
Examinator:

Bestimmungen

Lösungen

- **Rechnungsaufgaben** sind so zu lösen, dass der Weg zum Resultat aus der Herleitung nachvollziehbar ist.
Wird der **solve-Befehl** verwendet, so ist die entsprechende Gleichung mit eingesetzten Zahlenwerten und korrekten Einheiten anzugeben.
- Resultate sind auf **drei signifikante Ziffern** zu runden.
- Numerische Resultate, die direkt, also ohne Rechnung ermittelt werden können, sind kurz, stichwortartig zu begründen.
- **Textantworten** müssen einsichtig, physikalisch stichhaltig und sprachlich vertretbar formuliert sein.

Bewertung

- Die **Punktzahl** steht hinter jeder (Teil-) Aufgabe in Klammern.
- Die maximale Punktzahl beträgt **53 Punkte**.
- Die Benotung erfolgt aufgrund der Formel:

$$\text{Note} = \frac{\text{Punktesumme}}{10} + 1$$

wobei mathematisch auf halbe Noten gerundet wird und keine Noten über 6 gesetzt werden.

Hilfsmittel

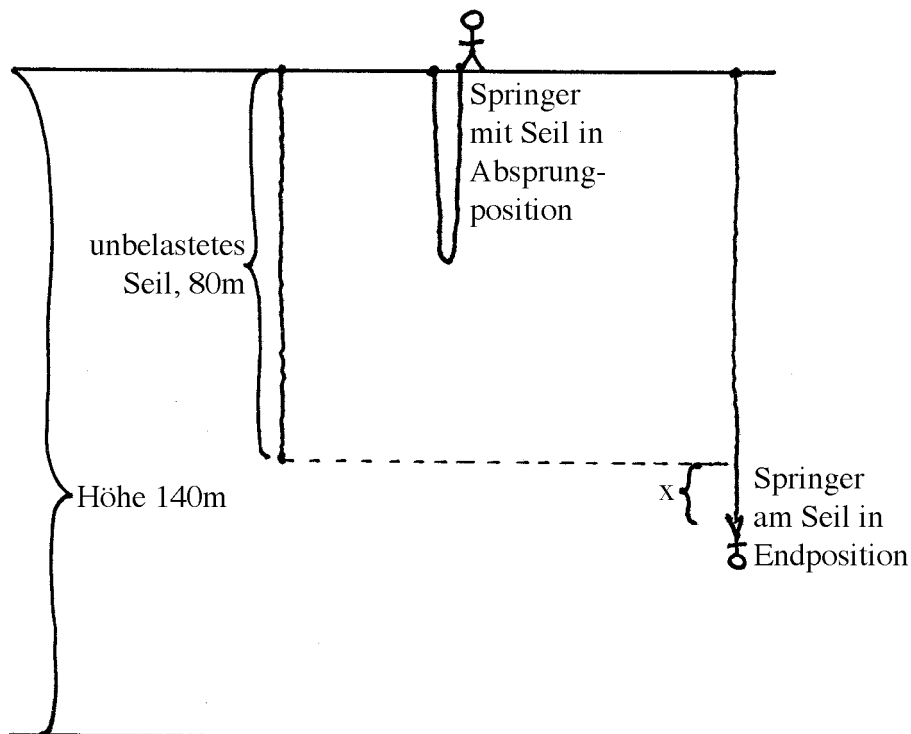
- Taschenrechner: TI N'Spire CAS
- Formelsammlungen:
 - Formeln und Daten zur Physik, Klett
 - Formelsammlung Mathematik, Adrian Wetzell

Zeit

4 Stunden

Aufgabe 1 [11 Punkte]

Eine Firma bietet Bungee-Sprünge an. Das Bungee-Seil hat unbelastet eine Länge von 80 m. Wir betrachten es als masselose Feder mit einer Federkonstanten von 55 N/m. Die Absprungstelle befindet sich 140 m über dem Boden.



- Wie gross darf die Masse eines Springers höchstens sein, damit der Sprung gerade noch durchgeführt werden kann? Wir vernachlässigen die Grösse des Springers, betrachten ihn also als punktförmig. (Falls Sie keine Lösung finden, rechnen Sie mit $m = 70 \text{ kg}$ weiter.) [1,5]
- Nach einigen Auf- und Ab-Bewegungen wird der Springer am Seil hängend zur Ruhe kommen. In welcher Höhe über dem Boden befindet er sich dann? [1,5]
- Wie lange dauert es, bis der Springer nach dem Absprung erstmals ganz unten ist? [5]
- Wie gross ist die maximale Geschwindigkeit, die vom Springer erreicht wird? [1]
- (Diese Teilaufgabe ist unabhängig von den anderen lösbar.)
Wenn der Springer in Ruhe am Seil hängt, ist das Seil um die Strecke x verlängert (siehe Bild und vgl. Aufgabe b)).
Zeigen Sie, dass Folgendes allgemein gilt: Ein Fadenpendel mit der Länge x hat die gleiche Schwingungsdauer wie ein Federpendel, bei dem die Feder durch die angehängte Masse um die Strecke x verlängert wird. [2]

Aufgabe 2 [11 Punkte]

Ein Gasballon ist kugelförmig mit einem Radius von 5,5 m. Er wird am Boden bei einer Temperatur von 20°C und einem Luftdruck von 1,00 bar mit Wasserstoff gefüllt. Die Dichte der Luft beträgt hier 1,19 kg/m³, die Dichte des Wasserstoffs 0,0827 kg/m³. Der Ballon hat unten eine Öffnung. Dadurch kann überschüssiges Gas ausströmen und der Druck im Ballon ist immer gleich wie der äussere Luftdruck. Das Volumen des Ballons soll sich nicht ändern.

In der später erreichten Flughöhe beträgt die Temperatur nur noch 3°C und der Luftdruck nur noch 785 mbar.



- a) Wieviel Gasmasse befindet sich nach dem Füllen am Boden in der Ballonhülle? [2]
- b) Wieviel Gasmasse strömt aus, bis der Ballon die Flughöhe erreicht hat? [3]
- c) Wieviel Ballast musste bis zum Erreichen der Flughöhe abgeworfen werden, wenn angenommen wird, dass der Ballon beim Start so viel Ballast geladen hatte, dass er am Boden gerade schweben konnte?
Vereinfachungen: - Das Volumen des Ballastes wird vernachlässigt.
- Die Masse von Ballonhülle, Korb, etc. ist Teil des Ballastes.
(Falls Sie keine Lösung finden, rechnen Sie mit $m = 120$ kg weiter.) [4]
- d) Mit welcher Beschleunigung hätte der Ballon vom Boden abgehoben, wenn man den in c) berechneten Ballast beim Start auf einmal abgeworfen hätte? [2]

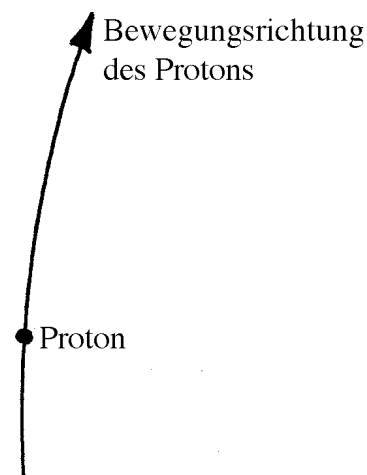
Aufgabe 3 [11 Punkte]

Die Batterie eines Feuerwehrautos hat die Quellenspannung $U_Q = 26,4 \text{ V}$. An diese Batterie wird ein Scheinwerfer über ein zweiadriges Verlängerungskabel angeschlossen. Die Querschnittsfläche der Kupfer-Drähte im Kabel beträgt 20 mm^2 . Der Widerstand des Verlängerungskabels beträgt insgesamt $0,11 \text{ }\Omega$. Es fließt ein Strom von 42 A . Dabei hat der Scheinwerfer eine Leistung von 855 W .

- a) Wie gross ist die Länge des Verlängerungskabel? [2]
- b) Wie gross ist die im Verlängerungskabel verheizte elektrische Leistung? (Falls Sie keine Lösung finden, rechnen Sie mit $P = 200 \text{ W}$ weiter.) [1]
- c) Wie lange dauert es, bis das Kupfer im Kabel um 1°C wärmer geworden ist, wenn 20% der verheizten Leistung zur Erwärmung des Kupfers verantwortlich sind? Wir vernachlässigen die Wärmeabstrahlung. [3]
- d) Wie gross ist der Widerstand des Scheinwerfers? [1]
- e) Wie gross ist der Innenwiderstand der Batterie? (Falls Sie keine Lösung finden, rechnen Sie mit $R_i = 0,030 \text{ }\Omega$ weiter.) [2]
- f) Wie gross wäre die Leistung des Scheinwerfers, wenn er direkt, also ohne Verlängerungskabel, an die Batterie angeschlossen würde? [2]

Aufgabe 4 [8 Punkte]

Im LHC (Large Hadron Collider) im CERN in Genf bewegen sich Protonen mit einer relativistischen Geschwindigkeit von $0,994 \cdot c$. Mit einem Magnetfeld werden sie auf einer Kreisbahn mit 4,3 km Radius gehalten.

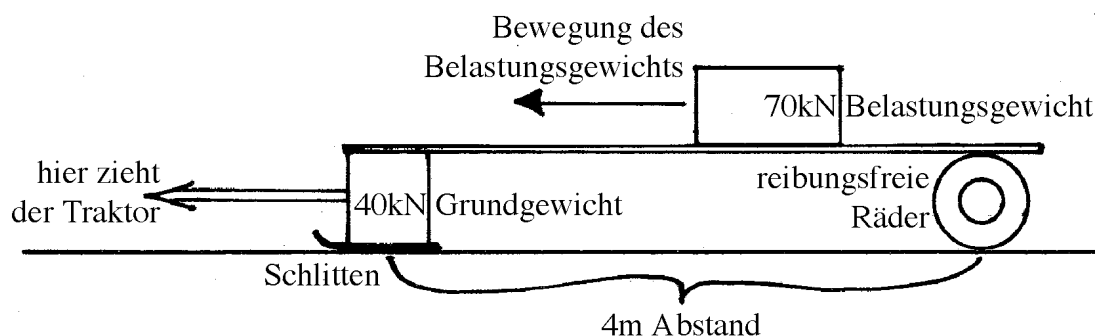


- a) Die Skizze zeigt einen kleinen Ausschnitt der Protonenbahn. Zeichnen Sie die Richtung des bahnerzeugenden Magnetfeldes in der Skizze ein und begründen Sie. [1]
- b) Wie stark muss das Magnetfeld sein? [3]
- c) Aus der Sicht eines ruhenden Beobachters:
Eines dieser Protonen stösst mit einem Proton zusammen, das sich mit der gleichen Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung bewegt. Beim Zusammenstoss soll aus den beiden Protonen ein neues Teilchen entstehen. Wie gross ist die Masse dieses Teilchens? [2]
- d) Aus der Sicht des kollidierenden Protons:
Wie gross ist die Geschwindigkeit des Protons, das mit ihm zusammenstossen wird?
Runden Sie dieses Resultat ausnahmsweise auf 5 signifikante Ziffern! [1]
- e) Aus der Sicht eines Protons, das nicht am Zusammenstoss beteiligt ist:
Begründen Sie, ob die Masse des aus dem Zusammenstoss entstandenen Teilchens grösser, kleiner oder gleich ist wie die in Teilaufgabe c) berechnete Masse. [1]

Aufgabe 5 [5 Punkte]



Beim "tractor-pulling" muss ein Traktor einen Bremswagen möglichst weit ziehen. Das Grundgewicht des Bremswagens befindet sich auf dem Schlitten und beträgt 40 kN. Das Belastungsgewicht beträgt 70 kN und befindet sich anfänglich genau über den hinteren Rädern des Bremswagens. Diese Räder betrachten wir als vollkommen reibungsfrei. Den Rest des Bremswagens betrachten wir als gewichtslos.



Der Reibungskoeffizient zwischen dem gleitenden Schlitten und dem Boden beträgt $f_{RG} = 0,54$. Der Abstand zwischen dem Schlitten und den hinteren Rädern des Bremswagens beträgt 4 m. Durch eine spezielle Mechanik bewegt sich das Belastungsgewicht auf dem Bremswagen während der Fahrt in Richtung Schlitten, und zwar um 5 cm pro Meter Fahrt des Bremswagens.

Der Traktor hat eine Masse von 6 Tonnen, der Haftreibungskoeffizient zwischen den Rädern und dem Boden beträgt $f_{RH} = 0,75$. Der Motor des Traktors soll so stark sein, dass er nicht der limitierende Faktor ist.

- Wieviel Kraft ist nötig, um den Bremswagen mit konstanter Geschwindigkeit zu ziehen, wenn sich das Belastungsgewicht noch über den hinteren Rädern befindet? [1]
- Wie weit kann der Traktor den Bremswagen mit konstanter Geschwindigkeit ziehen? [4]

Aufgabe 6 [7 Punkte]

Eine reale Spule mit der Induktivität $L = 12 \text{ mH}$ und dem ohmschen Widerstand $R = 6,7 \text{ } \Omega$ wird an ein Netzgerät mit der Wechselspannung $\hat{U} = 6 \text{ V}$ und der Frequenz $f = 50 \text{ Hz}$ angeschlossen.

- a) Erklären und begründen Sie, ob und warum der Strom durch diese Spule der Spannung voraus oder hintendrein ist. [2]
- b) Wie gross ist die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom? [2]
- c) Ein Kondensator wird parallel zu dieser Spule an das Netzgerät angeschlossen. Wie gross muss seine Kapazität sein, damit der Gesamtstrom in dieser Schaltung mit der Spannung des Netzgerätes in Phase ist? [3]