

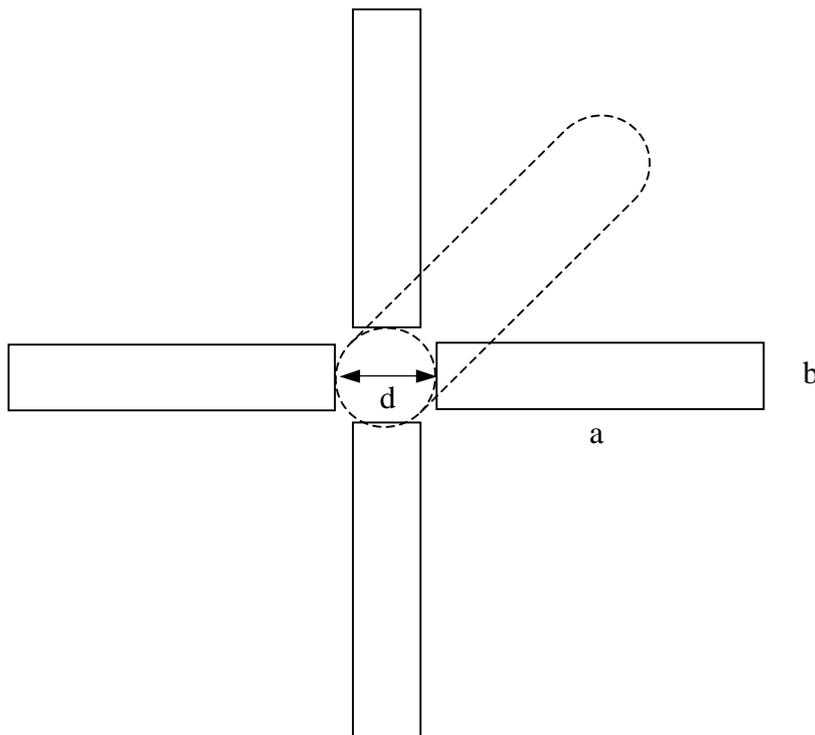
### Aufgabe 1: (6 Punkte)

Aus einer Kanone (Masse 5 t) wird eine Kugel abgeschossen. Die Kugel habe eine Masse von 50 kg und eine Geschwindigkeit von 200 m/s direkt nach dem Abschuss. Der Abschusswinkel betrage  $30^\circ$  gegenüber der Horizontalen. Vernachlässigen Sie die Höhe der Kanone und Luftreibung.

- a) Welche Weite erreicht die abgeschossene Kugel?  
(1.5 Punkte)
- b) Leiten Sie den Winkel her, den man einstellen muss, so dass die Weite maximal wird. Wie weit fliegt die Kugel dann?  
(1.5 Punkte)
- c) Die Kanone stehe auf Gleisen, die einen Hügel hinaufführen. Welche Höhe erreicht die Kanone nach dem Abschuss der Kugel (Abschusswinkel  $30^\circ$ ), wenn sie sich reibungsfrei bewegt? (2 Punkte)
- d) Statt der Rampe wird ein Rammbock verwendet, der die Kanone (Abschusswinkel  $30^\circ$ ) innerhalb von 0,1s mit konstanter Kraft abbremst. Welche Kraft muss der Rammbock aushalten, wenn er sich nicht bewegt und die Kanone danach still steht?  
(1 Punkt)

## Aufgabe 2: (6 Punkte)

Ein Ventilator bestehe vereinfachend aus einer zylinderförmigen Achse und vier identischen quaderförmigen Flügeln (siehe Skizze). Die Achse habe den Durchmesser  $d = 4 \text{ cm}$  und die Masse  $m_A = 100 \text{ g}$ . Die Flügel haben jeweils die Masse  $m_F = 10 \text{ g}$ , die Länge  $a = 10 \text{ cm}$  und die Breite  $b = 3 \text{ cm}$  und die Dicke  $c = 5 \text{ mm}$ . Zu Beginn rotiere der Ventilator mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega_1 = 5 \frac{1}{s}$ . Vernachlässigen Sie im Folgenden die Effekte von Luftreibung und Gravitation.

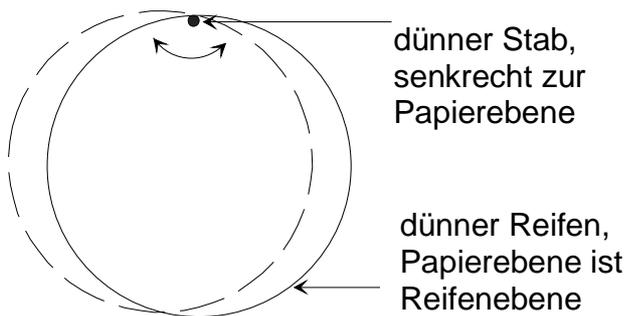


- Berechnen Sie das Trägheitsmoment  $J_1$  der gesamten Anordnung bezüglich ihrer Symmetrieachse. Gehen Sie dabei von homogenen Massenverteilungen in den einzelnen Komponenten aus. (2 Punkte)
- Eine (ziemlich dicke) Hummel trifft nun mit vernachlässigbarer Geschwindigkeit genau auf den äußeren Rand eines der Flügel und bleibt dort haften. Dadurch verringert sich die Winkelgeschwindigkeit auf  $\omega_2 = 4,5 \frac{1}{s}$ . Berechnen Sie die Masse  $m_H$  der Hummel. (2 Punkte)
- Welches Drehmoment  $M$  muss der Motor liefern, um den Ventilator innerhalb von  $t = 3 \text{ s}$  auf die alte Winkelgeschwindigkeit  $\omega_1$  zu beschleunigen? Welche Energie  $E$  wird dazu benötigt (Vernachlässigen Sie innere Reibung und Trägheitsmoment des Motors)? (2 Punkte)

### Aufgabe 3: (6 Punkte)

Ein dünner Reifen mit Radius  $R = 0,60 \text{ m}$  hänge so an einem dünnen waagerechten Stab, dass der Reifen in der Reifenebene schwingen kann (siehe Skizze).

- a) Berechnen Sie die Schwingungsdauer  $T$  des Reifens. (1,5 Punkte)



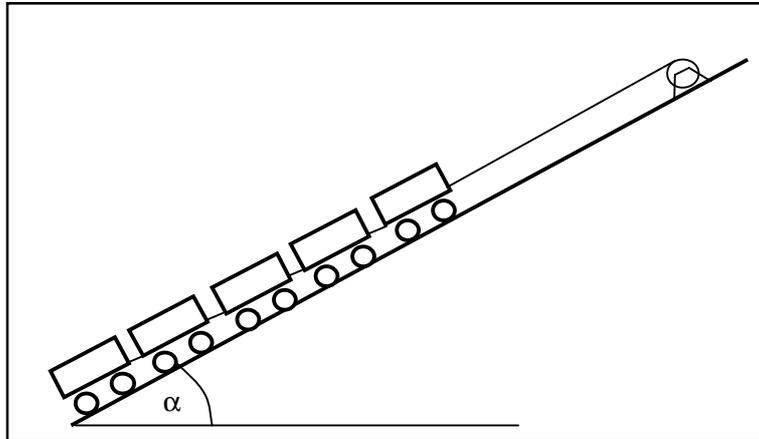
- b) Ein physisches Pendel der Masse  $m$  schwinde mit einer Schwingungsdauer  $T$  um eine Drehachse  $D_1$ . Der Abstand zwischen der Drehachse  $D_1$  und dem Schwerpunkt  $S$  des Pendels sei  $a_1$ . Auf der anderen Seite des Schwerpunktes  $S$  soll auf der verlängerten Verbindungslinie von  $D_1$  und  $S$  ein Drehpunkt  $D_2$  (im Abstand  $a_2$  vom Schwerpunkt) liegen, für den die gleiche Schwingungsdauer  $T$  ermittelt wird. Fertigen Sie eine Skizze an, welche den Sachverhalt darstellt und bestimmen sie das Trägheitsmoment  $J_S$  des Pendels bezüglich einer Drehachse durch den Schwerpunkt in Abhängigkeit von  $a_1$ ,  $a_2$  und der Masse  $m$  des Pendels (Die Drehachse durch den Schwerpunkt soll parallel zu den Drehachsen durch die Aufhängepunkte sein. Tipp: Berechnen Sie zuerst einen Ausdruck für die Schwingungsdauern  $T_1=T_2$ ).  
(2,5 Punkte)
- c) Geben sie den Abstand der beiden Drehpunkte  $d = a_1 + a_2$  in Abhängigkeit der Schwingungsdauer  $T$  an (in der Form:  $d = a_1 + a_2 = f(T)$ )  
(2 Punkte)

## Aufgabe 4: (6 Punkte)

Der Jupitermond Kallisto braucht zum Umlauf um seinen Planeten auf einer kreisförmigen Bahn ( $R = 1,88 \cdot 10^6$  km) eine Zeit von 16 Tagen und 17 Stunden.

- a) Berechnen Sie mit diesen Angaben die Masse des Jupiter.  
(1 Punkt)
- b) Leiten Sie eine Formel für die Schwerebeschleunigung  $g$  in Abhängigkeit des Abstands  $r > D/2$  vom Mittelpunkt des Jupiter her. Welche Schwerebeschleunigung ergibt sich auf der Oberfläche des Planeten, wenn sein Durchmesser  $D = 1,43 \cdot 10^5$  km beträgt.  
(1 Punkt)
- c) Fred vom Jupiter würde mit seinem Raumschiff ( $m = 10$  t) gerne von der Planetenoberfläche einen Ausflug zum Mond Kallisto machen. Welchen Schub (Kraft) benötigt sein Raumschiff, um von der Planetenoberfläche zu starten? Wie viel Arbeit muss das Raumschiff aufbringen, um Kallisto zu erreichen? Die Gravitationskraft, die Kallisto auf das Raumschiff ausübt, können Sie dabei vernachlässigen.  
(1,5 Punkte)
- d) Fred behält den Schub, der für den Start erforderlich war, bei. Bei welcher Höhe  $h$  hat er eine ausreichende Geschwindigkeit, damit er das Triebwerk abschalten kann und Kallisto gerade noch erreicht? Die Gravitationskraft, die Kallisto auf das Raumschiff ausübt, können Sie dabei wieder vernachlässigen.  
(1 Punkt)
- e) Wenn man die Gravitation von Kallisto berücksichtigt, passiert Fred auf seinem Weg einen Punkt, an dem die Anziehung von Kallisto und Jupiter gerade gleich stark und das Raumschiff damit kraftfrei ist. In welchem Abstand  $a$  vom Mittelpunkt des Jupiter befindet sich dieser Punkt? Nehmen Sie für die Masse von Kallisto  $1,076 \cdot 10^{23}$  kg an.  
(1,5 Punkte)

### Aufgabe 5: (6 Punkte)



In einem Bergwerk werden Loren mit jeweils 1 t Gesamtgewicht durch eine Seilwinde eine Rampe mit  $30^\circ$  Steigungswinkel hinaufgezogen.

- Welchen Durchmesser muss ein Stahlseil haben, das 5 solche Loren gleichzeitig ziehen kann, und bei dem eine 5-fache Sicherheit für die Belastung eingehalten wird? (2 Punkte)
- Um wieviel cm dehnt sich das Seil unter der Last von 5 Loren bei der Anfahrt, wenn die unbelastete Seillänge 500 m ist? (1 Pkt.)
- Bei dieser vollen Länge von 500 m setzt sich die Winde ruckartig in Bewegung. Mit welcher Frequenz führen die 5 Loren eine Längsschwingung am Seil aus? (Tipp: Seil als Feder betrachten, Federkonstante ermitteln) (1 Pkt)

Daten Stahlseil: E-Modul =  $200\,000\text{ N/mm}^2$ , Zugfestigkeit  $\sigma_B = 900\text{ N/mm}^2$

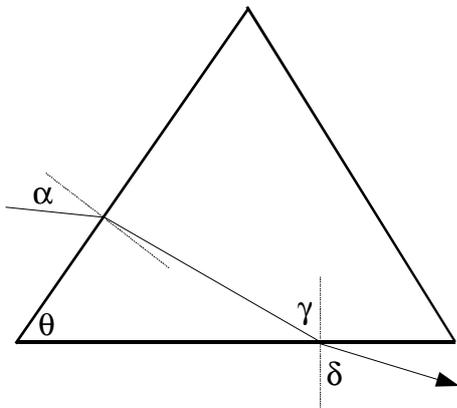


- Bei einem Flugzeug vom Typ DC-8 strömte die Luft an der Tragfläche oben um 15% schneller vorbei als unten. Dieses Flugzeug hat eine Spannweite von 42,5 m und eine mittlere Tragflächenbreite von 7 m, sowie ein Gesamtgewicht von 130 t. Welche Startgeschwindigkeit müsste das Flugzeug mindestens haben, wenn man annimmt, dass der gesamte Auftrieb nur durch den Staudruck zustande käme (und den Impulsübertrag der Luft aufgrund des Anstellwinkels vernachlässigt)? (2 Punkte)

### Aufgabe 6: (6 Punkte)

Für die Fußballweltmeisterschaft sollen Sie die Optik eines selbstgebauten Projektors entwerfen, der Fußballspiele auf eine 3 m große und 10 m entfernte Leinwand übertragen soll. Die Bildquelle soll ein Taschenfernseher sein (z.B. ein Handy-Display). Mit einer ersten Linse soll eine 1:1 Abbildung erfolgen, mit einer zweiten Linse soll das Zwischenbild vergrößert auf die Leinwand projiziert werden.

- a) Skizzieren Sie die Anordnung. Welche Brennweite muss die zweite Linse haben, wenn der Abstand beider Linsen 10 cm beträgt und der Taschenfernseher einen Abstand von 5 cm zur ersten Linse haben soll? Wie groß ist das Bild auf dem Taschenfernseher? (2 Punkte)



In einem raffinierten Fernglas des Militärausrüsters Tchibo gibt es folgende Anordnung mit einem Prisma (siehe die schematische Skizze): Das Licht fällt auf ein Kunststoffprisma mit  $n = 1,8$ . Der Eintrittswinkel  $\alpha$  beträgt  $15^\circ$ , der Austrittswinkel  $\delta$  beträgt  $50^\circ$ .

- b) Welchen Prismenwinkel  $\theta$  hat dieses Prisma? (2 Punkte)
- c) Konstruieren Sie den Strahlengang mit ausgezeichneten Strahlen auf dem Beiblatt. Beantworten Sie folgende Fragen: Wo entsteht ein Bild? Wie groß ist es? Um was für ein Bild handelt es sich? (2 Punkte)