PHYSIK

Abitur

Prüfungsaufgaben Mechanik

Teil 2

Die Aufgaben sind nicht nach Themen geordnet

Text noch in Arbeit

Stand: 23. Januar 2022

Datei Nr. 91202

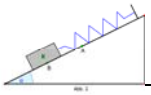
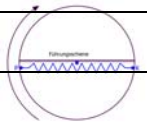
Friedrich W. Buckel

INTERNETBIBLIOTHEK FÜR SCHULMATHEMATIK

www.mathe-cd.de

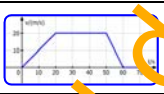
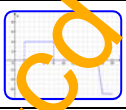
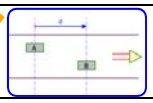
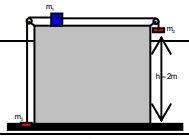
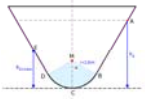
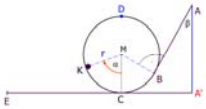
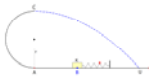
Demo-Text für www.mathe-cd.de

Die folgenden Aufgaben stehen samt Lösungen in diesem Text.

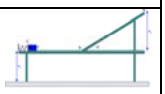
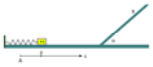
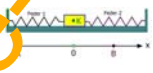
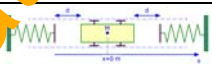
Nr.	Inhalt	Aufg.	Lsg.
30	Kettenkarussell	5	33
31	Kettenkarussell	6	35
32	Fadenpendel	7	37
33	Fadenpendel mit senkrechtem Wurf nach oben, auch horizontale Kreisbahn	8	40
34	Fadenpendel mit Stoß	9	42
35	Fadenpendel schwingt, führt auch eine horizontale Kreisbewegung aus	10	46
36	Hemmungspendel, Bewegung auch mit zwei angekoppelten Federn	11	48
37	Fadenpendel schwingt harmonisch, Hemmungspendel	12	51
38	Pendel im Deutschen Museum in München	13	56
39	Sekundenpendel, Unabhängigkeit der Schwingungsdauer von der Masse	14	58
40	Gekoppelte Körper über Umlenkrolle	15	60
41	Gekoppelte Körper über Umlenkrolle	16	62
42	Gekoppelte Körper über Umlenkrolle	17	67
43	Gekoppelte Körper über Umlenkrolle	18	69
44	Vertikale Feder mit aufgelegtem Körper, der die Feder zusammendrückt	19	68
45	Auf einer schiefen Ebene liegt ein Körper, der von einer Feder gehalten wird 	20	75
46	Federpendel; Wagen zwischen zwei Dehnungsbändern Harmonische Schwingung	21	78
47	Körper mit verbundener Feder schwingt horizontal. Diagramme auswerten	22	80
48	Vertikal drehende Gondel	23	82
49	Horizontal rotierende Kreisscheibe mit Körper an Feder 	24	85
50	Vertikal abgeschossene Rakete	25	88
51	Landung auf einem Kometen	26	91
52	Harmonische Federschwingung	27	94
53	Bewegung im Gravitationsfeld	28	100
54	Mondlandung	29	102
55	Gravitation usw.	30	104
56	Satellitenbewegung	31	106

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Diese Aufgaben 1 bis 29 stehen im Text 91201

Nr.	Inhalt
1	Auto beschleunigt, bremst und macht Kurvenfahrt. Pendel im Auto reagiert darauf
2	Auto führt versch. Bewegungen durch, auch mit aufgehängtem Pendel
3	Auswertung eines Fahrtenschreibers. Herunterfallendes Gepäckstück im bremsenden Zug. 
4	Interpretation eines a-t-Diagramms. Untersuchung des Zusammenstoßes zweier Pkws. 
5	Motorrad fährt beschleunigt auf ebener Bahn und in einer Kurve. Überholvorgang eines zweiten Motorrades.
6	Überholende PKWs. Zusammenstoß 
7	Abschuss eines Schleudersitzes mit einem Katapult nach oben.
8	Drei gekoppelte Köper bewegen sich auf unterschiedliche Weisen 
9	Kugel schwingt im Weinglas und bewegt sich auf horizontaler Kreisbahn. 
10	Rutschbahn ins Wasserbecken
11	Rutschbahn auf Kreisbögen. Abheben in Flugbahn.
12	Bobbahn
13	Berg- und Talbahn
14	Schleifenbahn 
15	Schiefe Ebene mit waagrechtem Wurf
16	Schiefe Ebene aufwärts mit schiefem Wurf. Zusammenstoß mit Pendel
17	Vulkanausbruch: Senkrechter Wur nach oben, Zusammenstoß von Steinbrocken
18	Feder schiebt Kugel an, waagrechter Wurf Zusammenstoß mit Pendelkugel
19	Wagen durchfährt Schleifenbahn, stößt dann auf zweiten Wagen, der auf eine Feder prallt und zurückfährt.
20	Feder schiebt Kugel an, diese durchläuft vertikalen Halbkreis und macht dann einen waagrechen Wurf. 

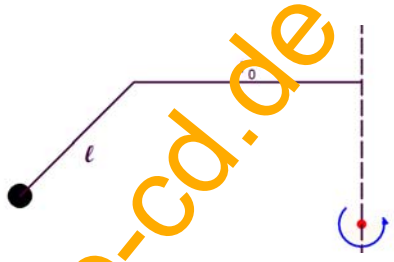
Demo-Text für www.mathe-cd.de

Nr.	Inhalt
21	Feder schiebt Körper an, der eine schiefe Ebene hinauf gleitet und wieder hinab, auch von oben mit schiefem Wurf … 
22	Ähnlich wie 1.21 
23	Feder schiebt Körper an, der eine Schleife durchfährt, anschließend auf einer Kreisbahn abwärts gleitet und abhebt.
24	Seilzug an schiefer Ebene, Zusammendrücken einer Feder
25	Feder schiebt Körper an, der auf zweiten Körper prallt: Stoß!
26	Trampolin auf vier Federn
27	Körper führt zwischen zwei Federn eine harmonische Schwingung aus 
28	Vertikale Schwingung einer Feder; harmonische Schwingung
29	Wagen bewegt sich zwischen zwei Federpuffern hin und her 

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 30 (2016 BW TG) (Lösung Seite 33)

Bei modernen Varianten eines Kettenkarussells findet die Fahrt zum Teil in großer Höhe statt.
Auf dem Jahrmarkt beobachtet ein Besucher die Fahrt eines solchen Kettenkarussells.
Nach einer Anfangsphase rotiert das Karussell in einer konstanten Höhe und mit einer konstanten Drehfrequenz. In 65 Sekunden misst der Beobachter 5 Umläufe.
Gehen sie im Folgenden davon aus, dass ein Fahrgast mit Sitz eine Masse m = 80 kg hat, die vereinfachend als Massenpunkt angenommen werden kann. Die Masse der Ketten und der Aufhängung soll ebenso wie Reibungskräfte vernachlässigt werden. Die Länge der Kette beträgt ℓ =10 m.
Die Aufhängung der Kette befindet sich r_o= 12 m vom Drehpunkt entfernt.
Rechnen Sie mit einer Fallbeschleunigung von $g = 10\,\frac{m}{s^2}$



a) Erstellen Sie für diese Situation eine Skizze mit den auf den Schwerpunkt der Masse m wirkenden Kräften sowie deren Resultierenden.

b) Im Vergleich zur Ruhelage hat sich aufgrund der Drehbewegung der horizontale Abstand des Sitzes mit dem Fahrgast von der Drehachse um 3,4 m vergrößert. Bestimmen Sie die Bahngeschwindigkeit des Sitzes sowie die Höhe, um die dieser gegenüber der Ruhelage angehoben wurde.
Erläutern Sie, ob ein unbesetzter Sitz bei gleicher Drehfrequenz ebenfalls um 3,4 m ausgelenkt wird.

c) Zeigen Sie, dass für die Bahngeschwindigkeit allgemein folgender Zusammenhang gilt:

$$v = \sqrt{g \cdot \tan\alpha \cdot (r_o + \ell \cdot \sin\alpha)}$$

d) Ein Mitschüler behauptet aufgrund der folgenden (korrekten) Formel, dass eine Verdoppelung der Frequenz zu einer Vervierfachung der sich einstellenden Zentralkraft F_z führt:

$$F_Z = 4\pi^2 \cdot f^2 \cdot r \cdot m$$

Begründen Sie, weshalb diese Aussage nicht richtig ist.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 31 (1973 BW) (Lösung Seite 35)

Ein Karussell hat einen vertikalen Mast und mehrere Gondeln.
Jede Gondel ist gelenkig an der Mastspitze mittels einer Stange aufgehängt.

Die Stangen bilden im Ruhezustand mit dem Mast den Winkel $\alpha_o = 10^o$.

Das System Stange-Gondel-Passagier hat die Masse 100 kg; diese Masse denke man sich in ihrem 5 m von der Mastspitze entfernten, im Passagier liegenden Schwerpunkt vereinigt.

a) Das Karussell beginnt sich zu drehen.
Ab welcher Winkelgeschwindigkeit ω_o heben die Gondeln ab, das heißt, ab welcher Winkelgeschwindigkeit ω_o wird der Winkel zwischen Mast und Stange größer als 10°?

b) Bei der konstanten Winkelgeschwindigkeit ω_1 des Karussells sei $\alpha_1 = 60^o$.
Berechne für diesen Fall die Anzahl der Umdrehungen pro Sekunde,
die Bahngeschwindigkeit des Schwerpunktes, die Zentralkraft,
und die in einer Stange wirkende Zugkraft.

c) Bestimme die Winkelgeschwindigkeit ω_2, bei der der Passagier der Beschleunigung 5g ausgesetzt ist.

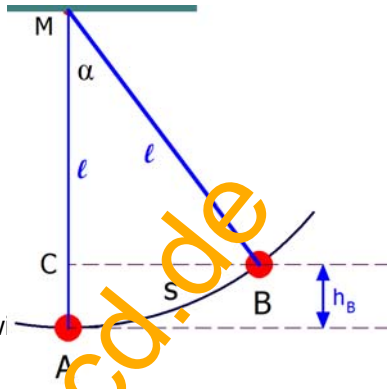
d) Das System Stange-Gondel-Passagier sei zunächst in Ruhe.
Welche Energie muss man ihm zuführen, damit bei der Drehung des Karussells der Auslenkungswinkel $\alpha_1 = 60^o$ erreicht wird?

$g = 10\,\frac{m}{s^2}$

Von der Reibung ist abzusehen.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 32 (1989 BW) (Lösung Seite 37)



Ein Fadenpendel mit der Pendellänge $\ell = 2{,}24\ \text{m}$ und einem Pendelkörper K der Masse 1,40 kg schwingt frei.
Er hat beim Durchgang durch den tiefsten Punkt A die Geschwindigkeit $v_A = 0{,}6\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

a) Berechnen Sie die maximale Höhe h_B und den zugehörigen Auslenkw
Berechnen Sie die Rückstellkraft, die auf K im Punkt B wirkt.

b) Geben Sie die Rückstellkraft in Abhängigkeit von der Auslenkung s an.
Zeigen Sie, dass für kleine Auslenkungen die Schwingung des Fadenpendels als harmonische Schwingung betrachtet werden kann.

c) Zum Zeitpunkt t = 0s schwingt der Pendelkörper K mit der Geschwindigkeit $v_A = 0{,}60\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ durch den Punkt A nach rechts. Die Schwingung soll als harmonisch angesehen werden.
Berechnen Sie die Periodendauer T und die maximale Auslenkung s^*.
Geben Sie das Weg-Zeit-Gesetz s(t) und das Geschwindigkeit-Zeit-gesetz v(t) an.

Zeichnen Sie für $s^* = 0{,}29\ \text{m}$ das s-t-Diagramm und das v-t-Diagramm im Bereich $0\text{s} \le t \le 1{,}5\,T$.
(t-Achse: $1\,\text{cm} \mathrel{\hat{=}} 0{,}5\ \text{s}$; s-Achse: $1\,\text{cm} \mathrel{\hat{=}} 0{,}10\ \text{m}$; v-Achse: $1\,\text{cm} \mathrel{\hat{=}} 0{,}20\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$)

Lesen Sie aus dem s-t-Diagramm ab, zu welchem Zeitpunkt t_1 der Pendelkörper zum ersten Mal die Auslenkung $s_1 = 0{,}20\ \text{m}$ erreicht hat.

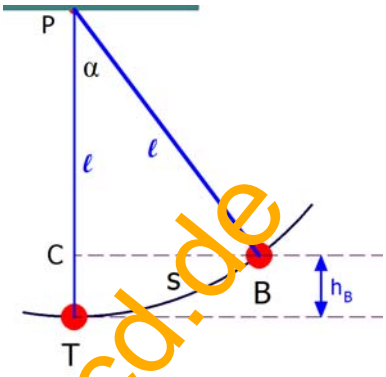
Entnehmen Sie dem v-t-Diagramm die Geschwindigkeit v_2 des Pendelkörpers zum Zeitpunkt $t_2 = \frac{2}{3}T$.

Bestimmen Sie rechnerisch die Werte t_1 und v_2..

Es sei $g = 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ und von Reibungskräften ist abzusehen.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 33 (1978 BW) (Lösung Seite 40)



In einem festen Punkt P ist eine Kugel der Masse m = 200 g an einem Faden aufgehängt. Die Entfernung vom Punkt P bis zum Kugelmittelpunkt beträgt l = 1,6 m.
Der Faden hat eine Reißfestigkeit von 15 N.
Mit dieser Anordnung werden folgende 3 Versuche durchgeführt:

a) Im ersten Versuch wird die Anordnung als Fadenpendel benutzt. Die Kugel wird horizontal um 10 cm so ausgelenkt, dass der Faden gespannt bleibt. Wie groß ist die Rückstellkraft?
Zeige, dass die Kugel nach dem Loslassen näherungsweise eine harmonische Schwingung ausführt. Bestimme ihre Schwingungsdauer!

b) Im zweiten Versuch wird die Kugel auf einer vertikalen Kreisbahn um P bewegt. Im höchsten Punkt dieser Bahn soll die Fadenspannkraft gerade verschwinden. Berechne die Geschwindigkeit der Kugel im höchsten und im tiefsten Punkt der Kreisbahn, sowie die Fadenspannkraft im Tiefpunkt der Bahn.

c) In dem Versuch nach Teilaufgabe b) wird der Faden in dem Moment durchgebrannt, in dem die Kugel sich genau vertikal nach oben bewegt.
Wie groß ist die halbe Steighöhe, und wie lange dauert es, bis diese erreicht wird?

d) Im dritten Versuch beschreibt die Kugel eine horizontale Kreisbahn, d.h. die vertikale Drehachse geht durch P.
Wie groß darf der Radius der Kreisbahn höchstens sein, damit der Faden nicht reißt?
Wie groß ist dann die Bahngeschwindigkeit?

$$g = 10\,\frac{m}{s^2}$$

Der Luftwiderstand und die Masse des Fadens sind zu vernachlässigen.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 34 (1978 BW) (Lösung Seite 42)

Ein Fadenpendel (ℓ = 5 m) wird um den Winkel $\varphi_o = 45^o$ aus der Gleichgewichtslage ausgelenkt und dann der Pendelkörper (m_P = 2 kg) freigegeben. Bei Erreichen der Gleichgewichtslage wird er von einer in der Schwingungsebene horizontal fliegenden Kugel (m_K =0,1 kg) zentral getroffen. In den Teilaufgaben a), b) und c) bleibt die Kugel im Pendelkörper stecken.

a) Mit welcher Geschwindigkeit erreicht der Pendelkörper die Gleichgewichtslage?
Welche Geschwindigkeit v_o muss die dem Pendelkörper entgegen fliegende Kugel haben, damit dieser in der Gleichgewichtslage zur Ruhe kommt?
Bestimme die konstante Kraft, welche die Kugel in 0,02 s aus der Ruhe auf die Geschwindigkeit v_o beschleunigt hat.

b) Welche Geschwindigkeit v_1 muss die entgegenfliegende Kugel haben, damit nach dem Stoß die Gleichgewichtslage überschritten und der Pendelausschlag $\varphi_1 = 15^o$ erreicht wird?

c) Die Kugel trifft in der Gleichgewichtslage mit der Geschwindigkeit v_1 von hinten auf den herabgeschwungenen Pendelkörper.
Wie groß ist nach dem Stoß der maximale Pendelausschlag?
Berechne die Verluste an kinetischer Energie in den Teilaufgaben b) und c).

d) In einem neuen Versuch erfolgt der Stoß vollkommen elastisch, die Kugel bleibt also nicht stecken.
Welche Geschwindigkeit muss jetzt die entgegenfliegende Kugel haben, damit der Pendelkörper nach dem Stoß in der Ruhelage bleibt?

Die Luftreibung ist zu vernachlässigen. $g = 10\,\frac{m}{s^2}$.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 35 (1971 BW) (Lösung Seite 46)

a) Eine Kugel der Masse m = 0,02 kg ist mit einem Faden an einem festen Punkt aufgehängt. Die Entfernung zwischen Aufhängepunkt und Kugelmittelpunkt beträgt ℓ = 0,3 m. Die Kugel wird bei gespanntem Faden so weit aus ihrer Ruhelage (Stellung I) ausgelenkt, dass der Faden den Winkel $\alpha = 50^{\circ}$ mit der Vertikalen einschließt (Stellung II). Berechne die Kraft, mit der man in horizontaler Richtung an der Kugel ziehen muss, um sie in der Stellung II festzuhalten.

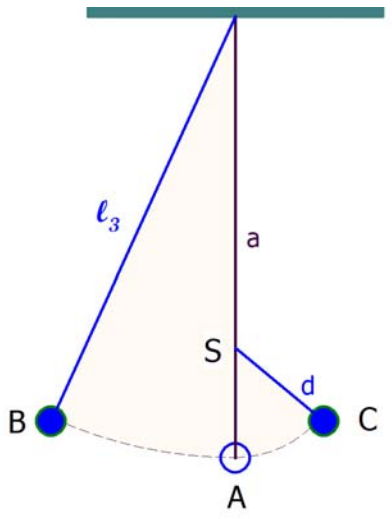
b) Die Kugel wird in der Stellung II so angestoßen), dass sie eine horizontale Kreisbahn in Höhe der Stellung II beschreibt. Welche Umlaufzeit T_1 hat die Kugel auf dieser Kreisbahn?

c) Berechne die Länge ℓ_2 desjenigen Fadenpendels, dessen Schwingungsdauer gleich der Umlaufdauer T_1 aus Teilaufgabe b) ist.

d) Bei einem Fadenpendel der Länge $\ell_3 = 1\,\text{m}$ wird senkrecht unter seinem Aufhängepunkt eine zur Schwingungsebene senkrechte Stange S angebracht (siehe Skizze). Wie groß ist die Schwingungsdauer T_2 dieses "Hemmungspendels", wenn der Abstand vom Aufhängepunkt bis zur hemmenden Stange a = 0,75 m beträgt?

Hinweis: $g = 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

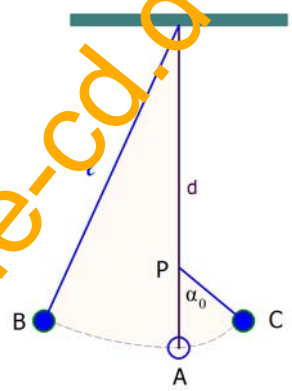
Für die Fadenpendel in c) und d) werden kleine Auslenkwinkel vorausgesetzt.



Demo-Text für www.mathe-cd.de

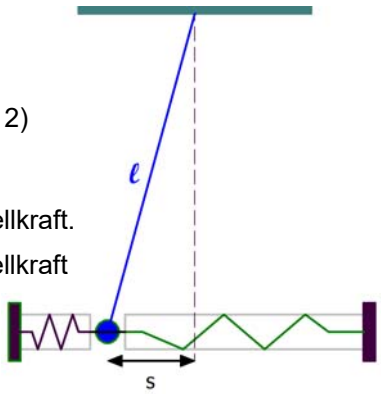
Aufgabe 36 (1989 BW LK) (Lösung Seite 48)

a) An einem Seil der Länge ℓ hängt ein Körper K mit der Masse m.
Zeigen Sie, dass K für kleine Auslenkungswinkel α harmonische Schwingungen ausführt.
Bei der Pendellänge l_1 beträgt die Periodendauer T_1 = 2,70 s.
Bei der um 0,50 m kürzeren Pendellänge l_2 beträgt die Periodendauer T_2 = 2,30 s.
Berechnen Sie daraus die Erdbeschleunigung g.

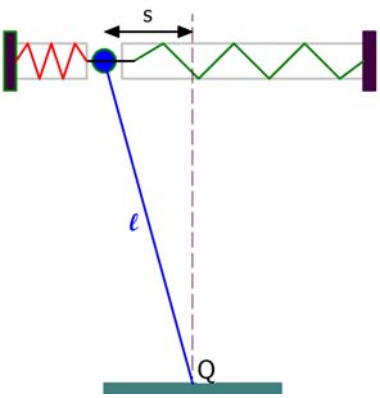


b) Die Pendellänge beträgt nun ℓ = 2,00 m.
K hat die Masse m = 20,0 kg. Ein Stift P wird d = 0,20 m unter dem Aufhängepunkt angebracht.
Er hemmt das Pendel beim Schwingen. (siehe Abb. 1, sie ist nicht maßstabsgetreu!)
Welchen maximalen Winkel α_o erreicht das Pendel im rechten Umkehrpunkt, wenn es beim Durchgang durch die Gleichgewichtslage die kinetische Energie W = 1,00 J besitzt?
Wie groß ist in diesem Fall der maximale Winkel α_1 beim linken Umkehrpunkt?

Berechnen Sie die Periodendauer T_G dieses "Galilei-Hemmungspendels".
Wie groß ist im rechten Umkehrpunkt die Kraft mit der das Seil gespannt wird?
Erläutern Sie, warum sich beim Durchgang des Körpers durch die Gleichgewichtslage die Kraft, mit der das Seil gespannt wird, sprunghaft ändert.



c) Nun wird der Stift P entfernt und auf beiden Seiten des Körpers K je eine Feder der Federkonstante D = 100 $\frac{N}{m}$ angebracht. (siehe Abb. 2)
Das Pendel wird aus der Ruhelage um 10,0 cm ausgelenkt.
Berechnen Sie die durch die Federn verursachte zusätzliche Rückstellkraft.
Geben Sie für kleine Auslenkungen s allgemein die gesamte Rückstellkraft F(s) und die Richtgröße D* des Systems an. Berechnen Sie die Periodendauer T_3 für l =2,00 m und m = 20,0 kg.



d) Das Seil wird nun durch eine in Q drehbare starre Stange der Länge l ersetzt. Der Körper K wird von der Stange getragen und zusätzlich von zwei Federn abgestützt. Jede Feder hat die Federkonstante D'.
Welche Rückstellkraft F(s) wirkt nun auf den Körper K, wenn er um die kleine Strecke s ausgelenkt wird?
Welchen Mindestwert muss D' überschreiten, damit für das Pendel (m = 20,0 kg, l = 2,00 m) eine stabile Gleichgewichtslage existiert?

Vernachlässigt werden Reibungskräfte, die Massen von Seil, Federn und Stange.
Die Federn sind auf Zug und Druck belastbar. Rechnen Sie in b), c) und d) mit g=9,81 ms^{-1}.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 37 (BW: 1994 LK) (Lösung Seite 51)

An einem Seil der Länge $\ell = 6{,}00$ m hängt ein Körper K der Masse m = 1,02 kg. Dieser wird aus der Gleichgewichtslage O auf einem Kreisbogen ausgelenkt. Bei der Auslenkung s erfährt er die Rückstellkraft $\vec{F}_R$. (siehe Abb. 1).

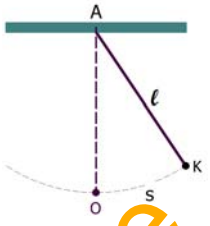
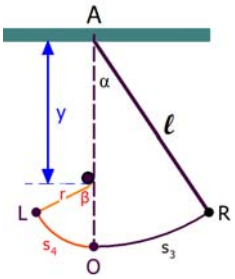


Abb. 1

a) Leiten Sie mit Hilfe einer Skizze einen Zusammenhang zwischen der Auslenkung s und dem Betrag F_R der Rückstellkraft her. Zeichnen Sie für $0\text{ m} \le s \le 6\text{ m}$ ein F_R-s-Diagramm.
(s-Achse: 1 cm ≙ 1,0 m ; F_R-Achse: 1 cm ≙ 1,0 N)
Nun wird K um $s_1 = 6{,}00$ m ausgelenkt und dann freigegeben.
Erläutern Sie, warum es sich bei der auftretenden Bewegung nicht um eine harmonische Schwingung handelt. Berechnen Sie die Geschwindigkeit v_1, mit der sich der Körper K durch die Gleichgewichtslage O bewegt.

b) Für kleine Auslenkungen ($|s| \ll \ell$) kann die Schwingung näherungsweise als harmonisch angesehen werden. Begründen Sie dies. Stellen Sie eine Differentialgleichung für die Auslenkung s(t) dieser harmonischen Schwingung auf.
Der Körper K wird um $s_2 = 1{,}00$ m nach rechts ausgelenkt und zum Zeitpunkt t =0 s freigegeben. Geben Sie für diesen Fall die Lösung der Differentialgleichung an, und bestimmen Sie daraus die maximale Geschwindigkeit von K.

Nun wird lotrecht unter dem Aufhängepunkt A ein zur Schwingungsebene senkrecht stehender Hemmungsstab im Abstand $\overline{AH} = y$ angebracht , so dass das Pendel links von O mit verkürzter Pendellänge schwingt (siehe Abb. 2).



c) Zunächst wird K für y = 5,00 m um $s_3 = 30{,}0$ cm nach rechts ausgelenkt und freigegeben. Wie groß ist die maximale Auslenkung s_4 von K nach links?
Zeigen Sie, dass sich die Schwingung des Pendels aus näherungsweise harmonischen Teilschwingungen zusammensetzt. Berechnen Sie die Periodendauer TH dieser Schwingung.
Warum ist die gesamte Schwingung des Pendels auch nicht näherungsweise harmonisch?

d) Der Hemmungsstab sei jetzt längs HA senkrecht nach oben beweglich. Er gleitet in den Zeitabschnitten, in denen das Seil den Hemmungsstab nicht berührt, mit der konstanten Geschwindigkeit $v_H = 1{,}00\ \frac{m}{s}$ nach oben, in den anderen Zeitabschnitten ruht er.
Das Pendel wird um $s_5 = 30{,}0$ cm nach rechts ausgelenkt und zum Zeitpunkt t = 0s freigegeben. Gleichzeitig startet der Hemmungsstab x = 5,00 m unterhalb von A.
Berechnen Sie die ersten vier Zeitpunkte, in denen sich K durch die Gleichgewichtslage bewegt. Nach welcher Zeit hat der Hemmungsstab den Aufhängepunkt A erreicht?

Die Masse des Seils und die Dicke des Hemmungsstabes können vernachlässigt werden.

$$g = 9{,}81\frac{m}{s^2}$$

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 38 (BW: 2002 GK) (Lösung Seite 56)

a) Im Turm des Deutschen Museums in München hängt an einem Draht eine Bleikugel der Masse *m* = 30,0 kg. Die Drahtmasse ist zu vernachlässigen. Dieses l = 60,0 m lange Pendel wird seitlich ausgelenkt. In horizontaler Richtung wird die Auslenkung $\hat{x} = 2{,}00\text{m}$ gemessen.

- Berechnen Sie für diese Auslenkung den Auslenkungswinkel des Pendels und die Höhe, um welche der Pendelkörper angehoben wird.
- Wie viel Energie wird hierbei dem Pendel zugeführt?

Das Pendel wird nun losgelassen.

- Ermitteln Sie die maximale Geschwindigkeit, die der Pendelkörper erreichen kann.
- Warum nimmt die Amplitude der Schwingung im Laufe der Zeit ab?
- Wie hoch kommt die Kugel noch über die Gleichgewichtslage, wenn ihre mechanische Energie um $\Delta W = 4{,}0\ \text{J}$ abgenommen hat?

b) Zum Zeitpunkt $t_o = 0$ s wird die um $\hat{x} = 2{,}00\text{m}$ ausgelenkte Kugel aus Teilaufgabe a) losgelassen. Ihre Schwingung wird nun als ungedämpft harmonisch angesehen.

- Berechnen Sie die Schwingungsdauer *T* sowie die Frequenz *f*.
- Geben Sie das Elongation-Zeit-Gesetz sowie das Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz an.
- Zeichnen Sie für $0 \le t \le 1{,}5T$ die beiden zugehörigen Diagramme.
- Zu welchem Zeitpunkt ist der Betrag der Geschwindigkeit der Kugel zum ersten Mal halb so groß wie die maximale Geschwindigkeit?
- Wie würde sich die Frequenz des Pendels ändern, wenn im Winter durch einen Heizungsausfall die Temperatur deutlich sinken würde? Begründen Sie Ihre Antwort.

c) Um wieviel Prozent ist die Seilspannung (Kraft) im tiefsten Punkt größer als in der maximalen Auslenkung mit x = 2,00 m während das Pendel schwingt?

Erdbeschleunigung $g = 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 39 (BW: 2016) (Lösung Seite 58)

Für die Periodendauer eines Fadenpendels gilt näherungsweise $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$,

wobei l die Länge des Fadenpendels und g die Fallbeschleunigung ist. Ein Pendel, bei dem eine halbe Schwingung eine Sekunde dauert, bezeichnet man als Sekundenpendel.

a) Berechnen Sie die Pendellänge eines Sekundenpendels an einem Ort mit der Fallbeschleunigung $g = 9{,}81\frac{m}{s^2}$

Dieses Pendel befindet sich nun an einem anderen Ort mit der Fallbeschleunigung g*. Es soll auch dort als Sekundenpendel dienen. Dazu muss der Faden um 2,0 mm gekürzt werden.

b) Berechnen Sie den Wert von g*.

Für kleine Auslenkungen eines Fadenpendels gilt die Differenzialgleichung: $\ddot{s}(t) = -\frac{g}{\ell} \cdot s(t)$.

c) Leiten Sie mithilfe dieser Differenzialgleichung die oben angegebene Formel für die Periodendauer her.

Aus der oben angegebenen Formel leiten die beiden Schüler Judith und Sven die Hypothese ab, dass die Pendelmasse keinen Einfluss auf die Periodendauer des Fadenpendels hat. In einem Experiment wollen sie diese Hypothese überprüfen. Dazu hängen sie an ein Fadenpendel der Länge 1,5 m der Reihe nach zusätzliche Gewichtsstücke von jeweils 50 g (siehe Abb. 1). Sie erhalten folgende Messtabelle:

m in g	50	100	150	200	250
T in s	2,46	2,49	2,51	2,53	2,54

Aus der Messung schließen Judith und Sven, dass die Periodendauer doch von der Masse abhängt.

d) Bewerten Sie die Durchführung dieses Experiments hinsichtlich der Überprüfung der Hypothese.

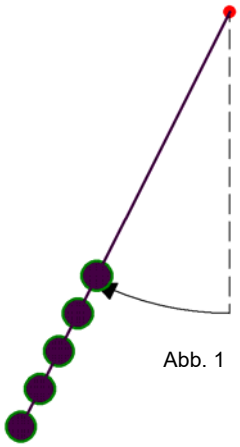
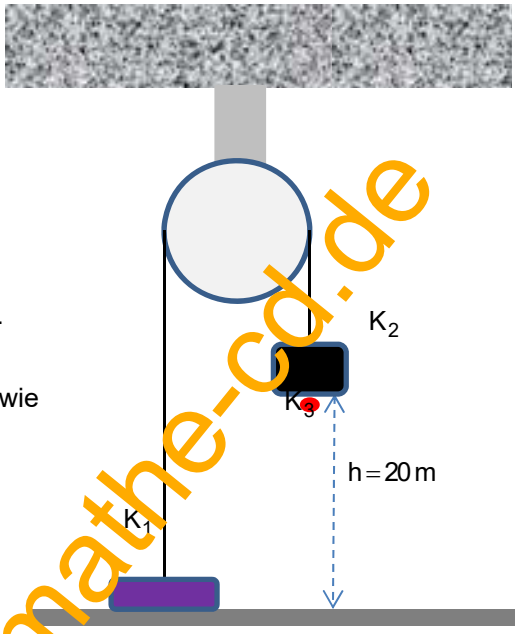


Abb. 1

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 40 (BW: 1976) (Lösung Seite 60)



An einem Seil, das über eine Rolle gelegt ist, hängen die Körper K_1 mit m_1 = 1,0 kg und K_2 mit m_2 = 1,5 kg.
Am unteren Ende von k_2 ist die Kugel K3 mit m_3 = 0,1 kg befestigt. Ihr Durchmesser soll vernachlässigt werden.
Die Abbildung zeigt die Anordnung bei Versuchsbeginn.

($g = 10\,\frac{m}{s^2}$, Luftwiderstand, Masse von Seil und Rolle sowie Reibung an der festen Rolle sollen nicht berücksichtigt werden.)

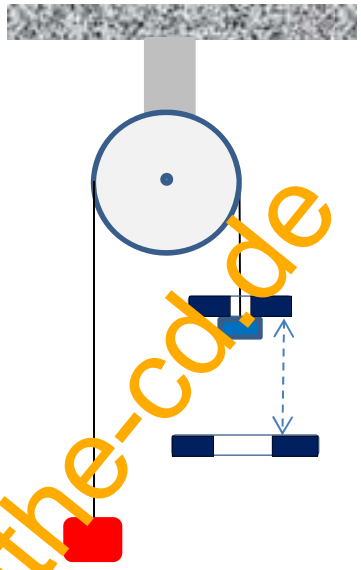
a) Wo befindet sich K_1 eine Sekunde nach dem Abheben?
Wie groß ist dann seine Geschwindigkeit?

b) Zum Zeitpunkt $t_1 = 1\,s$ löst sich K_3 von K_2 und beginnt zu fallen.
Wie groß ist für $t_2 = 2\,s$ die Geschwindigkeit von K_2?
Wie weit ist seine Unterkante von K_3 entfernt?

c) Nun wird der Versuch so geändert, dass K_3 sich bereits bei Versuchsbeginn von K_2 löst.
Die Kugel prallt dann vollelastisch auf dem Boden auf.
Berechne die Zeitspanne, die nach dem Aufprall vergeht, bis die Kugel gegen K_2 stößt.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 41 (BW: 1977) (Lösung Seite 62)



In der nebenstehenden Anordnung liegt der durchbohrte Körper K_1 der Masse $m_1 = 0{,}50$ kg lose auf dem Körper K_2 der Masse $m_2 = 0{,}60$ kg. Der Körper K_3 besitzt die Masse $m_3 = 0{,}90$ kg.

Nach dem Loslassen aus der gezeichneten Lage bewegt sich K_3 zunächst nach oben. K_1 wird dabei 0,50 m unterhalb der Ausgangslage durch den festen Ring R von K_2 abgehoben.

a) Beschreibe die Bewegung von K_3 nach dem Loslassen aus der gezeichneten Lage, bis K_3 zum ersten Mal wieder einen tiefsten Punkt erreicht.
Welche Bedingungen müssen allgemein die Massen der beteiligten Körper erfüllen, damit eine Auf- und Abwärtsbewegung zustande kommt?

b) Nach welcher Zeit t_1 und mit welcher Geschwindigkeit v_1 setzt K_1 zum ersten Mal auf R auf?
Wie weit bewegt sich danach K_2 noch weiter nach unten?
Welche Zeit t_2 benötigt K_2 dafür?
Mit welcher Geschwindigkeit v_2 erreicht K_2 wieder K_1?

c) Der Zusammenstoß von K_1 und K_2 ist unelastisch.
Berechne die Geschwindigkeit v_3 der drei Körper unmittelbar nach dem Stoß.
Wie lange und wie weit bewegen sich K_1 und K_2 nach dem Stoß aufwärts?

d) Zeichne das Beschleunigungs-Zeit-Diagramm und das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm von K_3 für die ersten drei Sekunden der Bewegung ($1\ \text{s} \mathrel{\hat{=}} 4\ \text{cm}$; $1\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \mathrel{\hat{=}} 2\ \text{cm}$: $1\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \mathrel{\hat{=}} 4\ \text{cm}$).
Ist die Bewegung von K_3 eine harmonische Schwingung?
Gib zwei Gründe für die Aussage an.

$g = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Von den Massen der Rolle und der Schnur,
von Reibung und von der Elastizität der Schnur ist abzusehen.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 42 (BW: 1976) (Lösung Seite 67)

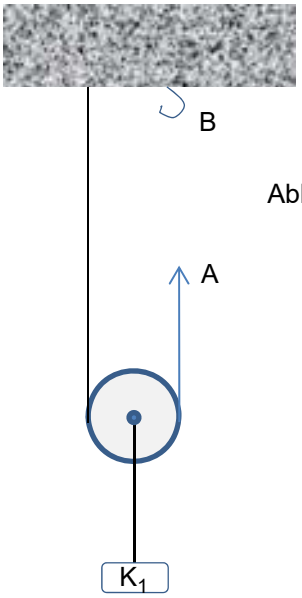


Abb. 1

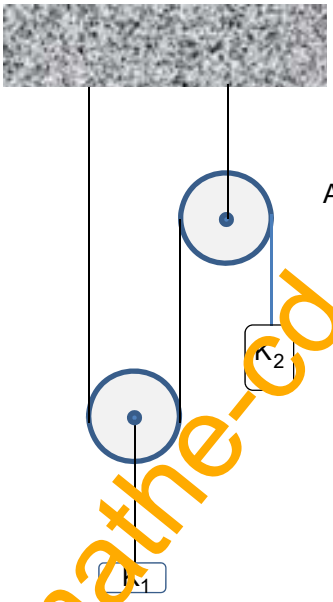


Abb. 2

Die in Abb. 1 und Abb.2 skizzierten Anordnungen befinden sich im Schwerefeld der Erde .
Von der Masse der Seile und Rollen und von Reibung wird abgesehen.

a) Ein Körper K_1 der Masse m_1 = 2,0 kg in der Anordnung nach Abb.1 soll sich im Gleichgewicht befinden.
Welche Kraft muss dazu in A angreifen? (Kurze Begründung)

b) Nun wird K_1 durch die Kraft F_1 die Beschleunigung $a = 2{,}0\ \frac{m}{s^2}$ senkrecht nach oben erteilt.
F_1 wirkt am Seilende A in Seilrichtung.
Berechne den vom Seilende A nach einer Sekunde zurückgelegten Weg,
die Geschwindigkeit von A eine Sekunde nach Bewegungsbeginn und die Kraft F_1.

c) In der Anordnung nach Abb.2 soll sich K_1 wieder mit $a = 2{,}0\ \frac{m}{s^2}$ nach oben bewegen.
Wie groß muss die Masse m_2 des Körpers K_2 gewählt werden?

d) Wird in der Anordnung nach Abb. 1 zwischen A und B eine ideal elastische Feder mit $D = 50\ \frac{N}{m}$ angebracht, so erhält man ein schwingungsfähiges System.
Zeige, dass sich nach einer Auslenkung von K1 harmonische Schwingungen ergeben und berechne die Schwingungsdauer. (Die Masse der Feder ist zu vernachlässigen)

$g = 10\ \frac{m}{s^2}$

Demo-Text für www.mathe-cd.de

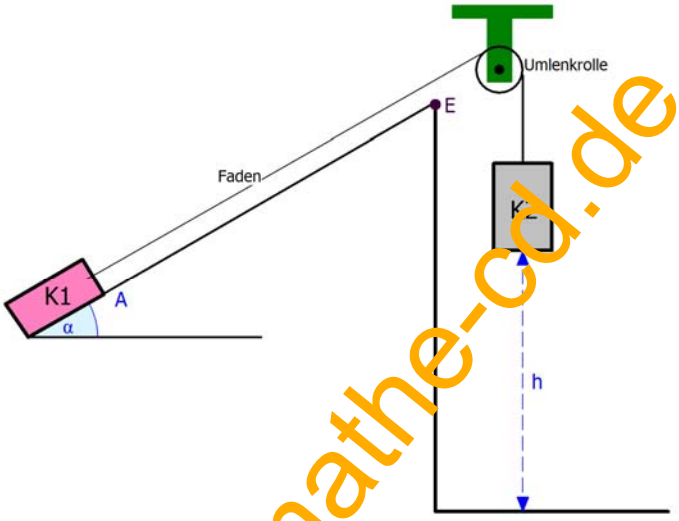
Aufgabe 43 (2010 BW TG) (Lösung Seite 69)

Auf einer schiefen Ebene befindet sich ein Körper K_1 mit der Masse m_1. Der Körper K_1 ist über eine reibungsfreie, feste Umlenkrolle und einen masselosen Faden mit einem Körper K_2 der Masse m_2 verbunden.

Strecke AE: s_{AE} = 1,85 m
Höhe: h= 1,70m
Länge von K_1 l_{K1}= 0,10m

A = Anfangspunkt der Messstrecke
E =Endpunkt der schiefen Ebene

α = 30°
f_{gl} = 0,3
g = 9,81 $\frac{m}{s^2}$



Mit zwei Experimenten soll die Bewegung des Körpers K_1 auf der schiefen Ebene genauer untersucht werden. Mithilfe einer Auslösevorrichtung und einer Lichtschranke, die zwischen den Punkten A und E angebracht werden kann, wird für den zurückgelegten Weg s die Fahrzeit t gemessen.
Der Körper K2 wird wie in der Abbildung dargestellt zum Zeitpunkt t = 0 s losgelassen.
Bei der anschließenden Bewegung wirkt auf K_1 die Gleitreibungskraft F_{gl}.

a) Beim ersten Experiment wurden folgende Werte gemessen:

s in m	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20
t in s	0	0,69	1,00	1,23	1,43	1,50	1,71

Zeigen Sie anhand der Messwerte, dass die Körper eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung durchführen. Bestimmen Sie die Beschleunigung.

b) In einem zweiten Versuch sind die Massen beider Körper gleich. ($m_1 = m_2$= 500 g)
Zeigen Sie allgemein mithilfe eines Kräfteansatzes, dass unter dieser Bedingung für die Beschleunigung beider Körper bis zum Aufsetzen von K_2 folgende Gleichung gilt:

$$a = 0{,}5g \cdot \left(1 - \sin\alpha - f_{gl} \cdot \cos\alpha\right)$$

Berechnen Sie die Beschleunigung und die Kraft, mit welcher der Faden bei diesem Beschleunigungsvorgang belastet wird.

Nach welcher Strecke hat K_1 seine Maximalgeschwindigkeit v_{max} erreicht?
Berechnen Sie diese Geschwindigkeit.

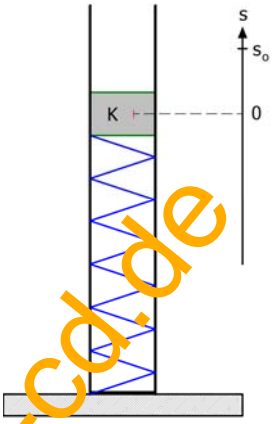
Überprüfen Sie, ob K_1 den Endpunkt der schiefen Ebene erreicht.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 44 (BW: 2006 TG) (Lösung Seite 68)

In einem vertikal stehenden Rohr befindet sich eine Schraubenfeder, auf die ein Körper K mit der Masse m = 200 g gelegt wird. Die Feder wird dadurch um s_0 = 25 cm zusammengedrückt.
Die Feder hat bei Druck und Zug die gleiche Federkonstante D,
Die Feder und der Körper K können sich reibungsfrei bewegen.
Die Masse der Feder bleibt unberücksichtigt. Fallbeschleunigung $g = 10\,\frac{m}{s^2}$.

Die Abbildung zeigt den Körper in der Gleichgewichtslage.



1 Berechnen Sie die Federkonstante D. (Kontrollergebnis: D = 8,0 $\frac{N}{m}$)

2 Die Feder ist mit dem Boden des Rohrs und mit dem Körper K fest verbunden.

2.1 Nun wird der Körper K um eine weitere Strecke Δs = 35 cm nach unten gedrückt.
Berechnen Sie die Arbeit, die dabei verrichtet wird.
Um welchen Betrag ändert sich dabei die Spannenergie der Feder?

2.2 Nachdem der Körper um Δs = 35 cm aus der Gleichgewichtslage nach unten gedrückt und losgelassen wurde, schwingt er harmonisch in vertikaler Richtung.
Geben Sie eine mögliche Funktionsgleichung für die Elongation s(t) und die dazugehörigen Funktionsgleichungen für die Geschwindigkeit v(t) und die Beschleunigung a(t) an.
Bestimmen Sie dazu die Schwingungsdauer T sowie die Maximalwerte s_{max}, v_{max} und a_{max} und die Kreisfrequenz ω.
Zeichnen Sie die dazugehörigen Diagramme für die Dauer einer Schwingungsperiode.

3 Der Körper wird nun lose auf die Feder gelegt, die Feder wird wieder um Δs = 35 cm aus der Gleichgewichtslage zusammengedrückt und dann losgelassen.

3.1 An welcher Stelle ist die Beschleunigung a = 0?
Begründen Sie, warum der Körper an dieser Stelle nicht abhebt.

3.2 Prüfen Sie, ob der Körper von der Feder abhebt und berechnen Sie seine maximale Höhe über der Gleichgewichtslage.

3.3 Gegeben sind folgende Aussagen:

Aussage 1: Der Körper verlässt die Feder, wenn sie gerade entspannt ist.

Aussage 2: Die maximale Beschleunigung des Körpers ist $10\,\frac{m}{s^2}$.

Aussage 3: Es gibt einen Zeitraum, in dem die Beschleunigung des Körpers konstant ist.

Prüfen Sie die Aussagen auf ihre Richtigkeit. Begründen Sie Ihre Ausführungen.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 45 (BW: 1986 LK) (Lösung Seite 75)

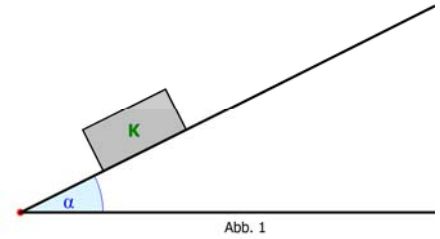


Abb. 1

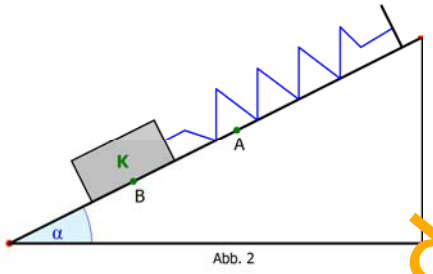


Abb. 2

a) In einem Versuch gemäß Abb. 1 wird der Winkel der schiefen Ebene so lange vergrößert, bis der Körper K bei $\alpha = 14{,}0^{\circ}$ zu gleiten beginnt.
Berechne die Haftreibungszahl f_h.
Zur Ermittlung der Gleitreibungszahl f_g lässt man K beim Neigungswinkel $\alpha = 30{,}0^{\circ}$ aus der Ruhe heraus abwärts gleiten. Nach der Strecke s = 2,00 m erreicht er die Geschwindigkeit $v = 3{,}58\,\frac{m}{s}$. Wie groß ist f_g ?

b) In der Anordnung nach Abb. 2 wird die Reibung vernachlässigt. Der Körper K hat die Masse m = 200 g, der Neigungswinkel ist $\alpha = 30^{\circ}$.
Die zunächst entspannte Feder verlängert sich nach Anhängen von K um $\overline{AB}$ = 19,6 cm bis zur Gleichgewichtslage bei B. Berechne die Federkonstante D.

Nun wird zum Zeitpunkt t = 0 s der Körper in A aus der Ruhe heraus losgelassen.
Gib für die Bewegung von K das Weg-Zeit-Gesetz und das Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz an.

Zu welchem Zeitpunkt und in welcher Entfernung von A hat die Geschwindigkeit von K zum ersten Mal den Betrag $v = 0{,}50\,\frac{m}{s}$?
Berechne zu diesem Zeitpunkt den Betrag der auf K wirkenden resultierenden Kraft,

c) Jetzt wird in der Anordnung der Abb. 2 Gleitreibung mit f_g = 0,20 und Haftreibung mit f_h = 0,25 berücksichtigt und K wieder in A aus der Ruhe heraus losgelassen.

In welcher Entfernung von A erreicht K seine größte Geschwindigkeit?

In welcher Entfernung von A kommt K bei der Abwärtsbewegung zur Ruhe?
Wie verhält sich K anschließend?

Die Federmasse ist zu vernachlässigen.

$$g = 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$$

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 46 (BW: 2013 LK) (Lösung Seite 78)

a) Ein Federpendel mit der Federkonstanten $D_1 = 30\,\frac{N}{m}$ schwingt mit der Frequenz f =2,0 Hz.

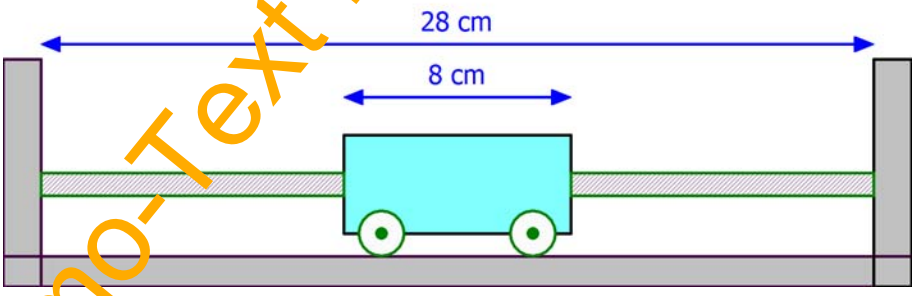
Der Pendelkörper wird aus der Ruhelage um 1,0 cm angehoben und zum Zeitpunkt t_0 = 0 s losgelassen. Alle im Folgenden betrachteten Schwingungen seien dämpfungsfrei.

- Geben Sie für diese Schwingung die Funktionsterme für die Auslenkung und die Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit an.
- Zeichnen Sie ein geeignetes Zeit-Auslenkungs-Diagramm.
- Berechnen Sie die Beschleunigung, wenn sich der Pendelkörper zum ersten Mal nach dem Loslassen 0,5 cm oberhalb der Ruhelage befindet.

Ein zweites Federpendel mit der Federkonstanten $D_2 = 75\,\frac{N}{m}$ schwingt mit der gleichen Frequenz wie das erste Federpendel.

- Berechnen Sie die Masse des zweiten Pendelkörpers.
- Berechnen Sie, mit welcher Amplitude das Pendel mit der Federkonstanten D_2 schwingen muss, damit es dieselbe Gesamtenergie hat wie das erste Pendel bei der Amplitude von 1,0 cm.

b) Ein Wagen der Masse 1,0 kg ist wie in der Abbildung dargestellt zwischen zwei baugleichen elastischen Bändern eingespannt. Die Bänder sind im entspannten Zustand 4 cm lang und verhalten sich bei Dehnung wie ideale Federn. Mit einem Kraftmesser wird die Kraft F gemessen, die man zur Auslenkung s des Wagens aus der Gleichgewichtslage benötigt. Reibungseffekte werden nicht berücksichtigt.



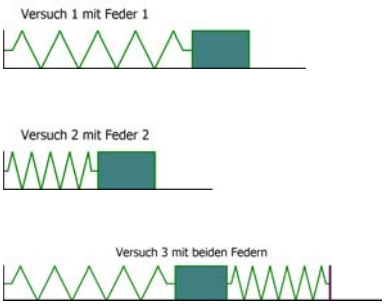
s in cm	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8.0	9.0
F in N	0,00	0,42	0,79	1,22	1,57	1,99	2.40	2,59	2,81	3,00

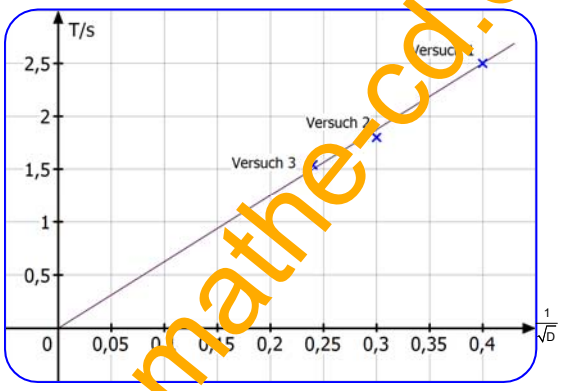
- Stellen Sie die Messwerte in einem geeigneten Diagramm dar.
- Beschreiben und begründen Sie den Kurvenverlauf.
- Geben Sie an, wie groß die Amplitude maximal sein darf, damit das System harmonisch schwingt. Begründen Sie Ihre Antwort.
- Bestimmen Sie die Schwingungsdauer für die harmonische Schwingung

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 47 (BW: 2012 TG) (Lösung Seite 80)

In einer Versuchsreihe wird ein Gleiter der Masse m zunächst mit einer Feder 1 und danach mit einer Feder 2 mit unterschiedlichen Richtgrößen D_1 bzw. D_2 verbunden.
Zuletzt wird der Gleiter zwischen den beiden Federn eingespannt.
In allen drei Fällen führt der Gleiter horizontale harmonische Schwingungen aus, deren Schwingungsdauer T gemessen wurde.
Die Messergebnisse sind in Diagramm 1 dargestellt.
Die Federn sind auf Zug und Druck belastbar. Die Bewegung ist reibungsfrei.





2.1 Bestätigen Sie mithilfe von Diagramm 1, dass für die Richtgröße in Versuch 3 gilt: $D_3 = D_1 + D_2$.

2.2 Bestimmen Sie die Masse des Gleiters.

2.3 Im Versuch 1 wird der Gleiter von der Gleichgewichtslage aus um 5,0 cm nach rechts ausgelenkt und zum Zeitpunkt t = 0 aus der Ruhe heraus losgelassen.

2.3.1 Geben Sie für diese Schwingung die Auslenkung s in Abhängigkeit von der Zeit t an und berechnen Sie Auslenkung und Geschwindigkeit des Gleiters für t = 1,0 s.
In welche Richtung bewegt sich der Gleiter zu diesem Zeitpunkt?

2.3.2 Begründen Sie für jedes der drei folgenden Diagramme A, B, C, ob es den zeitlichen Verlauf der kinetischen Energie W_{kin} des Gleiters korrekt darstellt.

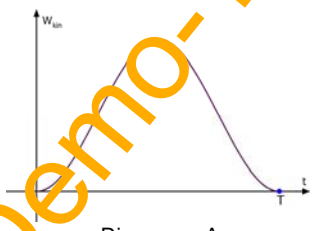


Diagramm A

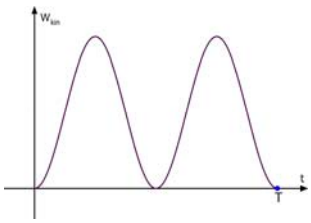


Diagramm B

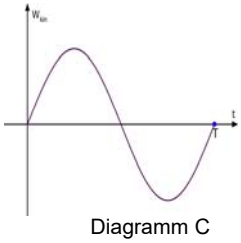


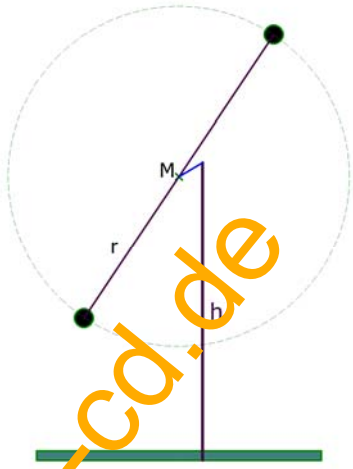
Diagramm C

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 48 (BW: 2012 TG) (Lösung Seite 82)

In einem Jahrmarktfahrgeschäft sitzen die Fahrgäste in zwei offenen Gondeln, die am Ende eines vertikal rotierenden Trägerarmes drehbar aufgehängt sind. Gehen Sie für Ihre Rechnung davon aus, dass die Fahrgäste bei voller Fahrt eine Kreisbahn mit dem Radius 30 m durchlaufen, wobei der Betrag der Bahngeschwindigkeit mit $29\,\frac{m}{s}$ konstant ist.

(Die Abbildung zeigt das Schema der Attraktion.)



Der Drehpunkt des Trägerarmes befindet sich h = 33 m über dem Erdboden. Rechne mit $g = 10\,\frac{m}{s^2}$.

a) Berechnen Sie die *Zeit* für einen kompletten Umlauf bei voller Fahrt.
Begründen Sie, warum es sich bei dieser Bewegung um eine beschleunigte Bewegung handelt, obwohl der Betrag der Bahngeschwindigkeit konstant ist.
Berechnen Sie die Beschleunigung der Fahrgäste.

b) Die Masse einer Gondel mit Fahrgästen beträgt m = 400 kg.
Berechnen Sie die Kräfte, denen die Gondelaufhängung während der Fahrt in folgenden Punkten ausgesetzt ist:
A) im untersten Punkt der Kreisbahn;
B) im obersten Punkt der Kreisbahn;
C) auf halber Höhe der Kreisbahn.

c) Einem Fahrgast rutscht während der Fahrt sein Handy aus der Hand und fällt bis zum Erdboden. Reibungseinflüsse sind zu vernachlässigen.

Beschreiben Sie die Bahn, auf der sich das Handy bewegt, wenn der Fahrgast es in folgenden Punkten verliert:
Fall A: im obersten Punkt der Kreisbahn;
Fall B: auf halber Höhe der Kreisbahn auf dem Weg nach oben.

Berechnen Sie, in welchem der beiden Fälle A oder B das Handy die längere Flugdauer hat.
Bestimmen Sie die Wurfweite, die Aufprallgeschwindigkeit und den Aufprallwinkel des Handys im Fall A.

Untersuchen Sie, ob es möglich ist, dass die Aufprallgeschwindigkeit des Handys auf dem Erdboden in den Fällen A und B gleich groß ist.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 49 (BW: 2008 TG) (Lösung Seite 85)

Eine horizontal angeordnete Kreisscheibe mit R = 0,60 m Radius kann um eine durch den Mittelpunkt M gehende vertikale Achse rotieren. Eine Feder mit der $D = 13\,\frac{N}{m}$ ist mit dem einen Ende im Punkt P der Kreisscheibe befestigt. Am anderen Ende ist ein Massenpunkt K mit der Masse m =0,10 kg eingehängt. Die ungedehnte Feder hat die Länge $\ell_1 = 0{,}70\text{ m}$. Die Kreisscheibe rotiert in allen Aufgaben mit einer konstanten Drehfrequenz f_1 = 1,65 Hz, wobei K durch die Führungsschiene reibungsfrei mitbewegt wird (siehe Abb. 1).

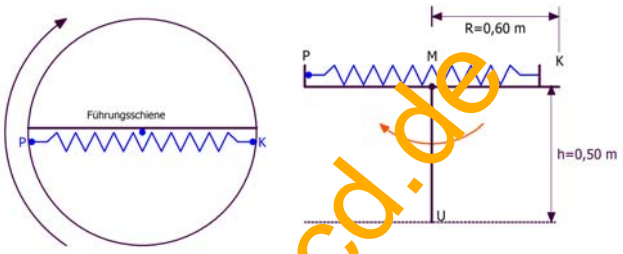


Abb. 1: von oben gesehen von der Seite gesehen

a) Zeigen Sie, dass für die Drehfrequenz f_1=1,65 Hz K die Randposition (siehe Abb. 1) einnimmt.

b) Im Diagramm (Abb. 2) ist für das oben beschriebene Experiment die Federkraft und die Zentripetalkraft in Abhängigkeit vom Radius r der Kreisbahn des Körpers K bei konstant gehaltener Drehfrequenz f_1 angegeben. Scheibe und Körper K rotieren. K befindet sich in der Randposition. Dann wird K durch einen Stoß in Richtung Mittelpunkt M bis zu einem Bahnpunkt mit r = 0,2 m verschoben.

Begründen und erläutern Sie mithilfe des Diagramms, wie sich K bei gleichbleibender Drehfrequenz f_1 kurz nach Erreichen der Position r = 0,2 m verhält

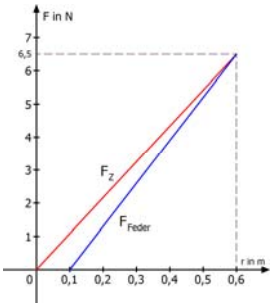


Abb. 2

c) Bestimmen Sie die Bahngeschwindigkeit v_K für die Randposition des Körpers.

d) Scheibe und Körper K rotieren mit f_1. K befindet sich in der Randposition auf der Scheibe. Nun wird K plötzlich von der Feder abgetrennt und verlässt die Scheibe. In welchem Abstand vom Punkt U (Schnittpunkt der Drehachse mit der Bodenebene) trifft der Körper K auf dem um h = 0,50 m tiefer liegenden Boden auf? Die Führungsschiene behindert seine Bewegung nicht.

e) In der in 2 beschriebenen Anordnung wird die bisherige Feder durch eine Feder ersetzt, welche zwar die gleiche Federkonstante $D = 13\,\frac{N}{m}$ besitzt, jedoch im ungedehnten Zustand die Länge $\ell_2 = 0{,}60\text{ m}$ hat. Die Drehfrequenz ist nach wie vor f_1 = 1,65 Hz. Begründen Sie, welches Diagramm (Abb.3) diese veränderte Situation qualitativ richtig beschreibt und welche Folgerungen sich für das Bewegungsverhalten des Körpers K für beliebige Startradien $r \le 0{,}6\text{m}$ daraus ergeben würden. (F_Z ist jeweils korrekt eingezeichnet.)

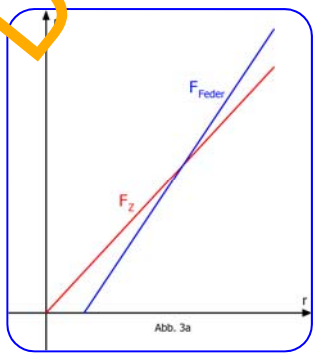


Abb. 3a

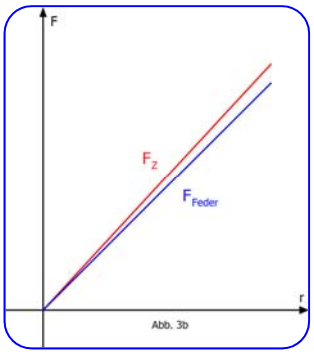


Abb. 3b

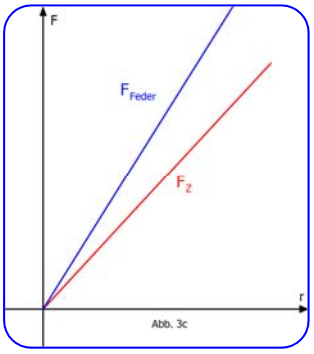


Abb. 3c

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 50 (BW1973) (Lösung Seite 88)

Eine einstufige Rakete hat die Gesamtmasse $m_0 = 10$ t. Davon entfallen 7,5 t auf den Treibstoff. Sie wird senkrecht nach oben abgeschossen. Die Fallbeschleunigung ist als konstant anzunehmen.

a) Berechne die Schubkraft der Rakete, wenn pro Sekunde 150 kg verbrannter Treibstoff mit der Geschwindigkeit 2000 $\frac{m}{s}$ ausgestoßen werden.

b) Berechne die Beschleunigungen der Rakete am Anfang und am Ende des Brennvorgangs. Berechne ferner die Beschleunigung a während der Brenndauer in Abhängigkeit von der Zeit t.

c) Zeichne für die Brenndauer ein a(t)-Diagramm.
(10 s $\hat{=}$ 2 cm; 10 $\frac{m}{s^2}$ $\hat{=}$ ~ 1 cm; Schrittweite Δt = 10 s)

d) Wie lässt sich aus dem Diagramm die Geschwindigkeit der Rakete bei Brennschluss näherungsweise ermitteln?
(Die Antwort ist zu begründen; die zahlenmäßige Bestimmung dieser Geschwindigkeit wird jedoch nicht verlangt.)

$g = 10\ \frac{m}{s^2}$; vom Luftwiderstand ist abzusehen.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 51 (BW 2016 TG) (Lösung Seite 91)

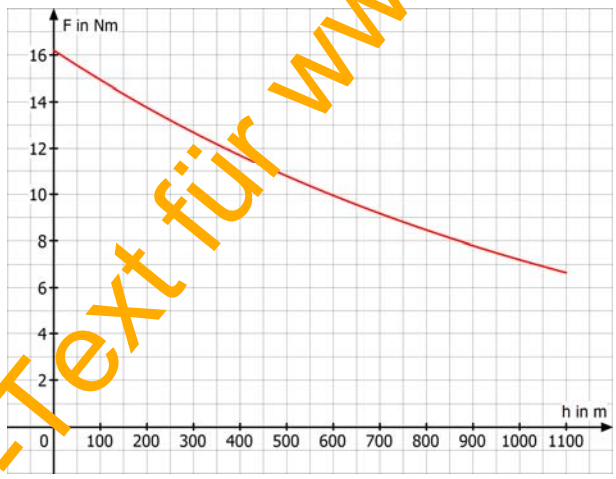
Die Raumsonde Rosetta erreichte nach Sonnensystem am 6. August 2014 den Kometen Tschurjumow-Gerassimenko, kurz Tschuri genannt. Die Entfernung zu diesem Kometen betrug zu diesem Zeitpunkt rund 100 km. Bis zum 10. September näherte sich die Sonde dem Kometen weiter an; sie durchläuft seither eine kreisförmige Umlaufbahn um den Kometen mit einem Radius von r = 30 km. In dieser Parkbahn dauerte ein Umlauf 14 Tage und 15. Stunden.
Der Komet Tschuri hat eher die Form einer „Kartoffel". Nehmen Sie dennoch näherungsweise an, dass der Komet die Gestalt einer Kugel mit einem mittleren Durchmesser von 4 km hat.

a) Berechnen Sie mit den oben gegebenen Daten die Masse des Kometen und die Fallbeschleunigung an der Kometenoberfläche.

b) Am 12. November 2014 setzte Rosetta den Lander Philae mit der Masse m = 97,9 kg auf dem Kometen ab. Die Schwierigkeit lag darin, den Lander auf der Oberfläche zu halten. Philae federte von Tschuri mit einer Geschwindigkeit von $v_{0,1} = 0{,}4\ \frac{m}{s}$ zurück ins All, landete ein zweites und noch ein drittes Mal. Zwischen der ersten und der zweiten Landung vergingen etwa 2 Stunden, zwischen der zweiten und dritten Landung 7 Minuten.

Das folgende Diagramm zeigt den Verlauf der Gravitationskraft F auf die Sonde Philae in Abhängigkeit von der Höhe h über der Kometenoberfläche.

F(h)-Diagramm:



b1) Berechnen Sie die Rückprallgeschwindigkeit $v_{0,2}$ und die Steighöhe h_2 von Philae beim zweiten Zurückfederns ins All. Wegen der geringen Steighöhe h_2 kann die Fallbeschleunigung als konstant angesehen werden.

b2) Berechnen Sie die Energie W, mit der Philae erstmals ins All zurückgefedert wurde, Beurteilen Sie mithilfe des F(h)-Diagramms, ob die Sonde beim ersten Zurückfedern ins All eine Höhe von h_1 = 900 m erreicht hat.

c) Die Energieversorgung der Sonde erfolgt über die Sonneneinstrahlung. Begründen Sie, ab welcher Wellenlänge das Licht aus der Sonneneinstrahlung für die Solarzellen nutzbar ist, wenn für die Auslösung der Elektronen in den Solarzellen eine Mindestenergie von 2,38 eV erforderlich ist.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 52 (BW 1990) (Lösung Seite 94)

Eine Schraubenfeder mit der Richtgröße $D = 20{,}0\,\frac{N}{m}$ ist in vertikaler Position aufgehängt. An der Schraubenfeder wird ein Körper K der Masse m = 0,500 kg befestigt. Dabei verlängert sich die Feder um $\Delta\ell$ bis zur Gleichgewichtslage 0 (siehe Abb. 1).

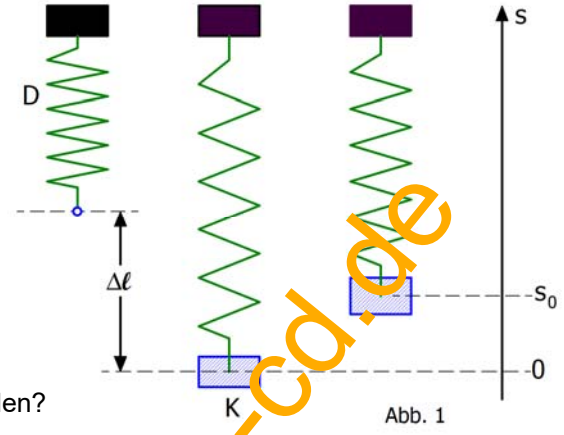


Abb. 1

a) Berechnen Sie die Verlängerung $\Delta\ell$.
Der Körper K wird nun aus der Gleichgewichtslage um s_0 = 20,0 cm angehoben. Welche Energie ΔW muss dem System Feder - Körper dazu von außen zugeführt werden?

b) Zum Zeitpunkt t_0 = 0 s wird der Körper in der Höhe s_0 = 20,0 cm losgelassen. Zeigen Sie unter Berücksichtigung aller auf K wirkenden Kräfte, dass sich eine **harmonische Schwingung** ergibt. Berechnen Sie die Periodendauer T dieser Schwingung. Stellen Sie das Weg-Zeit-, das Geschwindigkeits-Zeit- und das Beschleunigungs-Zeit-Gesetz für diese Schwingung auf. Berechnen Sie den Ort von K für den Zeitpunkt t_1 = 0,60 s. Mit welcher Geschwindigkeit geht der Körper durch die Gleichgewichtslage?

c) Wiederum wird zum Zeitpunkt t_0 = 0 s der Körper K in der Höhe s_0 = 20,0 cm losgelassen. Er trifft jedoch beim Durchgang durch 0 auf eine zweite, vertikal angeordnete Schraubenfeder mit der Richtgröße $3 \cdot D = 60{,}0\,\frac{N}{m}$, die er zusammendrückt, ohne sich fest mit ihr zu verbinden (siehe Abb. 2).

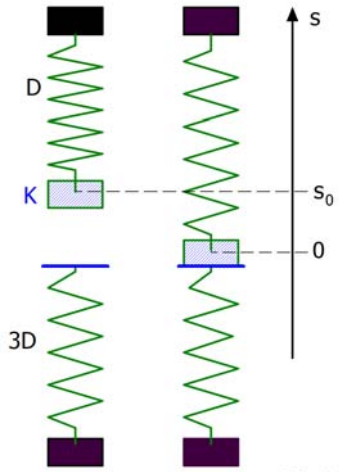


Abb. 2

Wie groß ist die Richtgröße D* dieses Systems in den Zeitabschnitten, in denen beide Federn auf den Körper K einwirken?
Berechnen Sie die Lage des unteren Umkehrpunkts.
Zeichnen Sie für $0\,s \le t \le 1\,s$ das Weg-Zeit-Diagramm dieser Bewegung. (t-Achse: 1 cm ≙ 0,1 s; s-Achse: 1 cm ≙ 4 cm)
Wie groß sind die Beschleunigungen in den beiden Umkehrpunkten?

d) Nun wird K an einer Feder mit $D = 20{,}0\,\frac{N}{m}$ befestigt. K kann auf einer horizontalen Bahn reibungsfrei gleiten. Die Feder ist für x = 0 m gerade entspannt und hat die Länge $\ell = 0{,}12\,m$ (siehe Abb. 3).

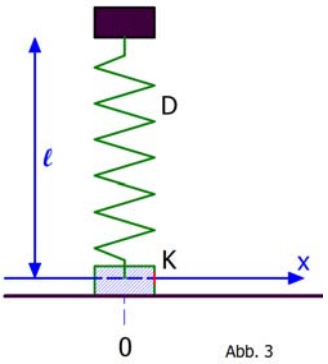


Abb. 3

Zeigen Sie, dass K bei einer Auslenkung von x_1 = 9,0 cm von der Bahn nicht abhebt. Jetzt wird K losgelassen und schwingt ohne abzuheben hin und her. Bestimmen Sie die Rückstellkräfte für x_1 = 9,0 cm und x_2 = 5,0 cm. Begründen Sie, dass diese Schwingung nicht harmonisch ist.

$g = 10\,\frac{m}{s^2}$. Von der Masse der Federn sowie von Reibungsverlusten ist abzusehen; der Körper K ist als Massenpunkt zu betrachten.

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 53 (1976) (Lösung Seite 100)

a) Wie ist das Gravitationspotential definiert? Leite eine Berechnungsformel her.
Welches Potential hat das Erdfeld in 2000 km Höhe?
Welche potentielle Energie hat ein Körper der Masse 4170 kg in dieser Höhe?

b) Welche Geschwindigkeit hat dieser Körper, wenn er aus 2000 km Höhe zur Erde fällt beim Aufschlagen, wenn man vom Luftwiderstand absieht? Stelle zuerst eine Formel auf.

c) Welche Mindestenergie müssen die Brennsätze einer Rakete liefern, die diesen Körper in eine Kreisbahn in 2000 km Höhe bringen sollen? Der Start erfolge von der Erdoberfläche aus.
Der Luftwiderstand ist zu vernachlässigen.
Warum ist tatsächlich mehr Energie erforderlich?

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 54 (1978) (Lösung Seite 102)

a) Eine bemannte Raumkapsel befindet sich auf einer kreisförmigen Parkbahn um den Mond. In welcher Höhe über der Mondoberfläche umkreist sie ihn, wenn sie eine Bahngeschwindigkeit von 1,63 $\frac{km}{s}$ aufweist?

b) Berechne ihre Umlaufzeit in Stunden !

c) Welche Schwerebeschleunigung wirkt auf die Mondlandefähre beim Landeanflug in 50 km Höhe?

d) Berechne die Konstante C des 3. Keplerschen Gesetzes für die Mondumkreisung.

e) In welcher Entfernung vom Mond sind beim Rückflug zur Erde die .Anziehungskräfte von Mond und Erde auf das Raumschiff gleich groß? Wie weit ist es dann noch von der Erde entfernt? Welche Bedeutung hat die auftretende zweite Lösung?

Hinweis:

Die Entfernungen dürfen von Mittelpunkt zu Mittelpunkt gerechnet werden; außerdem kann angenommen werden, dass sich das Raumschiff entlang der Verbindungslinie dieser Mittelpunkte bewegt.

Mondmasse:	$m_M = 7{,}35 \cdot 10^{22}$ kg
Erdmasse:	$m_E = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg
Mittlerer Mondhalbmesser:	$r_M = 1.740$ km
Mittlere Entfernung Erde – Mond:	$d = 384.000$ km
Gravitationskonstante:	$f = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$

Demo-Text für www.mathe-cd.de

Aufgabe 55 **(1969)** (Lösung Seite 104)

a) Beschreibe einen Versuch zur Bestimmung der Fallbeschleunigung g.

b) Wie nimmt die Fallbeschleunigung g außerhalb der Erde mit der Entfernung von Erdmittelpunkt ab? Berechne sie für die Höhe 300 km über der Erdoberfläche.

c) Unter welchen Bedingungen beschreibt ein Erdsatellit in 300 km Höhe eine Kreisbahn? Berechne seine Umlaufzeit.

d) Erdsatelliten bewegen sich nach den Keplerschen Gesetzen auf Ellipsenbahnen.
Was lässt sich nach diesen Gesetzen über die Geschwindigkeit eines Satelliten während eines Umlaufs sagen.

e) Mit welcher Geschwindigkeit würde der Satellit auf den Erdboden aufschlagen, wenn er plötzlich im freien Fall (ohne Luftwiderstand) abstürzen würde.

Demo-Text für www.mathe-cd.de