Sommersemester 2009		Blatt 1 (von 5)
Studiengang:	BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1040 1041 (B)
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

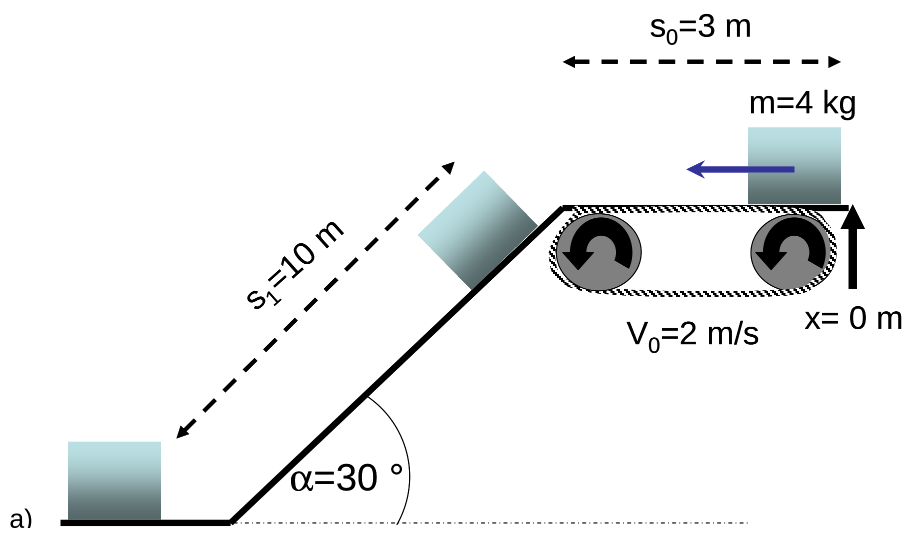
Gesamtpunktzahl: 120, bitte jede Aufgabe auf einem neuen Blatt beginnen!

Aufgabe 1: (25 Punkte)

Förderanlage

In einer Bandtransportanlage werden Pakete der Masse m=4 kg über eine schräge Rutsche auf eine niedrigere Ebene befördert. Die Pakete bewegen sich zunächst auf einem Förderband (Startpunkt x = 0 m) mit einer Geschwindigkeit von v_0 = 2 m/s. Der Startpunkt ist s_0 = 3 m vom Beginn einer schrägen Rutsche (ohne Antrieb) entfernt. Auf der Rutsche liegt eine Gleitreibung von μ=0,2 vor, ihr Neigungswinkel beträgt α = 30 °. Der Luftwiderstand soll vernachlässigt werden.

a) Wie lange braucht das Paket vom Startpunkt bis zum Beginn der Rutsche?
b) Zeichnen sie alle Kräfte ein, die beim Rutschen auf das Paket einwirken.
c) Berechnen Sie die Gesamtkraft, die beim Rutschen auf ein Paket wirkt.
d) Wie groß ist die Beschleunigung des Paketes auf der Rutsche?
e) Geben Sie das genaue Weg-Zeit-Gesetz x(t) für die Bewegung des Paketes an.
f) Wie lange rutscht Paket bei einer Rutschenlänge von s_1=10 m?
g) Wie groß ist die Geschwindigkeit des Paketes am Ende der Rutsche?
h) Skizziertes sie das Diagramm v(t) für die gesamte Strecke vom Startpunkt aus.



.

Lösungsvorschlag:

a)

$$v_0 = 2\frac{m}{s}$$

$$s_0 = v_0 \cdot t$$

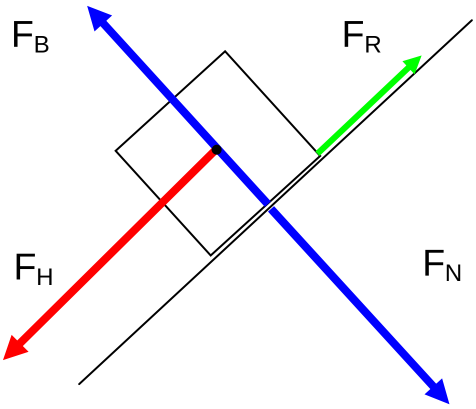
$$t = \frac{s_0}{v_0} = 1{,}5\,s$$

b)

$$F_{ges} = F_H + (-F_R) + F_N + F_B$$

$$F_N + F_B = 0$$

$$F_{ges} = F_H - F_R$$



c)

$$F_N = m \cdot g \cdot \cos\alpha$$

$$= 4kg \cdot 9{,}81\frac{m}{s^2} \cdot \cos 30^\circ = 33{,}98N$$

$$F_H = m \cdot g \cdot \sin\alpha$$

$$= 4kg \cdot 9{,}81\frac{m}{s^2} \cdot \sin 30^\circ = 19{,}62N$$

$$F_R = \mu \cdot F_N = 0{,}2 \cdot 33{,}98N = 6{,}796N$$

$$F_{ges} = F_H - F_R = 19{,}62N - 6{,}7962N = 12{,}824N$$

d)

$$a_N = \frac{F_{ges}}{m} = \frac{12{,}824N}{4kg} = 3{,}206\frac{m}{s^2}$$

e)

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2}a \cdot t^2$$

$$= 3m + 2\frac{m}{s}t + \frac{1}{2}3{,}206\frac{m}{s^2} \cdot t^2$$

f)

$$t = \pm\sqrt{\frac{v_0^2}{a} + \frac{2\cdot(x(t)-x_0)}{a}} - \left(\frac{v_0}{a}\right) = \pm\sqrt{\frac{4\frac{m^{2^2}}{s^4}}{3{,}206\frac{m}{s^2}} + \frac{2\cdot(10m-0m)}{3{,}206\frac{m}{s^2}}} - \frac{4\frac{m^2}{s^4}}{10{,}278\frac{m^2}{s^4}}$$

$$= \pm\sqrt{\frac{4\frac{m^{2^2}}{s^4}}{3{,}206\frac{m}{s^2}} + \frac{2\cdot(10m-0m)}{3{,}206\frac{m}{s^2}}} - 0.389s = \pm 2.736s - 0.389s$$

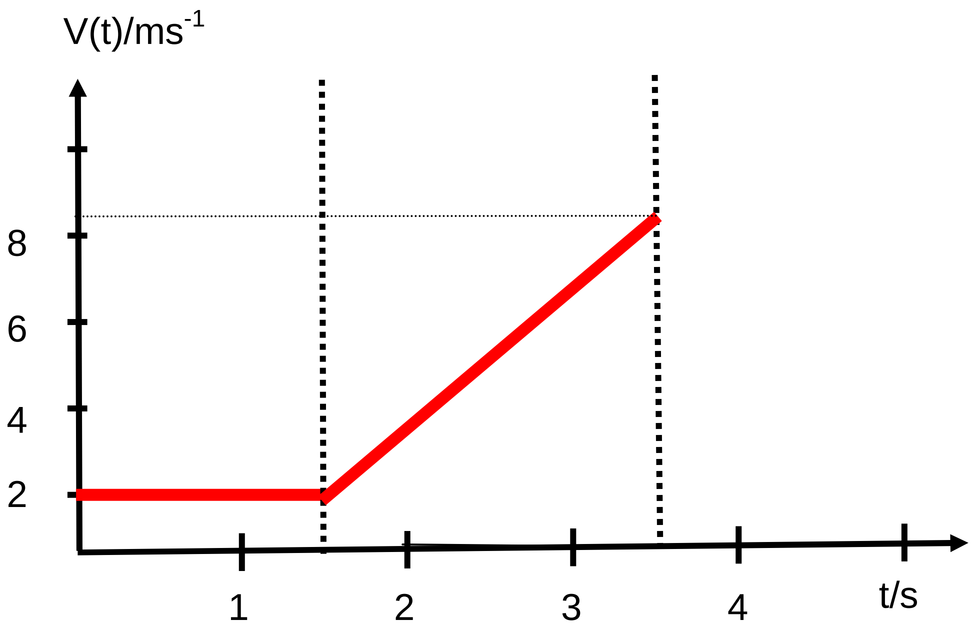
$$t = 1{,}95s$$

g)

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = v_0 + a\cdot t$$

$$= 2\frac{m}{s} + 3{,}206\frac{m}{s^2}\cdot 1{,}95s \quad = 8{,}25\frac{m}{s}$$

h)



Sommersemester 2009		Blatt 2 (von 5)
Studiengang:	BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1040 1041 (B)
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Aufgabe 2: (30 Punkte)

Ein Labordrehstuhl besitzt zur Abfederung eine Feder, die sich in einem Ölbad bewegt. Die Masse des Stuhls, auf die die Feder drückt, beträgt m_S=7 kg. Die Masse der Feder ist vernachlässigbar klein, ihre Länge beträgt ohne die zusätzliche Last L_F = 25 cm.

Die Feder wird um L_P = 10 cm eingedrückt, wenn sich eine Person mit einer Last von m_P = 57 kg auf den Stuhl gesetzt hat.

a) Wie groß ist die Gesamtkraft auf die Feder?
b) Wie groß ist die Federkonstante c?
c) Wie groß ist die Eigenkreisfrequenz ω_0 des Stuhls ohne Dämpfung, wenn die Person auf dem Stuhl sitzt?

Das Ölbad bewirkt eine viskose Dämpfungskraft $F_D = -b \cdot v$.
Um ein Nachfedern des Stuhles zu verhindern, soll durch die Dämpfung des Ölbades der aperiodische Grenzfall eingestellt werden.

d) Wie groß ist in diesem Fall der Abklingkoeffizient δ?
e) Wie groß ist der Dämpfungskoeffizient b?

Bei der Produktion wird der Dämpfungsgrad D um 10% kleiner als im aperiodischen Grenzfall eingestellt.

f) Wie groß ist jetzt der Dämpfungsgrad D und der Abklingkoeffizient δ?
g) Wie groß sind die Eigenfrequenz ω_D und die Periodendauer T_D des Stuhls?
h) Wie viele Schwingungen führt der Stuhl nach dem Aufstehen der Person mindestens noch aus, bis die maximale Auslenkung kleiner als y_{min} = 0,1 cm ist?

a) Gesamtkraft auf Feder

$$F_{ges} = F_{Stuhl} + F_{Person} = (7kg + 57kg) \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} = 627{,}84N$$

b) Federkonstante

$$F = -c \cdot \Delta y$$

$$|c| = \frac{\Delta F}{\Delta y} = \frac{57kg \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2}}{0{,}1m} = \frac{559{,}17N}{0{,}1m} = 5591{,}7 \frac{N}{m}$$

c) Eigenkreisfrequenz des Stuhles

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m_{ges}}} = \sqrt{\frac{5591{,}7 \frac{N}{m}}{64kg}} = 9{,}3475 \frac{1}{s}$$

d) Aperiodischer Grenzfall

Abklingkoeffizient

$$D = \frac{\delta}{\omega_0} = 1$$

$$\delta = \omega_0 = 9{,}347 \frac{1}{s}$$

e) Dämpfungskoeffizient b

$$F_D = -b \cdot v$$

$$\delta = \frac{b}{2m}$$

$$b = \delta \cdot 2m = 9{,}347 \frac{1}{s} \cdot 2 \cdot 64kg = 1196{,}4 \frac{kg}{s}$$

f) D um 10% kleiner

$$D = 0{,}9$$

$$D = \frac{\delta}{\omega_0}$$

$$\delta = D \cdot \omega_0 = 0{,}9 \cdot 9{,}347 \frac{1}{s} = 8{,}412 \frac{1}{s}$$

g) Periodendauer und Eigenfrequenz im gedämpften Fall

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_D^2 + \delta^2}$$

$$\omega_D = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} = \sqrt{(9{,}347 \frac{1}{s})^2 - \left(8{,}412 \frac{1}{s}\right)^2} = 4{,}074 \frac{1}{s}$$

$$\omega_D = \frac{2\pi}{T_D}$$

$$T_D = \frac{2\pi}{\omega_D} = \frac{2\pi}{4{,}074 \frac{1}{s}} = 1{,}54\,s$$

h) Anzahl der restlichen Schwingungen

Wenn die Person aufsteht, ist die schwingende Masse nur noch ms=7 kg

$$\omega_0{}^1 = \sqrt{\frac{c}{m_s}} = 28{,}26\,\frac{1}{s}$$

Damit wird

mit $b = 1196{,}4\,\frac{kg}{s}$

$$\delta^1 = \frac{b}{2m_S} = 85{,}46\,\frac{1}{s}$$

$$D^1 = \frac{\delta^1}{\omega^1{}_0} = 3{,}02$$

Es liegt ein Kriechfall vor, der Stuhl schwingt gar nicht mehr.

Sommersemester 2009		Blatt 3 (von 5)
Studiengang:	BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1040 1041 (B)
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Aufgabe 3: (35 Punkte)

Solarzelle

In einer Solarzelle entsteht am Kontakt von zwei unterschiedlich dotierten Gebieten eine Raumladungszone aus ortsfesten Ladungsträgern der Breite d = 100 nm, die ein elektrisches Feld erzeugen, dass eine maximale Größe von $E_{max} = -1{,}24 \cdot 10^6 \frac{V}{m}$ besitzt (s. Skizze). Ein Lichtquant wird der Mitte der Raumladungszone absorbiert und erzeugt dort ein „Elektron-Loch-Paar". Das „Loch" kann als positiv geladenes Elektron behandelt werden (Elementarladung $e = \pm 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C$).

a) Zeichnen Sie in Skizze (a) die Richtung des elektrischen Feldes ein.

b) Wie groß ist direkt an der Grenzschicht bei x=50 nm die Kraft auf das Elektron und auf das Loch?

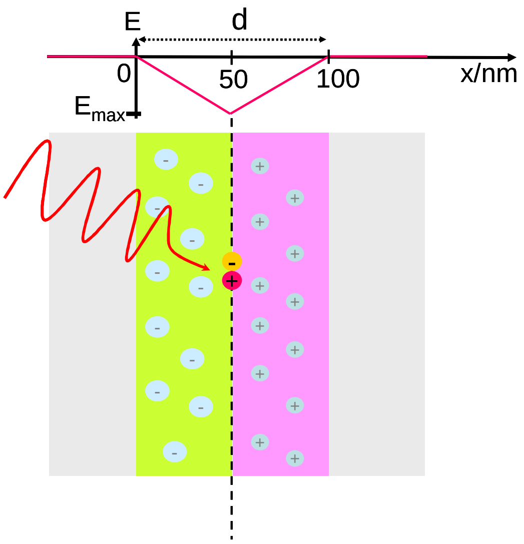
c) In welche Richtung bewegt sich das Elektron und in welche Richtung das Loch?

d) Nehmen sie vereinfachend an, die Ladungen der Raumladungszone befinden sich alle im Abstand d auf den beiden äußeren Grenzen der Raumladungszone mit einer Fläche von $A = 1 mm^2$ (Skizze b). Die Spannung über der gesamten Raumladungszone beträgt V = 0,66 V. Wie groß ist die mittlere elektrische Feldstärke $\overline{E}$ über die gesamte Breite d = 100 nm?

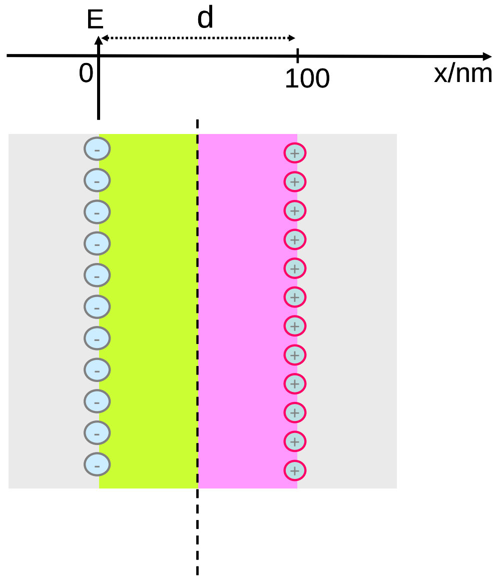
e) Wie groß ist die Kapazität C dieser Anordnung (relative Dielektrizitätszahl $\varepsilon_r = 11{,}9$)?

f) Wie groß ist in diesem Fall die Gesamtladung Q und wie viele Elementarladungen werden benötigt, um die Raumladungszone zu erzeugen?

a



b



a)+ nach –

b)Kraft auf Elektron/Loch

$$F_{el} = q \cdot E = \pm e \cdot E = \pm 1{,}06 \cdot 10^{-19}\,C \cdot (-1{,}24 \cdot 10^{6}\,\frac{V}{m}) = \pm 1{,}987 \cdot 10^{-13}\,N$$

c)

d) Mittlere elektrische Feldstärke $\overline{E} = \frac{U}{d} = \frac{0{,}66V}{10^{-7}m} = 0{,}66 \cdot 10^{-7}\,\frac{V}{m}$

e) Kapazität $C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}{d} = \frac{8{,}8542^{-12}\,\frac{As}{Vm} 11{,}9 \cdot 10^{-6}\,m^2}{10^{-7}\,m} = 1{,}054 \cdot 10^{-9}\,\frac{As}{V} = 1{,}054\ nF$

f) Gesamtladung $Q = C \cdot U = 1{,}054 \cdot 10^{-9}\,\frac{As}{V} \cdot 0{,}66\,V = 6{,}954 \cdot 10^{-10}\,C$

Anzahl der Elementarladungen

$$Q = n \cdot e$$

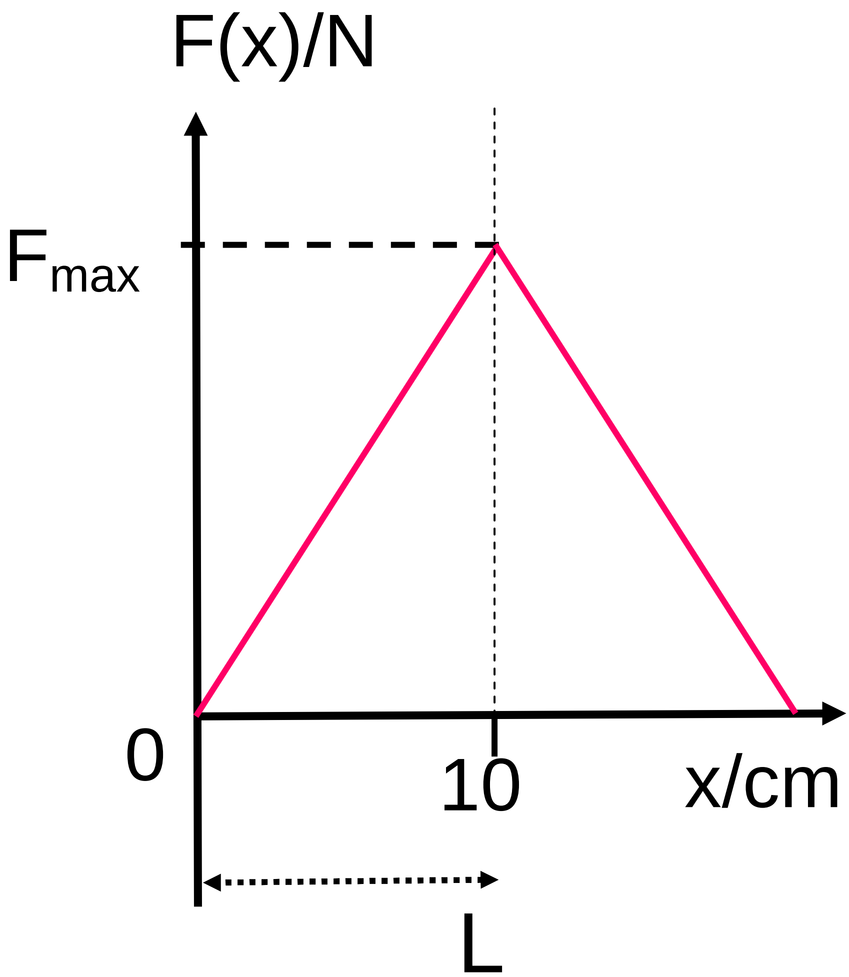
$$n = \frac{0{,}6954 \cdot 10^{-9}\,C}{1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C} = 4{,}34 \cdot 10^{9}$$

Sommersemester 2009		Blatt 4 (von 5)
Studiengang:	BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1040 1041 (B)
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Aufgabe 4: (15 Punkte)

Energie in einer Feder

a) Wie groß ist die Spannenergie in der Bürostuhlfeder bei unten skizziertem , gemessen beim Setzen einer Person, wenn eine maximale Kraft von F_{max}=981 N erreicht wird und die maximale Auslenkung der Feder L=10 cm beträgt



Lösungsvorschlag:

Die Spannungsenergie entspricht der geleisteten Arbeit und wird berechnet durch $W = \int F(x) \cdot dx$. Der Wert des Integrals entspricht der Dreiecks-Fläche unter der Kurve zwischen 0 cm und 10 cm. $W = \frac{1}{2} \cdot F_{max} \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 981 N \cdot 10 \cdot 10^{-2} m = 49{,}05\, Nm = 49{,}05\, J$

Sommersemester 2009	Blatt 5 (von 5)
Studiengang: BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1040 1041 (B)
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

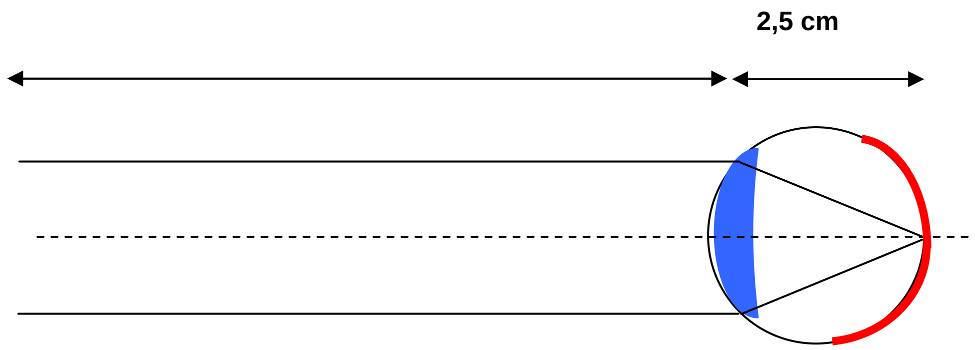
Aufgabe 5: (15 Punkte)

Das Auge besteht aus dem System Hornhaut-Linse und der Netzhaut, auf der das Bild entsteht. Beim Auge ist die Brennweite allerdings nicht konstant, sondern kann mit Hilfe des Ziliarmuskels für unterschiedliche Entfernungen des Gegenstandes geändert werden.

Ein Gegenstand, der sich in sehr großer Entfernung („im Unendlichen") befindet, wird auf der Netzhaut in 2,5 cm Entfernung von der Linse scharf abgebildet (s. Skizze).

Wie groß ist die Entfernung eines Gegenstandes von der Linse, wenn sich die Brennweite des Systems Hornhaut-Linse beim Scharfstellen durch Akkumulation um $\Delta f = -0{,}23\,cm$ ändert?

Nehmen Sie an, das Auge sei eine dünne Linse.



Lösungsvorschlag:

Wenn sich der Gegenstand im Unendlichen befindet, beträgt die Brennweite 2,5 cm. Die vorliegende Brennweite wird mit der Abbildungsgleichung für Dünne Linsen berechnet mit $b_1=b_2=2{,}5$ cm.

Für Dünne Linsen gilt:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{g}+\frac{1}{b}$$

Für $g_1=\infty$ ist $\frac{1}{g_1}=0$ und daher $b_1=f_1$.

$$\Delta f=f_2-f_1$$

$$f_2=\Delta f+f_1=-0{,}23cm+2{,}50cm=2{,}27cm$$

$$\frac{1}{f_2}=\frac{1}{g_2}+\frac{1}{b_2}$$

$$\frac{1}{g_2}=\frac{1}{b_2}-\frac{1}{f_2}=\frac{1}{2{,}5cm}-\frac{1}{2{,}27cm}=0{,}84053\frac{1}{cm}$$

$$g_2=-24{,}7cm$$