

Physik I D-ITET - Schriftliche Sessionsprüfung

August 2019

Samstag, 17. August 2019, 9:00 – 11:00, HIL G 41

Bitte zur Kenntnis nehmen:

- Es befinden sich insgesamt **4** Aufgaben auf **4 SEITEN**. Die Punkte der einzelnen Teile einer Aufgabe sind in eckigen Klammern am Ende jedes Aufgabenteils ausgewiesen.
- Eine Tabelle mit physikalischen Konstanten befindet sich auf der Rückseite des Deckblattes.
- Sie sind berechtigt 10 Seiten Notizen und ein Wörterbuch bei der Prüfung zu verwenden.
- Bitte schreiben Sie KLAR und DEUTLICH mit einem blauen oder schwarzen Stift. Falls wir Ihre Handschrift nicht lesen können, können wir leider keine Punkte vergeben.
- Bitte fügen Sie UNTEN IHREN NAMEN ein. Die Prüfungsunterlagen einschliesslich des Deckblattes werden am Ende der Prüfung zu Ihren Antworten geheftet.
- Bitte schreiben Sie Ihren Namen auf jedes Ihrer abgegebenen Blätter.
- Während der Prüfung steht die Prüfungsaufsicht zur Beantwortung Ihrer Fragen zur Verfügung. Zögern Sie daher nicht, bei Unklarheiten zu fragen.
- *Multiple Choice* Fragen werden bei richtiger Antwort mit der angegebenen Punktzahl bewertet. Bei fehlendem oder falschem Kreuz gibt es 0 Punkte. Der Lösungsweg wird bei *Multiple Choice* Fragen nicht bewertet.

NAME:	VORNAME:	LEGI NR.:

Aufgabe	1	2	3	4	GESAMT
Punkte					
Max	13	9	19	12	53

Tabelle physikalischer Konstanten

Gravitationskonstante:	G	6.673	$\cdot 10^{-11}$	$\text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$
Normtemperatur: (0 °C)	T	273.15		K
Avogadro-Konstante:	N_A	6.022	$\cdot 10^{23}$	mol^{-1}
Boltzmann-Konstante:	k	1.381	$\cdot 10^{-23}$	J K^{-1}
Universelle Gaskonstante:	R	8.315		$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Gravitationsbeschleunigung Erde	g	9.81		m s^{-2}

1. **Slackline** [$\sum 13$] Eine Slackline mit Massenbelegung $\mu = 0.1 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ sei mit einer Seilkraft von $F_S = 10000 \text{ N}$ zwischen zwei Bäumen im Abstand von $L = 10 \text{ m}$ gespannt. Der Einfluss der Gravitationskraft auf die Slackline sei zu vernachlässigen.

Hinweis: Numerische Werte sind lediglich mit einer Genauigkeit von $\pm 30\%$ zu bestimmen.

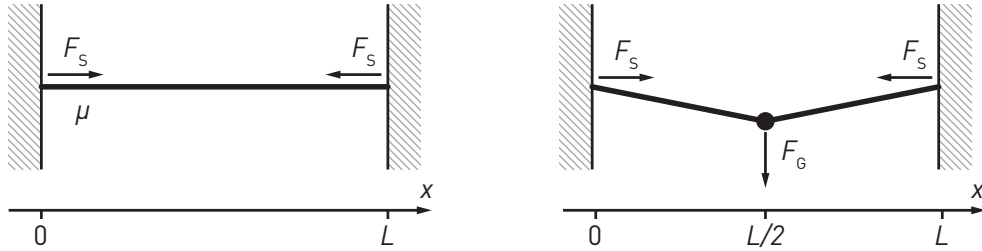


Abbildung 1 – Links: Zwischen zwei Bäumen gespannte Slackline der Länge L . Rechts: Durch Zusatzgewicht gedehnte Slackline.

- Bestimmen Sie die Geschwindigkeit v einer sich entlang der Slackline ausbreitenden Welle. [1.5]
- Bestimmen Sie die Eigenfrequenzen der Grundschiwingung f_0 und der ersten beiden Harmonischen f_1 und f_2 . [3]
- Nehmen Sie an, lediglich die Grundschiwingung und die erste Harmonische seien angeregt. Weiterhin sei zum Zeitpunkt $t = 0$ die Auslenkung der Slackline überall identisch Null. Die maximale Auslenkung nach oben bei $x = L/2$ sei A und werde zur Zeit $t = \frac{1}{4f_0}$ erreicht. Die Auslenkung am Punkt $x = L/4$ zum Zeitpunkt $t = \frac{1}{8f_0}$ sei ebenso A . Bestimmen Sie mit diesen Angaben explizit die Wellenfunktion dieser überlagerten Schwingung als Funktion von Ort x und Zeit t . [4.5]
- Eine Person setzt sich nun auf die Mitte der Slackline. Durch deren Gewichtskraft und aufgrund der endlichen Dehnbarkeit wird die Slackline an dieser Stelle nach unten ausgelenkt (siehe Abbildung). In welcher Weise verändert die Präsenz der Person die Frequenz der Grundschiwingung f_0 ? Nennen Sie dazu mindestens zwei Aspekte und erklären Sie qualitativ den jeweiligen Einfluss auf f_0 . [4]

2. **Radarkontrolle** [$\sum 9$] Bei einer Radarkontrolle wird eine elektromagnetische Welle mit einer Frequenz von $f_t = 20$ GHz ausgesendet und der von vorbeifahrenden Fahrzeugen reflektierte Anteil detektiert. Die Frequenz der detektierten Welle gibt Aufschluss über die Geschwindigkeit des Fahrzeugs relativ zum Radargerät.

Hinweise: Die Wellengeschwindigkeit des Radarsignals sei $c \approx 3 \times 10^8$ m/s .

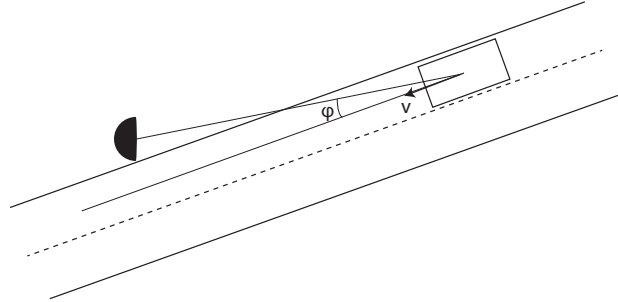


Abbildung 2 – Darstellung eines Fahrzeugs, das mit der Geschwindigkeit v unter dem Winkel φ auf ein Radargerät zufährt.

- (a) Ein Fahrzeug fahre zunächst frontal ($\varphi = 0$) mit einer Geschwindigkeit von $v = 54$ km/h auf das Radargerät zu. Bestimmen Sie die Differenzfrequenz Δf zwischen detektiertem Signal und ausgesendetem Signal. [3]
- ☐ $\Delta f \approx 100$ Hz ☐ $\Delta f \approx 800$ Hz
☐ $\Delta f \approx 2$ kHz ☐ $\Delta f \approx 300$ Hz
- (b) Zur Bestimmung der Differenzfrequenz wird die detektierte Welle mit der ausgesendeten Welle multipliziert und anschliessend Frequenzanteile mit Frequenzen oberhalb von 10 GHz unterdrückt. Welche Funktion beschreibt am treffendsten den zeitlichen Verlauf der *Intensität* des daraus resultierenden Signals? [3]
- ☐ $\frac{I_0}{2}(1 + \cos(2\pi \cdot \Delta f \cdot t))$ ☐ $I_0 \cos(2\pi \cdot \Delta f \cdot t)$
☐ $\frac{I_0}{2}(1 + \cos(2\pi \cdot 2\Delta f \cdot t))$ ☐ $I_0 \cos(2\pi \cdot 2\Delta f \cdot t)$
☐ $\frac{I_0}{2}(1 + \cos(2\pi \cdot 0.5\Delta f \cdot t))$ ☐ $I_0 \cos(2\pi \cdot 0.5\Delta f \cdot t)$
- (c) In einem realistischeren Szenario fährt das Fahrzeug in einem endlichen Abstand am Radargerät vorbei, siehe Abbildung 2. Im Moment der Messung fahre das Fahrzeug unter einem Winkel von $\varphi = 0.1$ rad in Richtung des Radargeräts. Um wieviel Prozent wird die vom Radargerät angezeigte Geschwindigkeit von der tatsächlichen Geschwindigkeit des Fahrzeugs abweichen? [3]
- ☐ Die angezeigte Geschwindigkeit wird um etwa 2 % niedriger sein.
☐ Die angezeigte Geschwindigkeit wird um etwa 0.5 % niedriger sein.
☐ Die angezeigte Geschwindigkeit wird um etwa 0.1 % niedriger sein.
☐ Die angezeigte Geschwindigkeit wird um etwa 0.1 % höher sein.
☐ Die angezeigte Geschwindigkeit wird um etwa 0.5 % höher sein.
☐ Die angezeigte Geschwindigkeit wird um etwa 2 % höher sein.

3. **Kreisprozess** [$\sum 19$] Der in Abbildung 3 gezeigte Kreisprozess eines idealen, einatomigen Gases mit Stoffmenge ν bestehe aus je zwei adiabatischen und zwei isochoren Prozessabschnitten. Der Kreisprozess werde ermöglicht durch kontrollierte Kopplung an ein einzelnes Wärmereservoir konstanter Temperatur T_{res} . Die Temperatur des Gases bei den Punkten 1 und 3 sei identisch $T_1 = T_3 = T_{\text{res}}$.

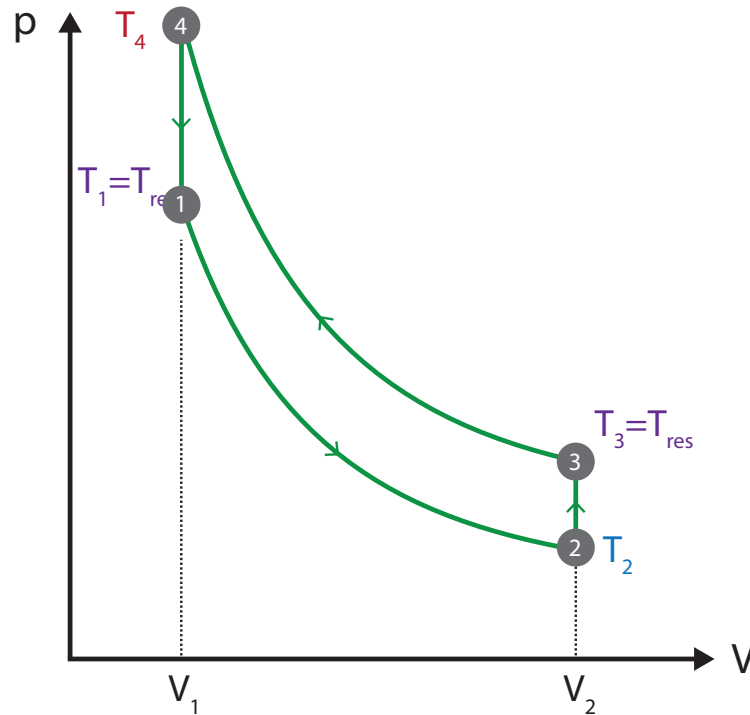


Abbildung 3 – Abbildung des Kreisprozesses im Druck-Volumen-Diagramm.

- Geben Sie mit obigen Angaben den numerischen Wert für den Adiabatenkoeffizienten κ sowie einen Ausdruck für die innere Energie U_1 des Gases am Punkt 1 an.
Hinweis: Verwenden Sie den Gleichverteilungssatz. [3]
- Bestimmen Sie die Temperaturen des Gases T_2 und T_4 und den jeweiligen Punkten 2 und 4 in Abhängigkeit von T_{res} , V_1 und V_2 . [3]
Hinweis: Bei einem adiabatischen Prozess bleibt die Grösse $TV^{\kappa-1}$ konstant.
- Wieviel Arbeit $W_{1 \rightarrow 2}$ leistet die Umgebung an dem Gas auf dem Prozessabschnitt von Punkt 1 nach 2? Welches Vorzeichen hat die am Gas geleistete Arbeit während eines gesamten Zyklus des Kreisprozesses (qualitative Begründung genügt)? [4.5]
- Bestimmen Sie die vom Wärmereservoir an das Gas abgegebene Wärmemenge $Q_{2 \rightarrow 3}$ auf dem isochoren Prozessabschnitt von Punkt 2 nach 3. [2.5]
- Bestimmen Sie die Entropieänderung ΔS des Wärmereservoirs während eines gesamten Zyklus des Kreisprozesses. [4]
- Könnte der Kreisprozess mit Hilfe eines einzelnen Wärmereservoir auch in umgekehrter Richtung ablaufen? Begründen Sie Ihre Antwort. [2]

4. **Heissluftballon** [$\sum 12$] Die erhitzte Luft im Inneren eines Heissluftballons habe die konstante Temperatur $T = 400 \text{ K}$. Der Ballon werde als kugelförmig mit Radius $R = 10 \text{ m}$ angenommen. Der Druck im Innern des Heissluftballons entspreche dem Umgebungsdruck $p = 1 \text{ bar}$. Die Umgebungsluft habe eine Temperatur von 300 K . Die Hülle des Heissluftballons habe eine Flächendichte von 0.1 kg/m^2 .

Hinweis: Nehmen Sie an die Luft sei durch ein ideales Gas beschrieben und habe bei $T = 300 \text{ K}$ und $p = 1 \text{ bar}$ eine Massendichte von 1.2 kg/m^3 .

Hinweis: Sämtliche numerische Werte müssen lediglich auf eine Genauigkeit von $\pm 30 \%$ bestimmt werden.

- (a) Bestimmen Sie die Auftriebskraft des Ballons. [3]

Hinweis: Die Auftriebskraft entspricht der Gewichtskraft des vom Ballon verdrängten Umgebungsgases.

- (b) Bestimmen Sie die Gewichtskraft des Ballons bestehend aus Hülle und eingeschlossenem Gas. [5]

- (c) Wie gross muss die Temperatur des eingeschlossenen Gases im Ballon mindestens sein, damit der Ballon mit einer zusätzlichen Last von 900 kg gerade schweben kann? [4]