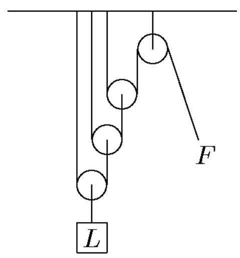
Studienkolleg Aachen   Ersatzklausur Physik Kurs AT   25. Juni 2004

1) Das Messwerk eines Drehspulinstrumentes zur Strommessung hat einen Widerstand von $R = 50\ \Omega$ und zeigt bei einer Stromstärke von $I = 1\,\text{mA}$ Vollausschlag.
a) Erläutern Sie die physikalischen Grundlagen und das Grundprinzip der Wirkungsweise eines Drehspulinstrumentes.
b) Dasselbe Gerät kann auch als Spannungsmesser benutzt werden, wobei die Skala unverändert bleiben kann. Auf welcher physikalischen Gesetzmäßigkeit beruht dies? Welche Spannung kann man mit diesem Gerät (ohne Umbauten) maximal messen?
c) Der Messbereich des Amperemeters soll durch geeignete Maßnahmen auf $2\,\text{A}$ erweitert werden. Was ist zu tun?
d) Dasselbe Gerät soll als Spannungsmesser für maximal $50\,\text{V}$ umgerüstet werden. Wie gehen Sie nun vor?
Geben Sie in c) und d) die benötigten elektrischen Bauteile an und skizzieren Sie, wie sie mit dem Messgerät zusammengeschaltet werden.

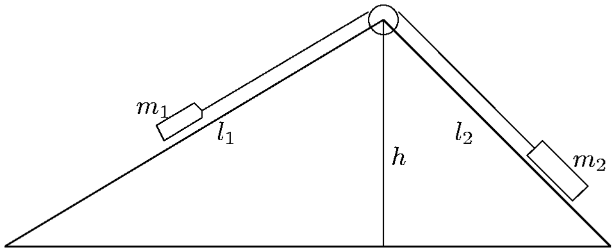
2) Zwischen einer Gewitterwolke und der Erde hat sich ein elektrisches Feld aufgebaut. In diesem Feld schwebt ein Wassertröpfchen, das 0,1 mm Durchmesser hat und eine elektrische Ladung von $2 \cdot 10^{-15}\,\text{C}$ trägt.
a) Wie groß ist die elektrische Feldstärke zwischen Wolke und Erde?
[Zur Kontrolle: $E \approx 2{,}6 \cdot 10^6\,\text{N/C}$.]
b) Die Wolke befindet sich in 300 m Höhe und hat eine Ausdehnung von $1{,}5\,\text{km}^2$. Welche Spannung herrscht zwischen Wolke und Erde? Wieviel Ladung trägt die Wolke?
c) Die gesamte Ladung der Wolke entlädt sich in einem 1 ms dauernden Blitz. Wie groß ist die dabei frei werdende Energie (in kWh)? Wie groß ist die Stromstärke des Blitzes?

3) a) Wozu dient ein Flaschenzug? Was leistet er nicht? Erläutern Sie den Satz von der Erhaltung der Energie am Flaschenzug.
b) Bestimmen Sie für den nebenstehend skizzierten Flaschenzug in allen Seilen die wirkenden Kräfte, wenn eine Last von 10 t angehängt ist und die Rollen als gewichtslos angenommen werden. Welche Belastung erfährt die Decke, an der der Flaschenzug hängt?
c) Wie groß ist die Zugkraft F? Wie groß ist das Übersetzungsverhältnis dieses Flaschenzuges?



bitte wenden!

4) Gegeben ist eine metallene Doppelrampe wie skizziert. Sie habe eine Höhe von



$h = 2{,}4\,\mathrm{m}$ und Längen $l_1 = 4\,\mathrm{m}$ sowie $l_2 = 3\,\mathrm{m}$. Auf ihr liegen zwei Metallquader von $m_1 = 800\,\mathrm{g}$ und $m_2 = 500\,\mathrm{g}$ Masse, die durch ein Seil über eine Rolle miteinander verbunden sind. Die Reibung der Rolle kann vernachlässigt werden, nicht jedoch die auf der schiefen Ebene.

a) Setzen sich die beiden verbundenen Massen in Bewegung? In welche Richtung?

b) Wieviel Energie ist durch die Gleitreibung als Wärme 'verloren' gegangen, wenn die Blöcke sich 2 m bewegt haben?

Reibungskoeffizient Metall auf Metall: $\mu_{\mathrm{Gleit}} = 0{,}25$, $\mu_{\mathrm{Haft}} = 0{,}35$.

Bei allen Aufgaben werden begründete Antworten erwartet.

Ersatzklausur — Lösungen

1) a) Ein Drehspulinstrument besteht aus einer drehbar gelagerten Spule mit einem Zeiger. Die Spule ist umgeben von einem Permanentmagneten. Fließt durch die Spule ein Strom, so wird ein magnetisches Feld aufgebaut, auf das der Permanentmagnet wirkt. Magnet und Spule sind so angeordnet, dass sich die Spule in Folge dieser Kraft dreht. Eine Rückstellfeder sorgt für einen zur Stromstärke proportionalen Ausschlag.
b) Aufgrund des Ohmschen Gesetzes sind die durch das Messwerk fließende Stromstärke und die anliegende Spannung proportional zueinander. Daher kann von der Stromstärke auf die Spannung geschlossen werden, und wegen der Proportionalität bleiben die Skalenabstände unverändert (nur die Beschriftung muss angepasst werden).
Die maximale Spannung beträgt $U_{\max} = R \cdot I_{\max} = 50\,\Omega \cdot 1\,\mathrm{mA} = 50\,\mathrm{m}V$.
c) Um das Messwerk zu schützen, darf nur 1 mA durch das Messwerk fließen, der Rest $2\,\mathrm{A} - 1\,\mathrm{mA} = 1999\,\mathrm{mA}$ muss durch einen parallel zu schaltenden Schutzwiderstand R_1 fließen. Da sich bei parallelgeschalteten Widerständen die Stromstärken *umgekehrt* wie die Widerstände verhalten, gilt:

$$\frac{R_1}{50} = \frac{1}{1999} \iff R_1 = \frac{50}{1999}\,\Omega = 25{,}01\,\mathrm{m}\Omega\,.$$

d) In diesem Fall muss verhindert werden, dass am Messwerk mehr als 50 mV Spannung anliegen. An einem in Reihe zu schaltenden (großen) Schutzwiderstand R_2 muss die 'restliche' Spannung $50\,\mathrm{V} - 50\,\mathrm{mV} = 49{,}95\,\mathrm{V}$ abfallen. Da sich bei Reihenschaltung die Spannungsabfälle wie die Widerstände verhalten, gilt für den Schutzwiderstand

$$\frac{R_2}{50} = \frac{49950}{50} \iff R_2 = 49{,}95\,\mathrm{k}\Omega\,.$$

4) a) Auf die Massen wirkt zunächst die Differenz der Hangabtriebskräfte

$$F_{1\mathrm{H}} = \frac{h}{l_1} \cdot F_{1\mathrm{G}} = \frac{h}{l_1} \cdot m_1 g = \frac{2{,}4}{4} \cdot 0{,}8\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} = 4{,}71\,\mathrm{N}\,,$$
$$F_{2\mathrm{H}} = \frac{h}{l_2} \cdot F_{2\mathrm{G}} = \frac{h}{l_2} \cdot m_2 g = \frac{2{,}4}{3} \cdot 0{,}5\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} = 3{,}92\,\mathrm{N}\,.$$

Die resultierende Kraft ist

$$F = F_{1\mathrm{H}} - F_{2\mathrm{H}} = 4{,}71\,\mathrm{N} - 3{,}92\,\mathrm{N} = 0{,}78\,\mathrm{N}$$

in Richtung der Masse m_1.
Ob sich das Gespann in Bewegung setzt hängt davon ab, ob die resultierende Kraft größer ist als die (maximale) Haftreibungskraft. Diese ist die Summe der beiden einzelnen Haftreibungskräfte

$$F_{1\mathrm{Haft}} = \mu_{\mathrm{Haft}} \cdot F_{1\mathrm{N}} = \mu_{\mathrm{Haft}} \cdot F_{1\mathrm{G}} \cdot \frac{\sqrt{l_1^2 - h^2}}{l_1} = 0{,}035 \cdot 0{,}8\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot \frac{\sqrt{10{,}24}}{4} = 0{,}22\,\mathrm{N}\,.$$
$$F_{2\mathrm{Haft}} = \mu_{\mathrm{Haft}} \cdot F_{2\mathrm{N}} = \mu_{\mathrm{Haft}} \cdot F_{2\mathrm{G}} \cdot \frac{\sqrt{l_2^2 - h^2}}{l_2} = 0{,}035 \cdot 0{,}5\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot \frac{\sqrt{3{,}24}}{3} = 0{,}1\,\mathrm{N}\,.$$

Da die resultierende Hangabtriebskraft größer ist als die Summe der Haftreibungskräfte, setzt sich das Gespann nach links (in Richtung m_1) in Bewegung.
b) Bei der Bewegung wird durch die (Gleit-)Reibung Energie in Wärme umgewandelt. Die Gleitreibungskraft berechnet man exakt wie die Haftreibungskraft, nur der Reibungskoeffizient ist ein anderer; die Gleitreibung ist daher proportional zur Haftreibung mit dem Faktor

$$\frac{\mu_{\text{Gleit}}}{\mu_{\text{Haft}}} = \frac{0{,}25}{0{,}35} = 0{,}71\,.$$

Die Gleitreibungskraft beträgt also 71% der Haftreibungskraft:

$$F_{\text{Gleit}} = 0{,}71 \cdot (0{,}22 + 0{,}1)\,\text{N} = 0{,}23\,\text{N}\,.$$

Bei einer Gleitstrecke von 2 m geht also

$$W = 0{,}23\,\text{N} \cdot 2\,\text{m} = 0{,}46\,\text{J}$$

als Wärme ‘verloren’.

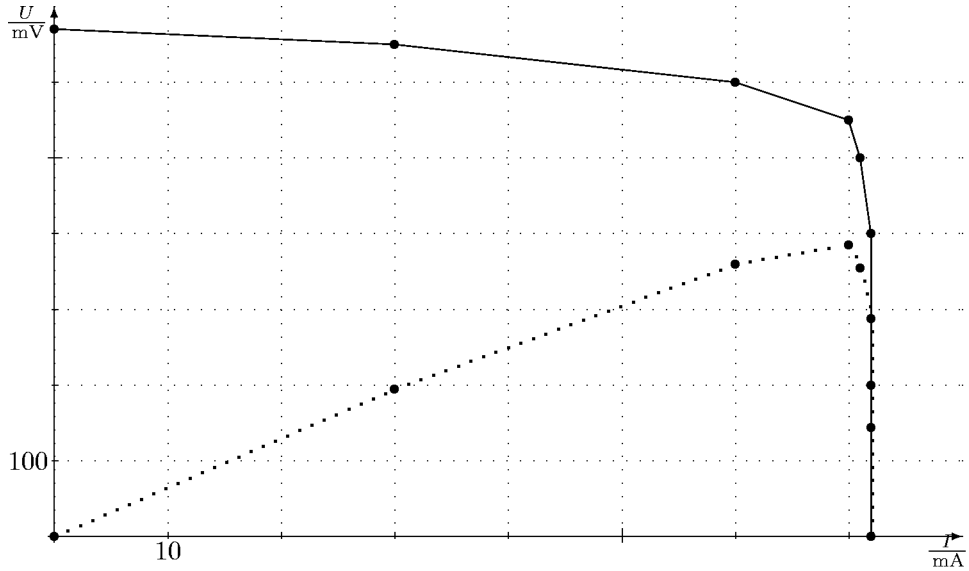
1) Netzwerk.
2) Eine Solarzelle hat eine Fläche von $A = 4{,}00\,\mathrm{cm}^2$. Sie befindet sich in Sonnenlicht mit der Bestrahlungsstärke $E = 80{,}0\,\mathrm{mW/cm}^2$.
(Bestrahlungsstärke = Leistung der Sonnenstrahlung pro Fläche)
a) Bei der Messung der Klemmspannung U in Abhängigkeit vom Strom I ergeben sich folgende Werte:

$U/\,\mathrm{mV}$	670	650	600	550	500	400	200	0
$I/\,\mathrm{mA}$	0	30	60	70	71	72	72	72

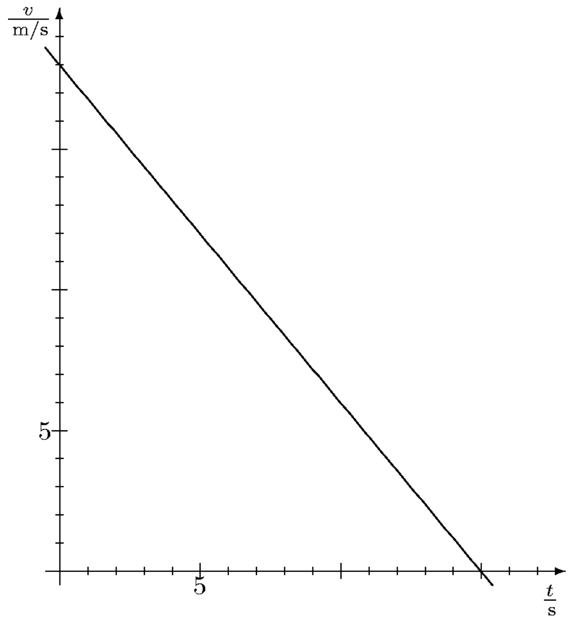
Zeichnen Sie ein Schaltbild (mit Messgeräten) und ein $U(I)$-Diagramm.
b) Geben Sie die Urspannung U_0 und den Kurzschlussstrom I_k an.
Begründen Sie: Die Solarzelle hat keinen konstanten Innenwiderstand.
c) Zeichnen Sie ein $P(I)$-Diagramm, wobei P die Leistung der Solarzelle ist.
d) Bei welcher Stromstärke ist die Leistung maximal?
Wie groß ist diese maximale Leistung? Wie groß ist dann der äußere Widerstand? Wievie % der eingestrahlten Energie werden dabei in elektrische Energie umgewandelt? Wo bleibt die restliche Energie?
3) a) Beschreiben Sie, aus welchen Elementen ein Fahrradantrieb *ohne* Gangschaltung besteht und erläutern Sie die Funktionsweise dieser Elemente.
b) Ein Fahrrad ohne Gangschaltung habe am Kettentrieb eine Übersetzung von 2,5 : 1. Die Räder haben einen Durchmesser von $d_\mathrm{R} = 66{,}04\,\mathrm{cm}$ (26 Zoll) und die Länge der Tretkurbel (Pedalradius) sei $l_\mathrm{P} = 18\,\mathrm{cm}$.
   i) Welche Kraft F_R wird am Hinterrad auf die Straße übertragen, wenn bei waagerechter Tretkurbel das Pedal mit einer Kraft von $F_\mathrm{P} = 300\,\mathrm{N}$ senkrecht nach unten getreten wird?
   ii) Bei einer einfachen Kettenschaltung kann die Größe des hinteren Zahnrades geändert werden. Wie groß muss das hintere Zahnrad gewählt werden, um dreimal so viel Kraft wie in Teil i) auf die Straße zu übertragen? Das vordere Zahnrad habe dabei einen Radius von $r_\mathrm{VZ} = 9\,\mathrm{cm}$.
c) Bestimmen Sie allgemein die Kraft F_R, die am Hinterrad auf die Straße übertragen wird, als Funktion der Pedalkraft F_P (senkrecht nach unten), dem Pedalradius l_P, dem Raddurchmesser d_R, den Radien der Zahräder r_VZ und r_HZ *und* dem Drehwinkel α der Tretkurbel zur Horizontalen (siehe Skizze).
4) Ein Personenzug hat eine Geschwindigkeit von $v = 18\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ und wird (mit konstanter Bremsverzögerung) in 15 s zum Stillstand abgebremst.
a) Skizzieren Sie grob das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm für den Bremsvorgang.
b) Wie groß ist der Bremsweg, wie groß die Bremsverzögerung?
c) Der Lokführer löst den Bremsvorgang (bei gleicher Geschwindigkeit und mit gleicher Bremsverzögerung) 120 m vor einem auf den Gleisen stehenden Güterwaggon aus. Mit welcher Geschwindigkeit trifft der Zug auf den Waggon auf?

2. Klausur — Lösungen

2) a) Diagramm:



4) a) Da die Bremsverzögerung konstant ist, ist das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm eine Gerade. Deren Anstieg ist das Negative der Bremsverzögerung und das Diagramm hat daher folgende Form:



b) Der Bremsweg ist die Fläche unter der Geschwindigkeits-Zeit-Kurve und beträgt

$$s_\mathrm{B} = \frac{1}{2} \cdot 15\,\mathrm{s} \cdot 18\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 135\,\mathrm{m}\,.$$

Die Bremsverzögerung beträgt

$$\frac{18\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{15\,\mathrm{s}} = 1{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\,.$$

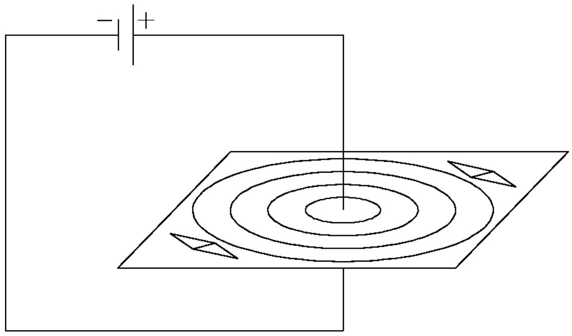
c) Bei Erreichen des Hindernisses fehlen am Gesamtbremsweg noch $135 - 120 = 15$ Meter. Die gesuchte Geschwindigkeit v_1 ist dann genau die Geschwindigkeit, für die man einen Bremsweg von 15 Metern benötigt:

$$15\,\mathrm{m} = \frac{v_1^2}{2a} \iff v_1^2 = 2 \cdot 1{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 15\,\mathrm{m} = 36\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} \iff v_1 = 6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,.$$

AT2 Physik (Kg) **Name:** ____________________

Test Magnetismus **29. April 2004**

1) a) Welche grundlegende Wechselwirkung zwischen Elektrizität und Magnetismus wird in nebenstehender Skizze dargestellt?
   b) Nennen Sie Anwendungen dieses physikalischen Phänomens.
   c) Ergänzen Sie in der Skizze Pfeile für
   • die Fließrichtung der Elektronen,
   • die technische Stromrichtung,
   • die magnetischen Feldlinien
   und benennen Sie die Pole der eingezeichneten Magnetnadeln.



2) a) Benennen Sie die wesentlichen Bausteine eines Drehspulmessgerätes.
   b) Beschreiben grob seine Wirkungsweise.

3) a) Beschreiben Sie das Grundprinzip eines sich selbst unterbrechenden Stromkreises.
   b) Wo wird dieses angewendet?

1)

2)

3)

4)

1. Klausur — Lösungen

1) Im folgenden sind auch kurze Begründungen angegeben. Diese waren in der Aufgabe nicht gefordert.
a) ist **wahr**, denn das Kräfteparallelogramm hat dann die Innenwinkel 120^0 und 60^0. Da beide Kräfte gleich groß sind, ist die Resultierende zugleich Winkelhalbierende des Parallelogramms und teilt es daher in 2 Dreiecke mit jeweils 3 Winkeln von 60^0. Das Dreieck ist also gleichseitig: Die Resultierende ist genauso groß wie die Einzelkräfte.
b) ist **wahr**, da in einem Dreieck jede Dreiecksseite höchstens so lang ist wie die Summe der beiden anderen (Dreiecksungleichung).
c) ist **wahr**: Gewichtskraft und Masse sind proportional, lediglich der Proportionalitätsfaktor ist ortsabhängig.
d) ist **falsch**, denn die Dichte von Luft beträgt (ganz grob) etwa $1\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{l}} = 1\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$ (der genaue Wert von 1,29 g/l war sogar angegeben) und Raum 503 umfasst (wieder sehr grob) $V = 5 \cdot 8 \cdot 3\,\mathrm{m}^3 = 120\,\mathrm{m}^3$, so dass die Masse der Luft mindestens 120 kg beträgt.
e) ist **wahr**, denn die Dichte des Menschen beträgt nur unwesentlich mehr als die Dichte von Wasser (ein Mensch sinkt nur sehr leicht im Wasser) und $70000\,\mathrm{cm}^3 = 70\,\mathrm{l}$ Wasser haben eine Masse von 70 kg.
f) ist **falsch**, denn die Wirkung von Kräften sind Form- oder Bewegungs**änderungen**; eine Bewegung selbst erfordert keine Kraft.
g) ist **falsch**, denn der Gesamtwiderstand paralleler Widerstände ist kleiner als jeder von ihnen.
h) ist **falsch**, denn durch die Erwärmung des Glühdrahtes steigt dessen Widerstand.
i) ist **wahr**, denn der Widerstand ist umgekehrt proportional zur Querschnittsfläche (bei ansonsten unveränderten Daten).
j) ist **falsch**, da keine Masse sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen kann.

2) a) Aus der nachfolgenden Skizze entnehmen wir: $F_H = 3{,}85\,\mathrm{N}$ und $F_N = 4{,}6\,\mathrm{N}$. Die Hangabtriebskraft F_H wird von den beiden Federn gehalten, die Normalkraft F_N lastet auf der schiefen Ebene.
Zum Vergleich: Rechnerisch ergibt sich

$$\frac{F_H}{F_G} = \cos(90^0 - 40^0) \iff F_H = F_G \cdot \cos 50^0 = 6\,\mathrm{N} \cdot \cos 50^0 = 3{,}86\,\mathrm{N}\,.$$

und entsprechend

$$F_N = F_G \cdot \cos 40^0 = 6\,\mathrm{N} \cdot \cos 40^0 = 4{,}6\,\mathrm{N}\,.$$

b) Beide Federn werden durch die gleiche Kraft F gedehnt und die Verlängerungen s_1, s_2 der Federn addieren sich. Die Gesamtverlängerung der Federkombination ist damit

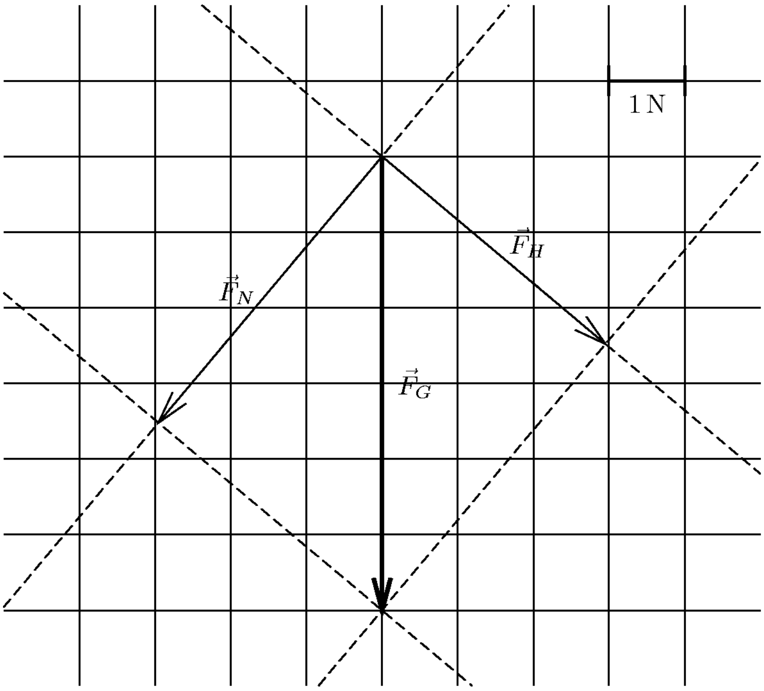
$$s = s_1 + s_2 = \frac{F}{D_1} + \frac{F}{D_2}.$$

Daraus folgt für die Federhärte D der Kombination:

$$\frac{1}{D} = \frac{s}{F} = \frac{s_1}{F} + \frac{s_2}{F} = \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2}\,.$$

Die Kehrwerte der Federhärten addieren sich also. Konkret ergibt sich

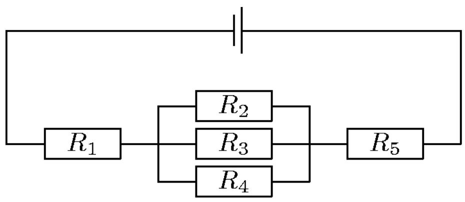
$$\frac{1}{D} = \frac{1}{2\,\mathrm{N/cm}} + \frac{1}{5\,\mathrm{N/cm}} = \frac{7}{10\,\mathrm{N/cm}} \iff D = \frac{10}{7}\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{cm}} = 1{,}43\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{cm}}\,.$$



c) Bei der wirkenden Kraft $F_H = 3{,}85\,\mathrm{N}$ verlängern sich die Federn um insgesamt

$$s_1 = \frac{F_H}{D} = \frac{3{,}85\,\mathrm{N}}{1{,}43\,\mathrm{N/cm}} = 2{,}7\,\mathrm{cm}\,.$$

3) a) Die nachfolgende Skizze ist physikalisch gleichwertig zur gegebenen Schaltung, zeigt aber deutlicher, wie man die Schaltung als Kombination von Reihen- und Parallelschaltungen zerlegen kann:



b) Die drei Widerstände R_2, R_3, R_4 sind parallel geschaltet, also

$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2\,\mathrm{k\Omega}} + \frac{1}{2\,\mathrm{k\Omega}} + \frac{1}{4\,\mathrm{k\Omega}} = \frac{5}{4\,\mathrm{k\Omega}} \iff R_{234} = \frac{4}{5}\,\mathrm{k\Omega} = 0{,}8\,\mathrm{k\Omega}\,.$$

Da R_1 und R_5 in Reihe mit R_{234} geschaltet sind, ist der Gesamtwiderstand

$$R_{\mathrm{ges}} = R_1 + R_{234} + R_5 = 3\,\mathrm{k\Omega} + 0{,}8\,\mathrm{k\Omega} + 1\,\mathrm{k\Omega} = 4{,}8\,\mathrm{k\Omega}\,.$$

c) Bei einer Spannung $U = 6\,\mathrm{V}$ fließt durch R_{ges} der Strom

$$I = \frac{U}{R_{\mathrm{ges}}} = \frac{6\,\mathrm{V}}{4{,}8\,\mathrm{k\Omega}} = 1{,}25\,\mathrm{mA}\,.$$

d) Durch R_1 fließt der Gesamtstrom $I_1 = I_{\text{ges}} = 1{,}25\,\text{mA}$. Der Spannungsabfall beträgt daher

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 3\,\text{k}\Omega \cdot 1{,}25\,\text{mA} = 3{,}75\,\text{V}\,.$$

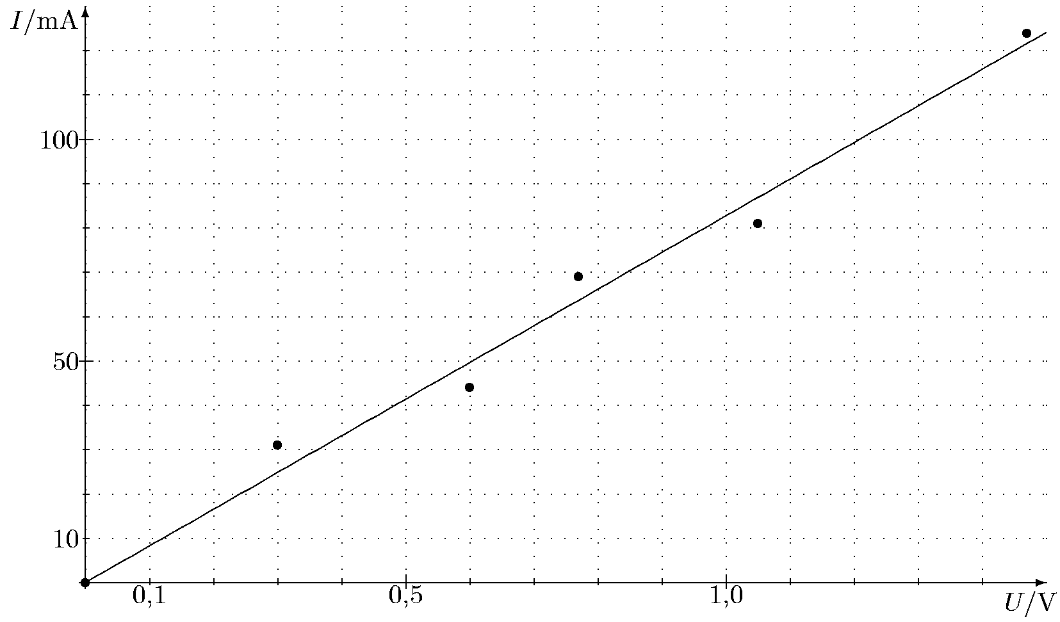
Der Spannungsabfall U_4 an R_4 ist gleich dem Spannungsabfall U_{234} an R_{234}, also

$$U_2 = U_{234} = R_{234} \cdot I_{\text{ges}} = 0{,}8\,\text{k}\Omega \cdot 1{,}25\,\text{mA} = 1\,\text{V}\,.$$

Die Stromstärke I_4 durch R_4 beträgt daher

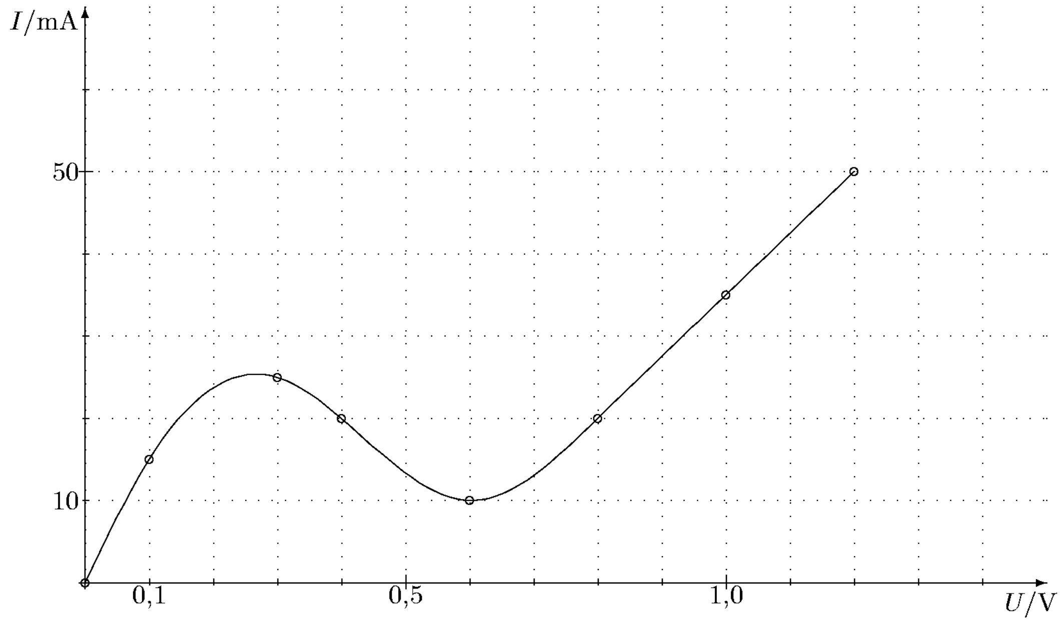
$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{1\,\text{V}}{4\,\text{k}\Omega} = 0{,}25\,\text{mA}\,.$$

4) a) Für den Konstantandraht erhalten wir folgende Messpunkte und näherungsweise eine Gerade als Kennlinie:



[Ergänzung: Aus der Zeichnung kann man bei $U = 100\,\text{mV}$ etwa $I = 1{,}2\,\text{A}$ ablesen und damit einen Widerstand von $12\,\Omega$ ermitteln. Alternativ erhält man durch Mitteln der Widerstände der einzelnen Messpunkte einen Widerstandswert $12{,}46\,\Omega$.]

Für die Tunneldiode erhält man folgende Kurve als Kennlinie:



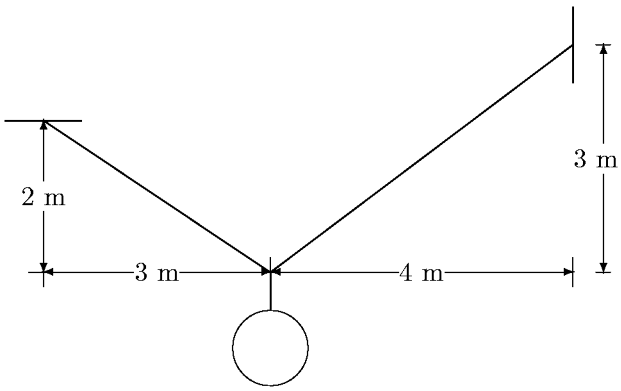
b) Bei der Tunneldiode gilt das Ohmsche Gesetz nicht. Es gilt nicht einmal, dass die Stromstärke in Abhängigkeit von der Spannung monoton wächst, insbesondere kann keine Proportionalität bestehen.
Beim Konstantandraht kann man jedoch (im Rahmen der Messgenauigkeit) von einer Proportionalität zwischen Stromstärke I und Spannung U ausgehen.
c) Bei Parallelschaltung liegt an beiden Geräten die gleiche Spannung und die Stromstärken addieren sich. Bei $U = 400\,\mathrm{mV}$ fließt ein Strom $I_D(400\,\mathrm{mV}) = 20\,\mathrm{mA}$ durch die Tunneldiode, während man aus der Kennlinie für den Konstantandraht eine Stromstärke $I_K(400\,\mathrm{mV}) = 33\,\mathrm{mA}$ abliest. Insgesamt fließt damit als gesamte Stromstärke $I = 53\,\mathrm{mA}$.

AT5 Mechanik (Kg) **Name:** ____________________

Test **22. März 2004**

1) a) Erläutern Sie in wenigen Sätzen einige grundlegende Fakten über Reibung.
b) Auf einer metallenen Rampe der Höhe $h = 60\,\text{cm}$ und der Länge $l = 2\,\text{m}$ liegt ein Metallquader der Masse $m = 5\,\text{kg}$. Setzt er sich in Bewegung?
c) Der Quader wird am oberen Ende der Rampe kurz angestoßen und gleitet nun die Rampe hinunter. Wieviel Energie geht hierbei als Wärme 'verloren'?

2) Eine Straßenlampe der Masse $m = 50\,\text{kg}$ hängt an zwei Seilen wie skizziert.



Bestimmen Sie die Kräfte in den Seilen.

Reibungskoeffizient Metall auf Metall: $\mu_{\text{Gleit}} = 0{,}25$, $\mu_{\text{Haft}} = 0{,}35$.

Test — Lösungen

1) a) - Reibung ist eine Kraft, die bei Bewegung zweier sich berührender Körper (oder dem Versuch, sie in Bewegung zu setzen) auftritt.
- Je nach Art der Berührung unterscheidet man Haft-, Gleit- oder Rollreibung.
- Die Richtung der Reibungskraft ist stets der Bewegungsrichtung entgegengesetzt.
- Die Reibungskraft ist zur Normalkraft proportional.
- Der Proportionalitätsfaktor ist von der Art der Reibung (haften, gleiten, rollen) und Material sowie Oberflächenbeschaffenheit abhängig.
b) Der Körper setzt sich in Bewegung, wenn die Hangabtriebskraft größer als die Haftreibungskraft ist. Die Neigung der schiefen Ebene ist $n = \frac{h}{l} = 0{,}3$. Dann gilt:

$$F_{\mathrm{H}} = n \cdot F_{\mathrm{G}}\,,\;\; F_{\mathrm{R}} = \mu_{\mathrm{Haft}} \cdot F_{\mathrm{N}} = \mu_{\mathrm{Haft}} \cdot \sqrt{1-n^2} \cdot F_{\mathrm{G}}\,.$$

Also

$$F_{\mathrm{H}} > F_{\mathrm{R}} \iff n \cdot F_{\mathrm{G}} > \mu_{\mathrm{Haft}} \cdot \sqrt{1-n^2} \cdot F_{\mathrm{G}} \iff n > \mu_{\mathrm{Haft}} \sqrt{1-n^2}\,.$$

Mit $n = 0{,}3$ ergibt sich:

$$F_{\mathrm{H}} > F_{\mathrm{R}} \iff 0{,}3 > 0{,}35 \cdot \sqrt{1-0{,}3^2} = 0{,}33\,.$$

Da die letzte Ungleichung *nicht* erfüllt ist, setzt sich der Körper *nicht* in Bewegung. Man erkennt, dass die Masse des Körpers für diese Frage keine Bedeutung hat. Hier jedoch zum Vergleich die numerischen Werte bei der angegebenen Masse $m = 5\,\mathrm{kg}$:

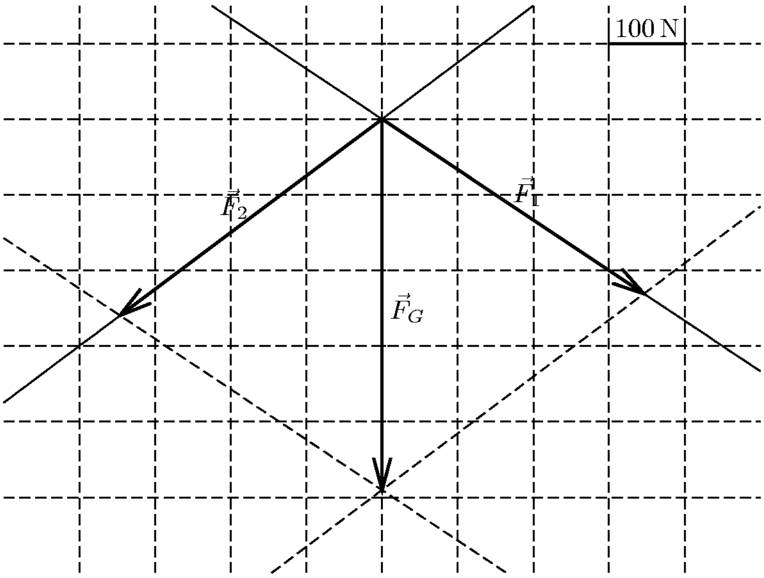
$$\begin{aligned} F_{\mathrm{H}} &= 0{,}3 \cdot 5\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} = 14{,}7\,\mathrm{N}\,,\\ F_{\mathrm{N}} &= \sqrt{1-0{,}3^2} \cdot 5\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} = 46{,}79\,\mathrm{N}\,,\\ F_{\mathrm{R}} &= 0{,}35 \cdot 46{,}79\,\mathrm{N} = 16{,}38\,\mathrm{N}\,. \end{aligned}$$

b) Bei Bewegung wird durch Reibung Wärme erzeugt. Der Wärme'verlust' ist also der Energiebedarf für die Gleitreibung:

$$W = F_{\mathrm{R}} \cdot l = \mu_{\mathrm{Gleit}} \cdot \sqrt{1-n^2} \cdot m \cdot g \cdot l = 0{,}25 \cdot \sqrt{1-0{,}3^2} \cdot 5\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 2\,\mathrm{m} = 23{,}4\,\mathrm{J}\,.$$

2) Die Lösungsmethode war nicht vorgegeben. Man konnte entweder zeichnerisch vorgehen oder rechnerisch. Nachstehende die verschiedenen Lösungswege:
<u>1. Zeichnerische Lösung:</u> Man zerlegt die Gewichtskraft $\vec{F_G}$ in zwei Vektoren $\vec{F_1}$ und $\vec{F_2}$, die die Richtung der Seile haben. Ausgehend von $F_{\mathrm{G}} = mg = 50\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} =$

490,5 N erhält man folgende Skizze:



Durch Ausmessen bestimmt man die Beträge F_1, F_2 der so ermittelten Kraftvektoren und damit die Belastungen der Seile:

$$F_1 = 420\,\mathrm{N} \quad \text{und} \quad F_2 = 440\,\mathrm{N}$$

2. Vektorrechnung: Die gesuchten Kräfte $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$ sollen die Richtung des jeweiligen Seils haben. Die Seilrichtungen werden durch Richtungsvektoren angegeben, die man aus den Längenangaben entnimmt:

$$\vec{v}_1 = \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \vec{v}_2 = \begin{pmatrix} -3 \\ 2 \end{pmatrix}.$$

Damit erhält man den Ansatz $\vec{F}_k = r_k \cdot \vec{v}_k$ $(k = 1, 2)$.
Da beide Vektoren den Vektor der Gesamtkraft $\vec{F}_\mathrm{G} = \begin{pmatrix} 0 \\ -F_\mathrm{G} \end{pmatrix}$ ergeben sollen, muss man folgende Vektorgleichung lösen:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_\mathrm{G} \iff r_1 \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix} + r_2 \begin{pmatrix} -3 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -F_\mathrm{G} \end{pmatrix}.$$

Mit $F_\mathrm{G} = 490{,}5\,\mathrm{N}$ ergibt dies das folgende lineare Gleichungssystem

$$\begin{bmatrix} 0 = 4r_1 - 3r_2 \\ -490{,}5\,\mathrm{N} = 3r_1 + 2r_2 \end{bmatrix}$$

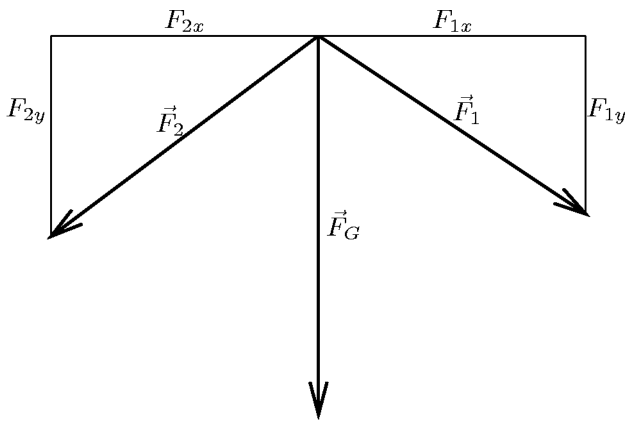
Dieses löst man mit den üblichen Methoden und erhält

$$r_2 = \frac{4}{3} r_1 \;\wedge\; -490{,}5\,\mathrm{N} = \frac{17}{3} r_1 \iff r_1 = -86{,}56\,\mathrm{N} \;\wedge\; r_2 = -115{,}41\,\mathrm{N}.$$

Dies ergibt

$$F_1 = |\vec{F}_1| = |r_1| \cdot |\vec{v}_1| = 432{,}79\,\mathrm{N},$$
$$F_2 = |\vec{F}_2| = |r_2| \cdot |\vec{v}_2| = 416{,}12\,\mathrm{N}.$$

3. Komponentenzerlegung: Man zerlegt zunächst alle beteiligten Kräfte in Horizontal- und Vertikalkomponenten, die jeweils mit dem Index x für Horizontal und y für Vertikal bezeichnet werden:



Aufgrund der bekannten Richtung der Kräfte $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$ gilt:

$$\frac{F_{1y}}{F_{1x}} = \frac{2}{3} \iff F_{1y} = \frac{2}{3} \cdot F_{1x}$$

und genauso

$$F_{2y} = \frac{3}{4} \cdot F_{2x} \,.$$

Da die Gewichtskraft der Lampe keine Horizontalkomponente hat, müssen die Horizontalkomponenten der Teilkräfte übereinstimmen und die Vertikalkomponenten zusammen die Gewichtskraft F_G ergeben:

$$F_{1x} = F_{2x} \quad \text{und} \quad F_{1y} + F_{2y} = F_\mathrm{G} = 490{,}5\,\mathrm{N}\,.$$

Wir erhalten also die folgende Gleichung für F_{1x}:

$$490{,}5\,\mathrm{N} = \frac{2}{3}F_{1x} + \frac{3}{4}F_{2x} = (\frac{2}{3} + \frac{3}{4}) \cdot F_{1x}$$

und als Ergebnis:

$$F_{2x} = F_{1x} = \frac{12}{17} \cdot F_\mathrm{G} = 346{,}24\,\mathrm{N}\,.$$

Mit Hilfe des Satzes des Pythagoras ergibt dies

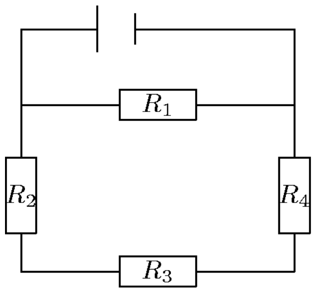
$$F_1 = \sqrt{1 + (\frac{2}{3})^2} \cdot F_{2x} = 416{,}12\,\mathrm{N}\,, \quad F_2 = \sqrt{1 + (\frac{3}{4})^2} \cdot F_{1x} = 432{,}79\,\mathrm{N}\,.$$

AT2 Mechanik (Kg) **Name:** ____________________

Test **16. März 2004**

1) a) Erläutern Sie in 2–3 Sätzen einige grundlegende Fakten über Reibung.
b) Auf einer metallenen Rampe der Höhe $h = 60\,\text{cm}$ und der Länge $l = 2\,\text{m}$ liegt ein Metallquader der Masse $m = 5\,\text{kg}$. Setzt er sich in Bewegung?
c) Der Quader wird am oberen Ende der Rampe kurz angestoßen und gleitet nun die Rampe hinunter. Wieviel Energie geht hierbei als Wärme 'verloren', wenn die Masse des Körpers $m = 5\,\text{kg}$ beträgt?

2) Eine Reihe von elektrischen Geräten ist wie nebenstehend skizziert an eine Spannungsquelle angeschlossen. Die einzelnen Widerstände betragen $R_1 = 60\,\Omega$, $R_2 = 10\,\Omega$, $R_3 = 12\,\Omega$ und $R_4 = 18\,\Omega$. Die Spannung an der Quelle beträgt $U = 72\,\text{V}$.
a) Wie groß ist der Gesamtwiderstand?
b) Wie groß ist der Gesamtstrom I?
c) Bestimmen Sie für alle Widerstände die Stärke des in ihnen fließenden Stroms sowie die an ihren Enden anliegende Spannung.



Reibungskoeffizient Metall auf Metall: $\mu_{\text{Gleit}} = 0{,}25$, $\mu_{\text{Haft}} = 0{,}35$.

Test — Lösungen

1) a) - Reibung ist eine Kraft, die bei Bewegung zweier sich berührender Körper (oder dem Versuch, sie in Bewegung zu setzen) auftritt.
- Je nach Art der Berührung unterscheidet man Haft-, Gleit- oder Rollreibung.
- Die Richtung der Reibungskraft ist stets der Bewegungsrichtung entgegengesetzt.
- Die Reibungskraft ist zur Normalkraft proportional.
- Der Proportionalitätsfaktor ist von der Art der Reibung (haften, gleiten, rollen) und Material sowie Oberflächenbeschaffenheit abhängig.

b) Der Körper setzt sich in Bewegung, wenn die Hangabtriebskraft größer als die Haftreibungskraft ist. Die Neigung der schiefen Ebene ist $n = \frac{h}{l} = 0{,}3$. Dann gilt:

$$F_{\mathrm{H}} = n \cdot F_{\mathrm{G}}\,, \ \ F_{\mathrm{R}} = \mu_{\mathrm{Haft}} \cdot F_{\mathrm{N}} = \mu_{\mathrm{Haft}} \cdot \sqrt{1-n^2} \cdot F_{\mathrm{G}}\,.$$

Also

$$F_{\mathrm{H}} > F_{\mathrm{R}} \iff n \cdot F_{\mathrm{G}} > \mu_{\mathrm{Haft}} \cdot \sqrt{1-n^2} \cdot F_{\mathrm{G}} \iff n > \mu_{\mathrm{Haft}} \sqrt{1-n^2}\,.$$

Mit $n = 0{,}3$ ergibt sich:

$$F_{\mathrm{H}} > F_{\mathrm{R}} \iff 0{,}3 > 0{,}35 \cdot \sqrt{1-0{,}3^2} = 0{,}33\,.$$

Da die letzte Ungleichung *nicht* erfüllt ist, setzt sich der Körper *nicht* in Bewegung. Man erkennt, dass die Masse des Körpers für diese Frage keine Bedeutung hat. Hier jedoch zum Vergleich die numerischen Werte bei der angegebenen Masse $m = 5\,\mathrm{kg}$:

$$\begin{aligned} F_{\mathrm{H}} &= 0{,}3 \cdot 5\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} = 14{,}72\,\mathrm{N}\,, \\ F_{\mathrm{N}} &= \sqrt{1-0{,}3^2} \cdot 5\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} = 46{,}79\,\mathrm{N}\,, \\ F_{\mathrm{R}} &= 0{,}35 \cdot 46{,}79\,\mathrm{N} = 16{,}38\,\mathrm{N}\,. \end{aligned}$$

b) Bei Bewegung wird durch Reibung Wärme erzeugt. Der Wärme‘verlust’ ist also der Energiebedarf für die Gleitreibung:

$$W = F_{\mathrm{R}} \cdot l = \mu_{\mathrm{Gleit}} \cdot \sqrt{1-n^2} \cdot m \cdot g \cdot l = 0{,}25 \cdot \sqrt{1-0{,}3^2} \cdot 5\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 2\,\mathrm{m} = 23{,}4\,\mathrm{J}\,.$$

2) a) Wir bermerken zunächst, dass die Widerstände R_2, R_3 und R_4 in Reihe geschaltet sind und insgesamt zum Widerstand R_1 parallel liegen. Also erhalten wir für den Gesamtwiderstand R:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_2 + R_4} = \frac{1}{60\,\Omega} + \frac{1}{40\,\Omega} = \frac{1}{24\,\Omega} \iff R = 24\,\Omega\,.$$

b) Bei einer Spannung $U = 72\,\mathrm{V}$ fließt dann ein Gesamtstrom

$$I = \frac{U}{R} = \frac{72\,\mathrm{V}}{24\,\Omega} = 3\,\mathrm{A}\,.$$

c) Es bezeichne wie üblich U_k, I_k die Spannung am bzw. den Stromfluss durch den Widerstand R_k.

$$U_1 = U = 72\,\mathrm{V} \implies I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{72\,\mathrm{V}}{60\,\Omega} = 1{,}2\,\mathrm{A}\,,$$

und damit $I_2 = I - I_1 = 3\,\mathrm{A} - 1{,}2\,\mathrm{A} = 1{,}8\,\mathrm{A}$. Daraus ergeben sich die Spannungsabfälle

$$\begin{aligned} U_2 &= R_2 \cdot I_2 = 10\,\Omega \cdot 1{,}8\,\mathrm{A} = 18\,\mathrm{V}\,,\\ U_3 &= R_3 \cdot I_2 = 12\,\Omega \cdot 1{,}8\,\mathrm{A} = 21{,}6\,\mathrm{V}\,,\\ U_4 &= R_4 \cdot I_2 = 18\,\Omega \cdot 1{,}8\,\mathrm{A} = 32{,}4\,\mathrm{V}\,. \end{aligned}$$