1. Am 4. Februar 1912 wollte der Tüftler Franz Reichelt mit einem selbst hergestellten, völlig **neuartigen Fallschirm** vom Eiffelturm aus einer Höhe von 57 Metern sanft zu Boden gleiten. Vor vielen Zuschauern prallte er aber schon nach 4.0 Sekunden am Boden auf. [Tot. 10 P]

Hinweis: die Aufgaben 1.1 und 1.2 sind voneinander unabhängig.

1.1 Wir untersuchen zuerst den freien Fall aus 57 m Höhe.

1.1.1 Wie lang dauert dieser freie Fall?

a) formal

$s = \frac{1}{2} a t^2 + (v_0 t)$

$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 1 P

b) numerisch

$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 57\,m}{10\,m/s^2}} = 3{,}4\,s$ 1 P

1.1.2 Wie gross ist die maximale Geschwindigkeit bei diesem freien Fall?

a) formal

$v^2 = 2as + (v_0^2)$

$v = \sqrt{2gh}$ 1 P

b) numerisch

$v = \sqrt{2 \cdot 10\,\frac{m}{s^2} \cdot 57\,m} = 34\,m/s$ 1 P

1.2 Bei dem eingangs erwähnten Sprung erreichte der Springer den Boden nach 4.0 s. Wir nehmen vereinfachend an, dass es sich dabei um eine vertikale, gleichmässig beschleunigte Bewegung ohne Anfangsgeschwindigkeit handelte.

1.2.1 Wie gross war die Beschleunigung?

a) formal

$a = \frac{2s}{t^2}$ 1 P

b) numerisch

$a = \frac{2 \cdot 57\,m}{(4\,s)^2} = 7{,}1\,\frac{m}{s^2}$ 1 P

1.2.2 Wie gross war die Geschwindigkeit beim Aufprall?

a) formal

$v = a \cdot t + (v_0)$

$= \frac{2s}{t^2} \cdot t = \frac{2s}{t}$ 1 P

b) numerisch

$v = \frac{2 \cdot 57\,m}{4\,s} = 29\,\frac{m}{s}$ 1 P

1.2.3 Wie gross war die während des Sprungs auf den Springer (Masse 70 kg) wirkende beschleunigende Kraft (nur numerisch)? 1 P

$F_{eff} = m \cdot a = 2{,}0\ kN$

1.2.4 Wie gross war während des Sprungs die bremsende Kraft des Fallschirms (nur numerisch)? 1 P

$F_{eff} = F_G - F_B$

$\underline{F_B} = F_G - F_{eff}$

$= mg - ma = \underline{1{,}3\ kN}$

2. Lara und Sven spielen im Winter auf einem **steilen, schneefreien Weg.** [Tot. 11 P]

2.1 Lara gibt einem Ball (Masse 0.60 kg) einen Schubs; dadurch erhält er die Geschwindigkeit 6.0 m/s hangaufwärts (*Figur 1*). Wir nehmen an, dass im Folgenden keine Reibung auftritt.

Figur 1

2.1.1 Welche maximale Höhe x erreicht der Ball?

a) formal 2 P

$E_{kin} = E_{pot}$

$\frac{1}{2} m v^2 = m g x$

$\underline{x = \frac{v^2}{2g}}$

b) numerisch 1 P

$\underline{x} = \frac{(6\frac{m}{s})^2}{2 \cdot 10\frac{m}{s^2}} = \underline{1{,}8\ m}$

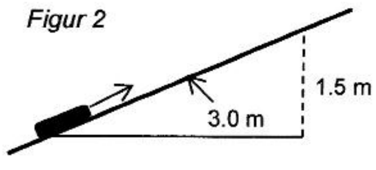
2.1.2 Mit welcher Geschwindigkeit kommt der Ball wieder bei dem in *Figur 1* eingezeichneten Ausgangspunkt seiner Bewegung an (nur numerische Lösung mit verbaler Begründung)? 1 P

mit $v = 6\frac{m}{s}$ hangabwärts.

Weil ohne Reibung die mech. Energie erhalten bleibt. (abgeschlossenes System)

2.2 Danach gibt Sven einem Eisstück (Masse 1.1 kg) einen Schubs; dadurch erhält es die Geschwindigkeit 6.0 m/s hangaufwärts (*Figur 2*). Das Eisstück bewegt sich 3.0 m weit aufwärts und erreicht eine maximale Höhe von 1.5 m.

Figur 2



2.2.1 Wie gross ist die Reibungskraft, die während des Hinaufrutschens auf das Eisstück wirkt?

a) Erklären Sie verbal Ihre Lösungsidee zur Beantwortung dieser Frage (als Tipp geben wir Ihnen die Stichwörter „Energie" und „Arbeit"). 1 P

$E_{kin} = E_{pot} + W_R$

Die kinetische Energie wandelt sich um in potentielle E und Reibungsarbeit. Reibgs.
Die Reibungsarbeit ist das Produkt von Kraft und Weg.

b) Berechnen Sie die Reibungskraft formal. F_R 2 P

$$\frac{1}{2} m v^2 = mgh + \cancel{(\mu m g \cdot s \cdot \cos\alpha)} \cdot s$$

$$F_R = \frac{mv^2 - 2mgh}{2s}$$

c) Berechnen Sie die Reibungskraft numerisch. 2 P

$$F_R = \frac{1.1\,kg \cdot (6\,\frac{m}{s})^2 - 2 \cdot 1.1\,kg \cdot 10\,\frac{m}{s^2} \cdot 1.5\,m}{2 \cdot 3\,m}$$

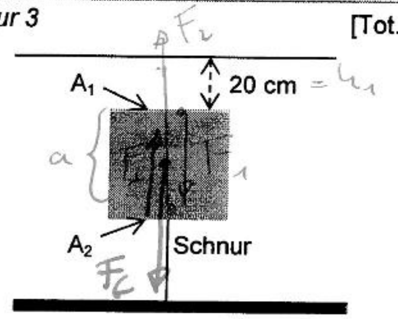
$$F_R = 1.1\,N$$

2.2.2 Die Frage ist, mit welcher Geschwindigkeit das Eisstück wieder bei dem in *Figur 2* eingezeichneten Ausgangspunkt seiner Bewegung ankommt. Es genügt, wenn Sie als verbale Antwort angeben, wie sich die *Energie* berechnen lässt, mit der das Eisstück bei dem Ausgangspunkt seiner Bewegung ankommt. 2 P

$E_{kin}'' = E_{pot} - W_R$

3. Ein Holzwürfel (Dichte 0.60 g/cm^3 der Kantenlänge 30 cm befindet sich unter Wasser (*Figur 3*); dabei liegt seine obere Fläche A_1 in 20 cm Tiefe.
Eine Schnur hält ihn in dieser Lage. [Tot. 10 P]

Figur 3



3.1 Berechnen Sie die Grösse der Gewichtskraft F_G des Würfels (nur numerisch) und zeichnen Sie die Gewichtskraft in *Figur 3* ein, beschriftet mit F_G (beachten Sie den Angriffspunkt). 2 P

$F_G = mg = \rho_H \cdot a^3 \cdot g = 0{,}6\,\frac{g}{cm^3} \cdot (30\,cm)^3 \cdot 10\,\frac{m}{s^2}$

$= 162\,N = 0{,}16\,kN$

3.2 Wie gross ist der Wasserdruck, der auf die Fläche A_1 wirkt?

a) formal 1 P

$p_1 = \rho_w \cdot g \cdot h_1$

b) numerisch 1P

$p_1 = 1000\,\frac{kg}{m^3} \cdot 10\,\frac{m}{s^2} \cdot 0{,}2\,m = 2{,}0\,kPa$

3.3 Wir betrachten die Kraft F_1, die das Wasser auf die Fläche A_1 ausübt.

3.3.1 Zeichnen Sie diese Kraft in *Figur 3* ein, beschriftet mit F_1 (beachten Sie den Angriffspunkt). 1 P

3.3.2 Wie gross ist die Kraft F_1 (nur numerisch)? 1 P

$F_1 = p_1 \cdot A_1 = p_1 \cdot a^2 = 180\,N = 0{,}18\,kN$

3.4 Wir betrachten die Kraft F_2, die das Wasser auf die Fläche A_2 in *Figur 3* ausübt.

3.4.1 Zeichnen Sie diese Kraft in *Figur 3* ein, beschriftet mit F_2 (beachten Sie den Angriffspunkt). 1 P

3.4.2 Wie gross ist die Kraft F_2 (nur numerisch)?

$F_2 = p_2 \cdot A_2 = \rho_w \cdot g \cdot (h_1 + a) \cdot \cancel{a}\,a^2 = 450\,N = 0{,}45\,kN$ 1 P

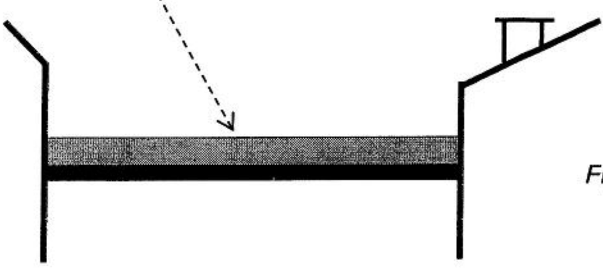
3.5 Aus den Kräften F_G, F_1 und F_2 lässt sich die Kraft F_S berechnen, mit der die Schnur am Würfel zieht.

3.5.1 Zeichnen Sie die Kraft F_S in Figur 3 ein, beschriftet mit F_S (beachten Sie den Angriffspunkt). 1 P

3.5.2 Berechnen Sie aus den Kräften F_G, F_1 und F_2 die Grösse der Kraft F_S (nur numerisch). 1 P

$F_S = F_2 - F_1 - F_G = 108\,N = 0{,}11\,kN$

4. Auf das 12 m^2 grosse, **horizontale Dach** zwischen zwei Häusern fiel vor einigen Tagen eine dicke Schicht Neuschnee (*Figur 4*) der Dichte 50 kg/m^3. [Tot. 9 P]



Figur 4

Seither ist diese Schneemenge in sich zusammen gesunken („sie hat sich gesetzt"), so dass daraus eine 11 cm hohe Schneeschicht der Dichte $2.9 \cdot 10^2$ kg/m^3 geworden ist (*Figur 4*).
Hinweis: Die Aufgaben 4.1, 4.2, 4.3 und 4.4 sind voneinander unabhängig.

4.1 Man hört in diesem Zusammenhang oft die Aussage „beim Sich-setzen wird Schnee schwer". Kommentieren Sie diese Aussage. Verbessern Sie die Formulierung, wenn Sie der Ansicht sind, dass dies nötig ist. 1 P

schwer ≙ Masse, Gewicht : ändert sich nicht
m
Dichte wird größer ($\hat{=} \frac{m}{V}$)

4.2 Wie hoch war die Schicht des frisch gefallenen Neuschnees (nur numerisch)? 1 P

$h \sim \rho \quad \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{290}{50} = 5{,}8 \quad h_1 = 5{,}8 \cdot h_2 = 63{,}8\,cm = 64\,cm$

4.3 Die in *Figur 4* betrachtete Schneeschicht hat die Temperatur -5 °C (T_1). Wie gross ist die Wärmemenge, die nötig ist, um diese Schneeschicht zu schmelzen? $T_0 = 0°C$

a) formal 2 P

$\Delta Q = c_E \cdot m \cdot \Delta T + L_f \cdot m$
$= c_E \cdot \rho_E \cdot A \cdot h_2 \cdot (T_0 - T_1) + L_f \cdot \rho_E \cdot A \cdot h_2$

b) numerisch (verwenden Sie die entsprechenden Konstanten für Eis, bzw. Wasser) 3 P

$\Delta Q = 2200 \frac{J}{kgK} \cdot 290 \frac{kg}{m^3} \cdot 12 m^2 \cdot 0{,}11 m \cdot 5K + 3{,}338 \cdot 10^5 \frac{J}{kg} \cdot 290 \frac{kg}{m^3} \cdot 12 m^2 \cdot 0{,}11 m$

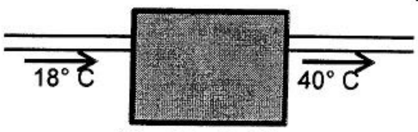
$= 1.3 \cdot 10^8 J$

4.4 An einem Wintertag scheint die Sonne intensiv. In der Nacht zuvor ist aus dem in *Figur 4* eingezeichneten Kamin Rauch und Russ entwichen; deshalb weist die Schneeschicht einige dunkle Stellen auf. Welche Folgen hat dies bei der intensiven Sonneneinstrahlung (verbale Antwort mit Begründung)? 2 P

Diese Teile schmelzen schneller, weil sie mehr Sonnenstrahlung (Energie) absorbieren, als die weißen Teile, die mehr reflektieren.

5. Um warmes Wasser für das Handwaschbecken in einem Ferienhaus zu erzeugen, wird ein **Durchlauferhitzer** verwendet (*Figur 5*): er erwärmt das einfliessende Wasser von 18 °C auf 40 °C. Dieser Durchlauferhitzer ist an 230 V angeschlossen und hat eine elektrische Leistung von 2.0 kW. [Tot. 7 P]

Figur 5



Durchlauferhitzer

5.1 Wie gross ist der elektrische Strom, der während des Betriebs durch den Durchlauferhitzer fliesst?

a) formal 1 P

$P = U \cdot I$

$I = \frac{P}{U}$

b) numerisch 1 P

$I = \frac{2000 W}{230 V} = 8{,}7 A$

5.2 Der Durchlauferhitzer kann pro Minute 1.2 Liter Wasser von 18 °C auf 40 °C erwärmen.

5.2.1 Wie gross ist die erforderliche Wärmemenge (nur numerisch)? 1 P

$\Delta Q = c_W \cdot m \cdot \Delta T = 1{,}1 \cdot 10^5 J$

5.2.2 Welcher Leistung entspricht dies (nur numerisch)? 1 P

$P' = \frac{\Delta Q}{t} = 1{,}8\,kW$

5.2.3 Wie gross ist der Wirkungsgrad des Durchlauferhitzers (nur numerisch)? 1 P

$\eta = \frac{P'}{P} = 92\,\%$

5.3 Statt eines Durchlauferhitzers könnte auch ein Boiler verwendet werden (ein Behälter, in dem eine gewisse Menge von warmem Wasser gespeichert ist).

5.3.1 Welchen wichtigen Vorteil hat ein Durchlauferhitzer gegenüber einem Boiler bei einem selten genutzten Lavabo? 1 P

Er muss kein Energie zum Halten der Temperatur aufwenden.

5.3.2 Welchen wichtigen Nachteil hat ein Durchlauferhitzer gegenüber einem Boiler? (*Tipp*: beachten Sie die bei 5.2 erwähnte Wassermenge) 1 P

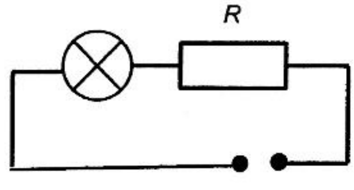
Menge an warmem Wasser ist begrenzt, bzw. es dauert länger, bis grösser Menge erzeugt wurde.

---

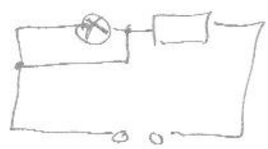
6. An einem Flohmarkt kauft Chris für seine jüngere Schwester Lara ein kleines **Puppenhaus**. „Das Puppenhaus hat sogar **Licht**, dessen Helligkeit einstellbar ist", sagt ihm der Verkäufer, „habe ich selbst eingebaut; es braucht nur eine neue 4.5 V-Batterie". [Tot. 9 P]

Zuhause zögert Chris mit dem Einsetzen der neuen Batterie – er will die elektrische Schaltung im Puppenhaus zuerst genauer anschauen. Nach einigem Suchen erkennt er die in *Figur 6* gezeichnete Schaltung. Das Glühbirnchen hat einen Widerstand von 20 Ω, die Grösse des Widerstands R lässt sich durch Drehen an einem Knopf von 0 Ω bis 30 Ω verändern. Die erwähnte 4.5 V-Batterie muss an den beiden Kontakten • angeschlossen werden.

Figur 6



6.1 „Zum Glück hat es keinen Kurzschluss in der Schaltung", sagt Chris zu Lara. Was meint er damit? Verändern Sie die *Figur 6* gezeichnete Schaltung so, dass ein „Kurzschluss" vorliegt und zeichnen Sie die veränderte Schaltung nachfolgend. 2 P



6.2 Der Widerstand von R kann zwischen 0 Ω und 30 Ω verändert werden. Bei welcher Einstellung brennt das Glühlämpchen ...

a) ... am hellsten (Antwort mit Begründung)? 1 P

$R_{Gesamt} = R_{Lampe} + R$ am kleinsten bei $R = 0$

also Strom am größten, also Leistung am größten

b) ... am wenigsten hell (Antwort mit Begründung)? 1 P

" " am größten bei $R = 30\,\Omega$

also Strom am kleinsten, also Leistung am kleinsten.

6.3 Chris stellt am Widerstand R den Wert 10 Ω ein und schliesst eine 4.5 V-Batterie an.

6.3.1 Wie gross ist der Gesamtwiderstand der Schaltung?

a) formal 1 P

$$R_G = R_L + R_{10}$$

b) numerisch 1 P

$$R_G = 20\,\Omega + 10\,\Omega = 30\,\Omega$$

6.3.2 Wie gross ist der fliessende Strom?

a) formal 1 P

$$I = \frac{U_G}{R_G} = \frac{U_G}{R_L + R_{10}}$$

b) numerisch 1 P

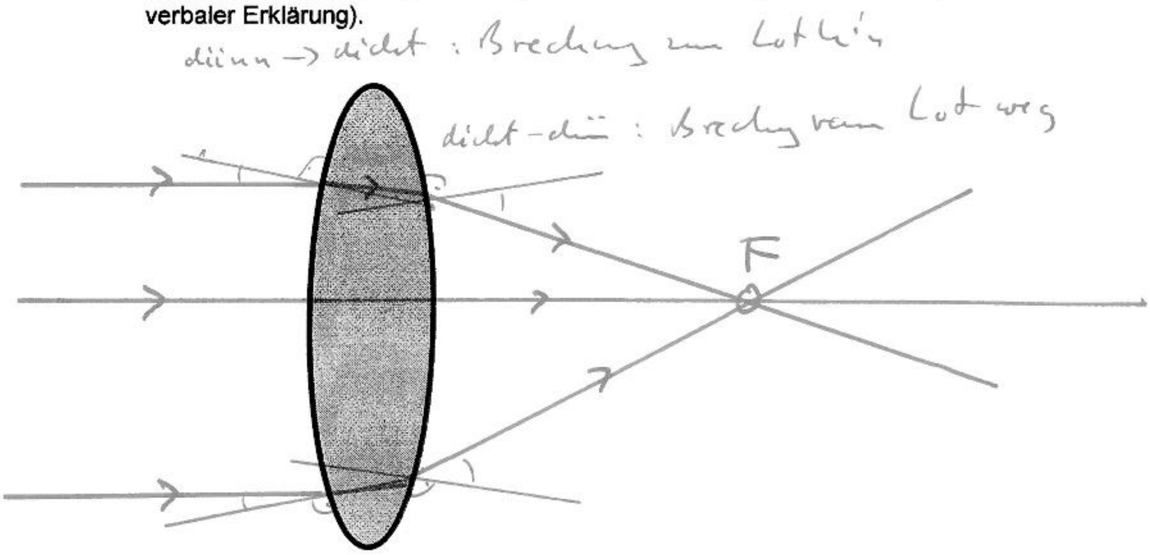
$$I = \frac{4{,}5\,V}{20\,\Omega + 10\,\Omega} = 0{,}15\,A$$

6.3.3 Wie gross ist die im Glühbirnchen erzeugte Leistung (nur numerisch)? 1 P

$$P = U \cdot I = R_L \cdot I^2 = 0{,}45\,W$$

7. *Hinweis*: die Aufgaben 7.1, 7.2 und 7.3 sind voneinander unabhängig. [Tot. 9 P]

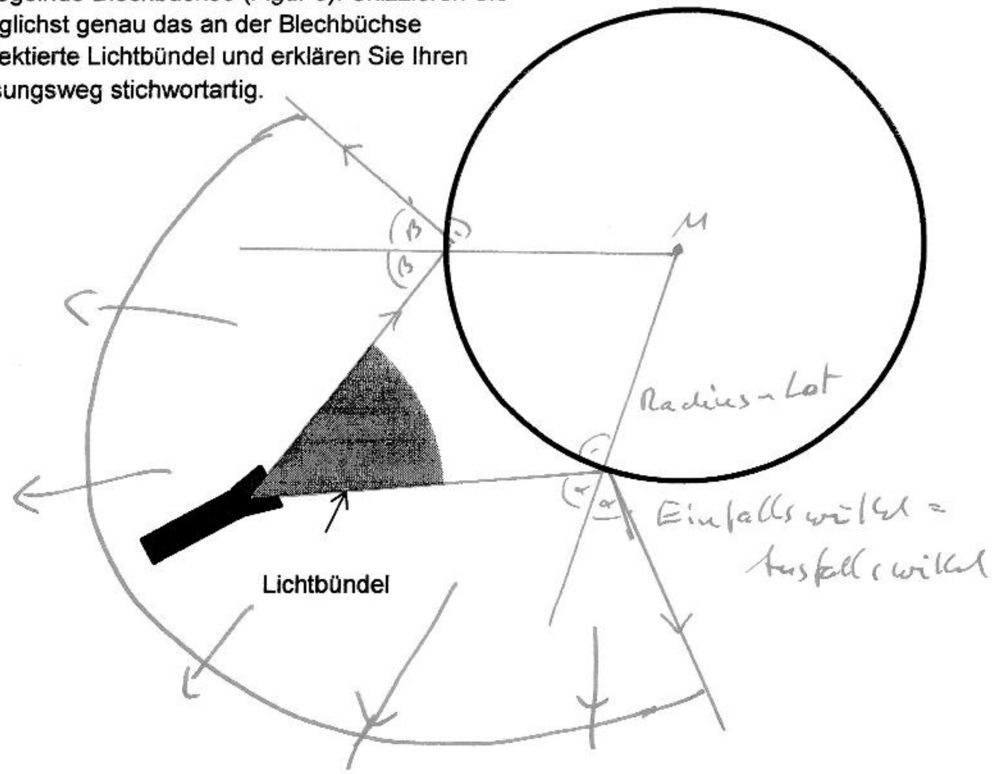
7.1 Eine Linse wie die in *Figur 7* gezeichnete, wird „Sammellinse" genannt. Erklären Sie anhand von *Figur 7*, wieso ein so geformtes Glasstück „Licht sammelt" (Skizze mit verbaler Erklärung). 3 P



Figur 7

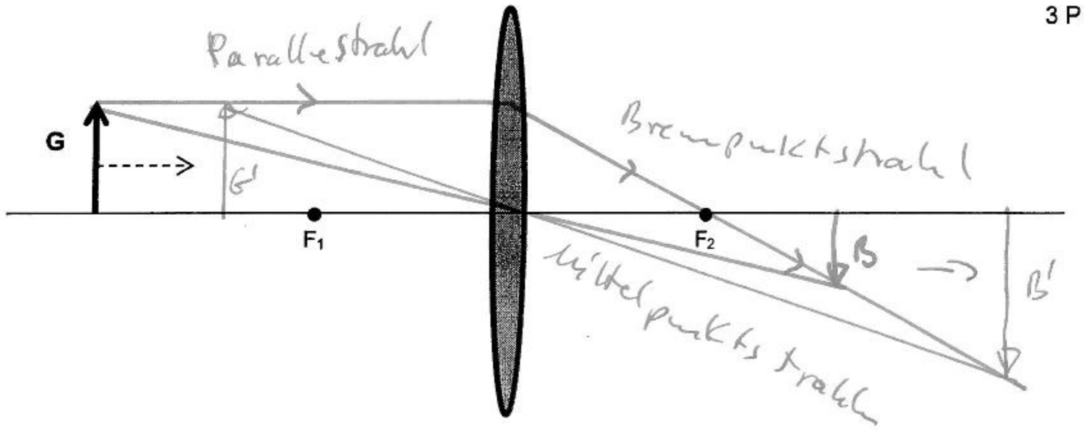
7.2 Das Lichtbündel einer Taschenlampe fällt auf eine spiegelnde Blechbüchse (*Figur 8*). Skizzieren Sie möglichst genau das an der Blechbüchse reflektierte Lichtbündel und erklären Sie Ihren Lösungsweg stichwortartig. 3 P

Figur 8
Blechbüchse von oben



7.3 Der Gegenstand **G** nähert sich der Sammellinse in *Figur 9*. Wie ändert sich dabei die Grösse des von der Sammellinse erzeugten Bildes? Beantworten Sie diese Frage unter Verwendung von *Figur 9* und geben Sie die nötigen verbalen Begründungen. (F_1 und F_2 sind die Brennpunkte)

3 P



Figur 9

Wenn sich G nähert, entfernt sich B.