fallhöhe gleich der Länge des ungespannten Seils?
- Wie lang ist das verwendete Seil in ungespanntem Zustand?

[Zum Hinweis](#)

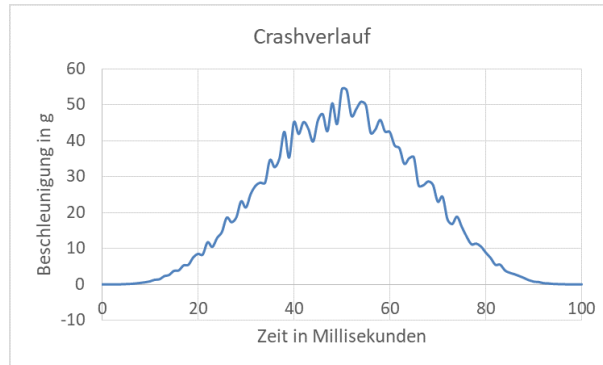
A³ Aufgabe: Knick im Weg-Zeit-Diagramm

Warum kann im Weg-Zeit-Diagramm die Darstellung der Bewegung eines Punktes keinen Knick haben? Erklären Sie dies, auch anhand geeigneter Diagramme.

[Zum Hinweis](#)

A⁴ Aufgabe: Crashtest

Untenstehendes Diagramm zeigt den zeitlichen Verlauf eines Beschleunigungssensors während eines Crashes, bis zum Stillstand des Autos. Leider wurde vergessen zu notieren, wie groß die Aufprallgeschwindigkeit v war.



Es gab vier Versuche:

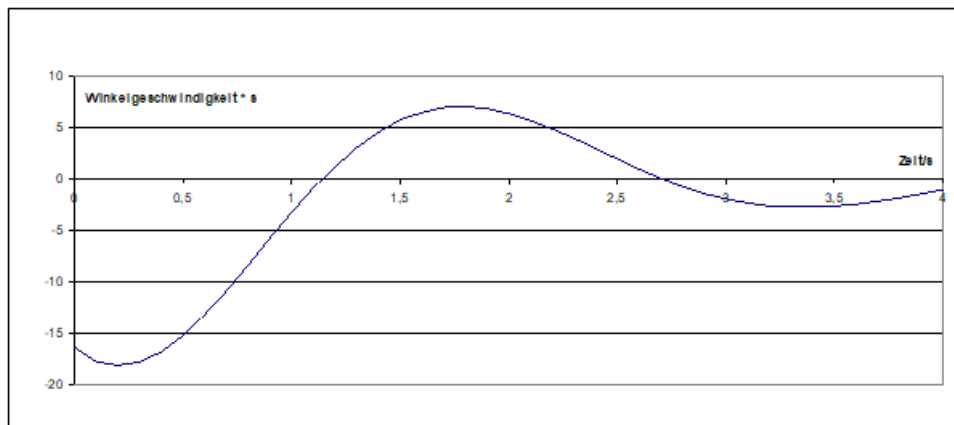
- $v_1 = 100$ km/h,
- $v_2 = 70$ km/h,
- $v_3 = 50$ km/h,
- $v_4 = 30$ km/h.

Um welchen handelt es sich?

[Zum Hinweis](#)

A⁵ Aufgabe: Torsionspendel

Die Winkelgeschwindigkeit eines an einem Faden mittig aufgehängten Stabs (Länge 10 cm) wird gemessen. Man erhält die abgebildete Grafik einer stark gedämpften Schwingung.



- a) Welchen maximalen Betrag hat die Umfangsgeschwindigkeit des Stabs (Angabe in m/s)?
- b) Zum Zeitpunkt $t=3,6$ Sekunde schwingt der Stab durch die Gleichgewichtslage. Um welchen Winkel war der Faden zum Startzeitpunkt verdreht?
- c) Wie groß ist die maximale Verdrehung gegen die Gleichgewichtslage (in Grad)?
- d) Wann hat man betragsmäßig die maximale Winkelbeschleunigung? Wie groß ist sie?
- e) Wann hat man betragsmäßig die minimale Winkelbeschleunigung? Wie groß ist sie?
- f) Wann hat man betragsmäßig die maximale Radialbeschleunigung? Wie groß ist sie?

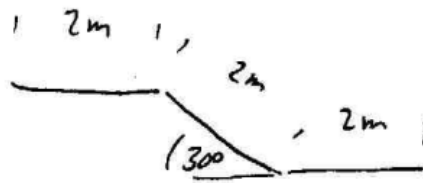
g) Wann hat man betragsmäßig die minimale Radialbeschleunigung? Wie groß ist sie?

[Zum Hinweis](#)

1.b Energieerhaltungssatz in der Punktmechanik

A⁶ Aufgabe: Paket Rutsche

Eine Rutsche für Pakete soll folgendermaßen ausgelegt werden:



- Die Pakete kommen links oben mit einer Geschwindigkeit von 6 m/s an
 - Danach rutschen sie 2 m horizontal, anschließend 2 m eine 30°-Rutsche herunter und zum Schluss wieder 2 m horizontal. Die gesamten 6 m sollen aus dem gleichen Material sein
 - Die Pakete sollen am Ende ankommen, aber die Geschwindigkeit sollte um mindestens 2 m/s langsamer sein als am Anfang.
- a) Wie groß muss der Reibungskoeffizient zwischen Paket und Rutsche mindestens sein?
- b) Wie groß darf der Reibungskoeffizient zwischen Paket und Rutsche maximal sein?

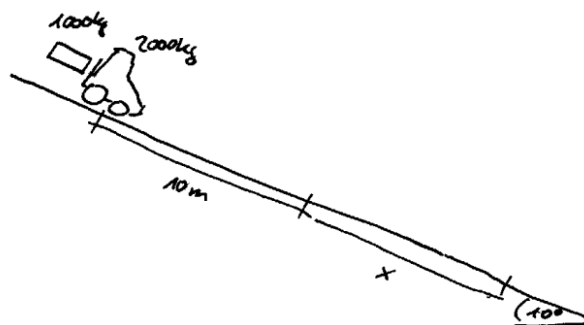
[Zum Hinweis](#)

A⁷ Aufgabe: Tractor-Pulling

Beim Tractor Pulling, einem Contest verschiedener Traktoren (häufig im mittleren Westen der USA durchgeführt) geht es darum, mit seinem Traktor ein bremsendes Gewicht möglichst weit zu schleppen. Dieser Vorgang soll nun auf einer schrägen Ebene modelliert werden:

Ein Traktor (2000 kg) hat eine Last von 1000 kg geladen. Am Anfang steht der Traktor oben und hat die Last angehoben. Dann startet er den Motor und fährt mit der angehobenen Last einen Hang mit 10° Neigung hinab, dabei bremst ihn also nichts. Nach 10 m lässt er die Last fallen und zieht sie weiter. Der Motor treibt den Traktor aber weiter an. Allein durch die Reibung der Last auf dem Boden ($\mu = 3$) wird der Traktor trotz weiterlaufendem Motor bis zum Stillstand abgebremst.

Die Kraft, die der Motor des Traktors über die Räder auf den Boden ausüben kann, beträgt während des ganzen Vorgangs konstant 20 kN.



Nach welcher Strecke kommt der Traktor zum Stehen?

[Zum Hinweis](#)

2 Hinweise

2.a Kinematik

H¹ Hinweis zu Aufgabe 1 „100-Meter Lauf“

Grafische Lösung ist einfacher (Rezept 12.1.7 und Abbildung 12.3). Zuerst das $v(t)$ Diagramm skizzieren. Da die exakten Zeitpunkte nicht gegeben sind, skizzieren Sie eine die Funktion so gut es geht. Dort die Größen einzeichnen: Maximalgeschwindigkeit v_{max} , Laufzeit τ . Dann die Flächen interpretieren und sinnvoll ergänzen.

[Zur Lösung](#)

H² Hinweis zu Aufgabe 2 „Bungee-Sprung“

Möglichst viel an der Grafik arbeiten. Siehe Rezept 12.1.7.

- Ablesen
- Woran erkennt man einen Extremwert der zurückgelegten Strecke im $v(t)$ -Diagramm?
- Wie bestimmt man eine Strecke im $v(t)$ -Diagramm? (vergleiche Abbildung 12.3)
- Was ist die Beschleunigung im $v(t)$ -Diagramm? Wann ist sie am größten? Wie sieht man das an dieser Funktion?
- Was geschieht in dem Moment, an dem sich das Seil beginnt zu dehnen? Was geschieht da mit der Beschleunigung?
- Wie erkennt man eine Strecke im $v(t)$ -Diagramm?

[Zur Lösung](#)

H³ Hinweis zu Aufgabe 3 „Knick im Weg-Zeit-Diagramm“

Zeichnen Sie ein möglichst einfaches $s(t)$ -Diagramm, das einen Knick aufweist. Dann skizzieren Sie das dazugehörigen $v(t)$ -Diagramm. Was bedeutet das für $a(t)$?

Übertragen Sie Rezept 12.1.7 auf diese Fragestellung.

[Zur Lösung](#)

H⁴ Hinweis zu Aufgabe 4 „Crashtest“

Wie findet man eine Geschwindigkeit im $a(t)$ -Diagramm?

[Zur Lösung](#)

H⁵ Hinweis zu Aufgabe 5 „Torsionspendel“

An der Grafik arbeiten: siehe Rezept 12.1.12 und Abbildung 12.5

- Wie berechnet man eine Umfangsgeschwindigkeit aus $\omega(t)$ -Diagramm?
- Wie bekommt man die Änderung des Winkels aus einem $\omega(t)$ -Diagramm?
- Wie bekommt man die Änderung des Winkels aus einem $\omega(t)$ -Diagramm?
- Definition anschauen (Rezept 12.1.11)
- Definition anschauen (Rezept 12.1.11)
- Definition anschauen (Rezept 12.1.11)
- Definition anschauen (Rezept 12.1.11)

[Zur Lösung](#)

2.b Energieerhaltungssatz in der Punktmechanik

H⁶ Hinweis zu Aufgabe 6 „Paket Rutsche“

Orientieren Sie sich an Abbildung 12.30. Schauen Sie sich das dazu gehörige Beispiel an.

Nehmen Sie zuerst den einen Grenzfall an, nämlich, dass die Pakete genau 2 m/s langsamer ankommen.

- Wohin legen Sie die Zustände Z1 und Z2?
Welche Energie hat ein Paket in diesen jeweils?
Gibt es Jemand der Arbeit verrichtet? Gibt es Wärme?
- Was passiert, wenn die Reibung zu groß wird? Was ist daher der zweite Grenzfall?

[Zur Lösung](#)

H⁷ Hinweis zu Aufgabe 7 „Tractor-Pulling“

Orientieren Sie sich an Wissen 12.3.2 sowie Wissen 12.3.3.

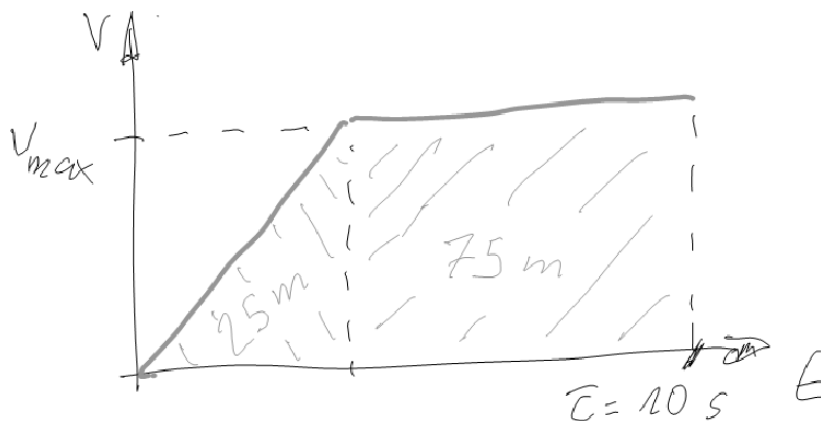
- Wohin legen Sie die Zustände Z1 und Z2?
Sie kommen mit zwei Zuständen aus!
- Geben Sie allen Größen eine Bezeichnung (einen Buchstaben)
Zum Beispiel: $s = 10$ m, $m_{ges} = 3 \cdot 10^3$ kg und $\varphi = 10^\circ$...
- Gibt es etwas, das Arbeit in das System (Körper im Schwerfeld) bringt?
Wenn ja, wie wird diese Arbeit beschrieben? (siehe Wissen 11.1.2)

[Zur Lösung](#)

3 Lösungen

3.a Kinematik

L¹ Lösung zu Aufgabe 1 „100-Meter Lauf“

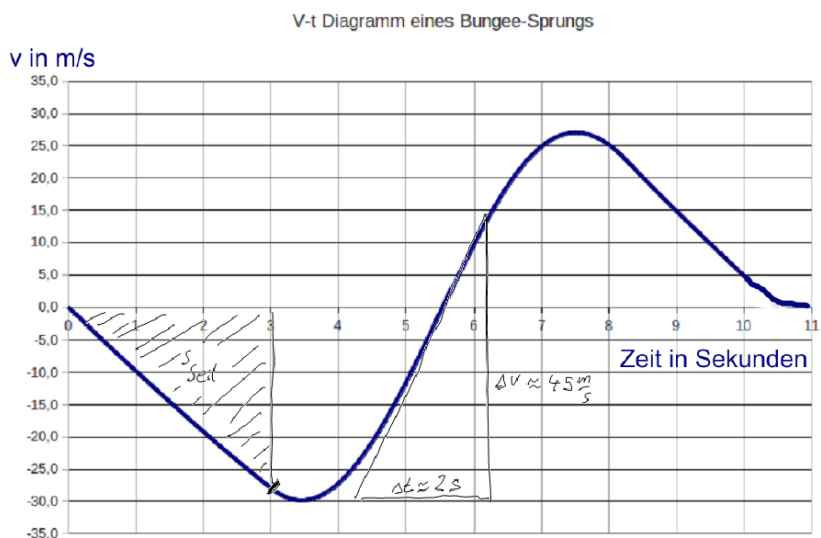


Die Fläche unter dem Dreieck entspricht eine Strecke von 25 m. Möchte man die Fläche zu einem Rechteck ergänzen, so fehlt das obere Dreieck, also noch einmal 25 m. Für die Fläche des gesamten Rechtecks $A_{ges} = 125 \text{ m}$. Nun gilt es nur noch die Rechteckfläche zu berechnen aus Breite und Höhe:

$$A_{ges} = \tau \cdot v_{max}$$

$$\Rightarrow v_{max} = \frac{A_{ges}}{\tau} = \frac{125 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 12,5 \text{ m/s.}$$

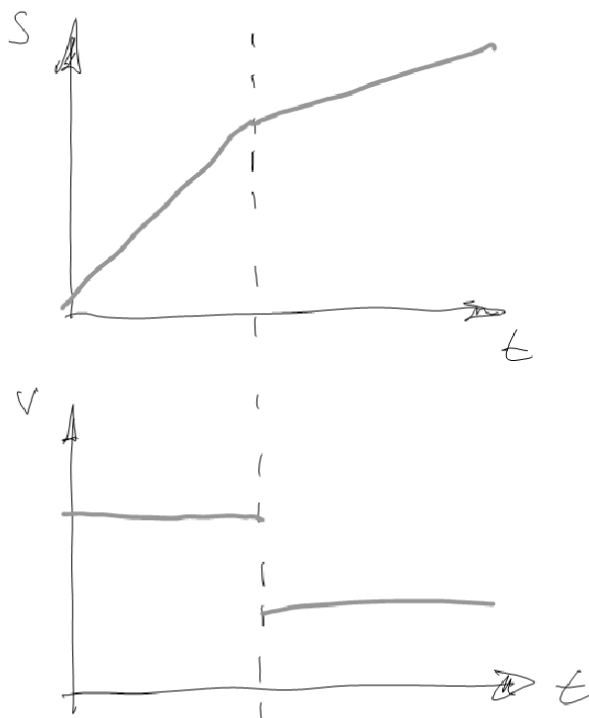
L² Lösung zu Aufgabe 2 „Bungee-Sprung“



- a) Wie groß war der maximale Betrag der Geschwindigkeit?
 Ablesen, bei $t = 3,5 \text{ s}$: $|v| = 30 \text{ m/s} \approx 100 \text{ km/h}$.

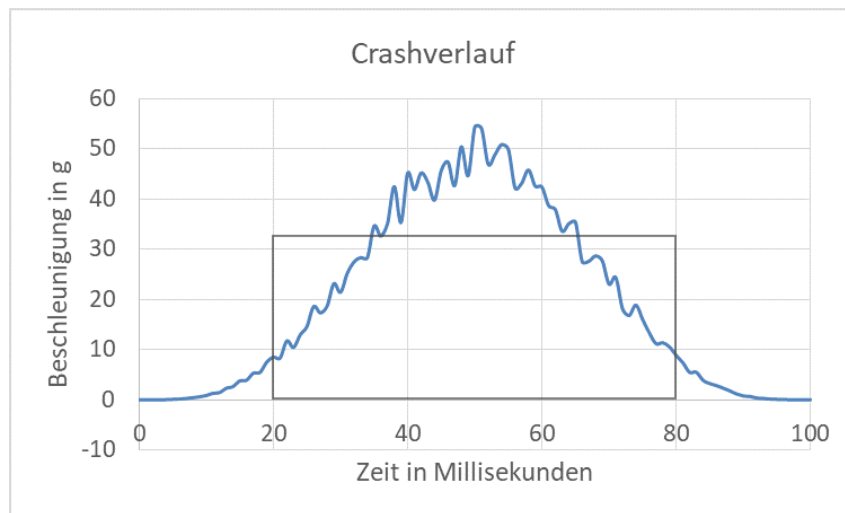
- b) Zu welchem Zeitpunkt ist der tiefste Punkt erreicht?
Extremwert von $s(t)$ ist Nullstelle in $v(t)$. Also bei $t = 5,5$ s.
- c) Wie weit liegt der tiefste Punkt der erreicht wird unter der Absprungposition?
Fläche unter der Kurve bis $t = 5,5$ s. Flächengleiches Rechteck: ca $5 \text{ s} \cdot 20 \text{ m/s} \approx 100 \text{ m}$.
- d) Wie groß war der maximale Betrag der Beschleunigung?
Größte Beschleunigung entspricht größter Steigung von $v(t)$, also einem Wendepunkt. Der liegt bei ca. $t = 5,8$ s. Aus einem Steigungsdreieck erhält man beispielsweise: $\Delta v = 45 \text{ m/s}$ und $\Delta t = 2 \text{ s}$ und damit $a = \Delta v / \Delta t \approx 23 \text{ m/s}^2$.
- e) Zu welchem Zeitpunkt während des Sprungs ist die Fallhöhe gleich der Länge des ungespannten Seils?
Solange die Kurve eine Gerade ist, so fällt der Springer im freien Fall (Prüfen Sie nach: $a = -10 \text{ m/s}$). Genau ab dem Zeitpunkt, an dem das Seil beginnt zu ziehen, weicht die Kurve von der Geraden ab. Und das ist ungefähr bei $t \approx 3$ s.
- f) Wie lang ist das verwendete Seil in ungespanntem Zustand?
Fläche unter der Kurve bis $t = 3$ s. Deshalb $s_{\text{Seil}} = 1/2 \cdot 3 \text{ s} \cdot 28 \text{ m/s} = 42 \text{ m}$.

L³ Lösung zu Aufgabe 3 „Knick im Weg-Zeit-Diagramm“



Knick im $s(t)$ ergibt einen Sprung in $v(t)$ und damit eine unendlich große Beschleunigung. Vergleiche auch Rezept 3.3.3 „Stetigkeit in der Physik“.

L⁴ Lösung zu Aufgabe 4 „Crashtest“



Die Geschwindigkeitsdifferenz entspricht der Fläche unter der Kurve. Zeichnen Sie ein Rechteck gleicher Fläche: z.B. Höhe: 32 g, Zeit: 20 ms bis 80 ms. Deshalb:

$$v \approx 32 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot (80 - 20) \text{ ms} \approx 20 \text{ m/s} \approx 70 \text{ km/h} = v_2.$$

L⁵ Lösung zu Aufgabe 5 „Torsionspendel“

- a) Umfangsgeschwindigkeit $v = \omega R$, also ist v am größten bei maximaler Winkelgeschwindigkeit ω . Diese aus dem Diagramm ablesen:

$$|v| = |\omega| R = 18 \text{ s}^{-1} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,9 \text{ m/s}.$$

- b) Fläche zwischen 0 s und 3,6 s ausrechnen. Auf Vorzeichen achten.

- Fläche zwischen 0 s und 1,2 s:

$$\Delta\varphi_1 \approx -12 \text{ s}^{-1} \cdot 1,2 \text{ s} = -14,4.$$

- Fläche zwischen 1,2 s und 2,7 s:

$$\Delta\varphi_2 \approx 4 \text{ s}^{-1} \cdot 1,5 \text{ s} = 6.$$

- Fläche zwischen 2,7 s und 3,6 s:

$$\Delta\varphi_3 \approx -2 \text{ s}^{-1} \cdot 1 \text{ s} = -2.$$

Damit ergibt sich:

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{Anfang}} + \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_3 &= 0 \\ \Rightarrow \varphi_{\text{Anfang}} &= 14,4 - 6 + 2 = 10,4. \end{aligned}$$

- c) Ganz zu Beginn, denn von Anfang an wird zurück gedreht. Umrechnung in Grad ergibt:

$$\varphi_{\text{Anfang}} = 10,4 \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \approx 10,4 \cdot 60^\circ \approx 600^\circ.$$

d) Größte Steigung suchen. Die liegt bei 0,7 s. Dort ein Steigungsdreieck einzeichnen:

$$|\alpha|_{\max} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{30 \text{ s}^{-1}}{1 \text{ s}} = 30 \text{ s}^{-2}.$$

e) Minimaler Betrag von $|\alpha| = |\dot{\omega}|$ suchen. Das sind alle Extremstellen.

Also $|\alpha|_{\min} = 0$ bei $t = 0,3 \text{ s}$, $1,7 \text{ s}$ und $3,1 \text{ s}$.

f) Maximale Radialbeschleunigung bei maximaler Winkelgeschwindigkeit wegen $a_{\perp} = \omega^2 R$. Die Radialbeschleunigung ist wegen dem Quadrat auch immer positiv.

$$a_{\perp} = \omega^2 R = 18^2 \text{ s}^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 16 \text{ m/s}^2 \quad \text{bei } t = 0,3 \text{ s}.$$

g) Minimale Radialbeschleunigung bei $\omega = 0$:

$$a_{\perp, \min} = 0 \quad \text{bei } t = 1,2 \text{ s} \text{ und } 2,7 \text{ s}.$$

3.b Energieerhaltungssatz in der Punktmechanik

Lösung zu Aufgabe 6 „Paket Rutsche“

Zustand Z1 ganz an den Anfang der Rutsche, Zustand Z2 ans Ende legen.

$$\text{Zustand 1: Klotz bewegt sich schnell, oben} \quad U_1 = \frac{1}{2} m v_1^2 + m g z_1$$

$$\text{Zustand 2: Klotz bewegt sich langsam, unten} \quad U_2 = \frac{1}{2} m v_2^2 + m g z_2$$

$$\text{Arbeit } W_{12}: \text{ keine} \quad W_{12} = 0$$

$$\text{Wärme } Q_{12}: \text{ Reibung auf allen drei Strecken} \quad Q_{12} = -\mu_G m g (s + s \cos \varphi + s)$$

Jede einzelne der drei Teilstrecken hat die Reibungsverluste $-\mu_G m g s \cos \varphi$ wobei in den beiden äußeren Teilstücken $\cos \varphi = 1$ ist. Damit ergibt sich die Summe aus allen drei Teilreibungen zu dem oben stehenden Term von Q_{12} .

Zuerst das Nullniveau auf $z_2 = 0$ legen. Damit wird $z_1 = s \sin \varphi$. Dann einsetzen:

$$\begin{aligned} U_2 - U_1 &= W_{12} + Q_{12} \\ \frac{1}{2} m v_2^2 - \left(\frac{1}{2} m v_1^2 + m g z_1 \right) &= -\mu_G m g (s + s \cos \varphi + s) \quad \left| \cdot \frac{1}{m} \right. \\ \frac{1}{2} v_2^2 - \frac{1}{2} v_1^2 - g s \sin \varphi &= -\mu_G g (s + s \cos \varphi + s) \end{aligned}$$

Auflösen nach μ_G ergibt:

$$\begin{aligned} \Rightarrow \mu_G &= \frac{-\frac{1}{2} v_2^2 + \frac{1}{2} v_1^2 + g s \sin \varphi}{g s (1 + 1 \cos \varphi + 1)} \\ &\approx \frac{-\frac{1}{2} 4^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 + \frac{1}{2} 6^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 + 10 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m} \cdot 0,5}{10 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m} \cdot (2 + 0,87)} \\ &\approx \frac{-8 + 18 + 10}{57} \approx 0,35. \end{aligned}$$

Für Aufgabenteil b) die Geschwindigkeit $v_2 = 0$ setzen. Damit wird $\mu_G \approx 0,5$.

L⁷ Lösung zu Aufgabe 7 „Tractor-Pulling“

Zustand Z1 ganz an den Anfang der Rutsche, Zustand Z2 ans Ende legen. Zudem das Nullniveau am Ende der Strecke x auf $z_2 = 0$ legen. Damit wird $z_1 = (s + x) \sin \varphi$.

$$\text{Zustand 1: Traktor und Last ruhen, oben} \quad U_1 = m_{ges} g z_1 = m_{ges} g (s + x) \sin \varphi$$

$$\text{Zustand 2: Traktor und Last ruhen, unten} \quad U_2 = 0$$

$$\text{Arbeit } W_{12}: \text{ Motor auf Strecke } (s + x) \quad W_{12} = F_M (s + x)$$

$$\text{Wärme } Q_{12}: \text{ Reibung Last auf Strecke } x \quad Q_{12} = -\mu_G m_L g x \cos \varphi$$

Nun alle Teile in die Energiebilanz einsetzen:

$$\begin{aligned} U_2 - U_1 &= W_{12} + Q_{12} \\ \Rightarrow 0 - (m_{ges} g (s + x) \sin \varphi) &= F_M (s + x) - \mu_G m_L g x \cos \varphi \\ \Rightarrow -m_{ges} g s \sin \varphi - m_{ges} g x \sin \varphi &= F_M s + F_M x - \mu_G m_L g x \cos \varphi \end{aligned}$$

Nun alle Summanden mit s auf eine Seite der Gleichung, alle mit x auf die andere:

$$\begin{aligned} \Rightarrow x (\mu_G m_L g \cos \varphi - F_M - m_{ges} g \sin \varphi) &= s (m_{ges} g \sin \varphi + F_M) \\ \Rightarrow x = s \frac{m_{ges} g \sin \varphi + F_M}{\mu_G m_L g \cos \varphi - F_M - m_{ges} g \sin \varphi} \\ &= 10 \text{ m} \cdot \frac{3 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot \sin 10^\circ + 20 \cdot 10^3 \text{ N}}{3 \cdot 1 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 10^\circ - 20 \cdot 10^3 \text{ N} - 3 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot \sin 10^\circ} \end{aligned}$$

In allen Summanden des Bruchs ist die Einheit N. Ebenso steht in allen diesen Summanden der Faktor 10^3 . Dies kann daher gekürzt werden. Zudem wird aus dem Einheitskreis abgelesen: $\sin 10^\circ \approx 0,17$ und $\cos 10^\circ \approx 1$ (nachzuschauen unter [Rezept 4.3.2](#)).

$$\begin{aligned} \Rightarrow x &= 10 \text{ m} \cdot \frac{3 \cdot 10 \cdot 0,17 + 20}{3 \cdot 10 \cdot 1 - 20 - 3 \cdot 10 \cdot 0,17} \\ &= 10 \text{ m} \cdot \frac{5,1 + 20}{30 - 20 - 5,1} \approx 10 \text{ m} \cdot \frac{25}{5} \approx 50 \text{ m} \end{aligned}$$

Der Traktor bleibt daher nach einer Strecke von $s + x \approx 60 \text{ m}$ stehen.