

## Aufgaben zur Mechanik der starren Körper

### 1. Aufgabe ME\_A

Wer geniesst bei einer Direktübertragung ein Konzert früher, ein Besucher im Saal in  $62\text{ m}$  Abstand vom Orchester oder ein Radiohörer auf der gegenüberliegenden Seite der Erde?

Das Mikrofon ist  $18\text{ m}$  vom Orchester entfernt aufgestellt; die Laufzeiten der elektrischen Signale in Sender und Empfänger sind vernachlässigbar. Schallgeschwindigkeit in Luft  $340\text{ m/s}$ , Geschwindigkeit der Radiowellen = Lichtgeschwindigkeit  $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$ , Erdradius  $r_0 = 6371\text{ km}$ .

### 2. Aufgabe ME\_A

Ein Auto fährt die Strecke  $3,2\text{ km}$  innerorts mit  $48\text{ km/h}$ , anschliessend dieselbe Strecke ausserorts mit  $80\text{ km/h}$ .

- Das *v-s-Diagramm* der ganzen Bewegung und
- das entsprechende *v-t-Diagramm* sind quantitativ richtig darzustellen.
- Wie gross ist die mittlere Geschwindigkeit für die ganze Strecke?

### 3. Aufgabe ME\_A

In einer Autoreklame liest man: „Beschleunigung von  $0$  auf  $100\text{ km/h}$  in  $11$  Sekunden.“

- Für die Anfahrzeit trage man  $v = f(t)$  im selben Koordinatensystem ( $v$  in  $\text{m/s}$ ) auf unter der Annahme:
  - dass die Bewegung in der ganzen Zeit gleichmässig beschleunigt erfolge,
  - dass sie bis zum Erreichen von  $21\text{ m/s}$  in  $7,0\text{ s}$  gleichmässig beschleunigt verlaufe und die darauf folgenden zusammengehörigen Werte von  $t$  und  $v$  der tabellarischen Zusammenstellung

$t$	8	9	10	11	$s$	
$v$	23,8	25,8	27,2	27,8	$\text{m/s}$	

entsprechen.

- Von  $7\text{ s}$  bis  $11\text{ s}$  ist die Geschwindigkeitskurve durch die entsprechenden Sehnenabschnitte zu ersetzen!

- In welchen Fällen (1) oder (2) ist die Anfahrstrecke länger?
- Berechnen Sie die Anfahrstrecke (auf ganze  $\text{m}$  genau) in beiden Fällen, für (2) je mit Benutzung der mittleren Geschwindigkeit in der  $8., 9., 10.$  und  $11.$  Sekunde.
- Wie gross sind die Beschleunigung in (1) und in (2) während der ersten  $7\text{ s}$  und die mittlere Beschleunigung in (2) in der  $11.$  Sekunde?

Lösungsangaben:

c)  $153\text{ m}, 175\text{ m}$   
d)  $2,53\text{ m/s}^2, 3,0\text{ m/s}^2$   
 $0,6\text{ m/s}^2$

#### 4. Aufgabe ME\_A

Ein Rennwagen durchfährt zwischen zwei Haarnadelkurven eine Strecke  $s_0 = 120 \text{ m}$ , wobei Anfangs- und Endgeschwindigkeit annähernd gleich Null seien. Die als konstant angesehene Beschleunigung ist  $a_B = 2,5 \text{ m/s}^2$ , die ebenfalls als konstant vorausgesetzte Verzögerung ist  $a_V = -5,0 \text{ m/s}^2$ .

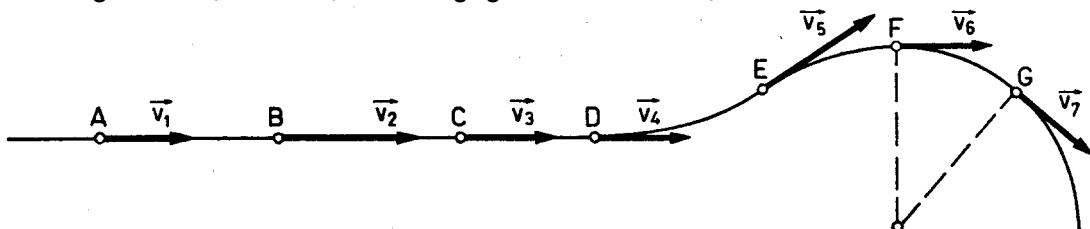
- Welche Zeit  $\tau_0$  benötigt der Wagen für die Strecke  $s_0$ ?
- Welche Höchstgeschwindigkeit erreicht er auf dieser Strecke?

Lösungsangaben:

a) 12 s, b) 20 m/s

#### 5. Aufgabe ME\_A

Ein Fahrzeug bewegt sich auf der Bahn AG der Abbildung und benötigt für alle Teilstücke  $AB, BC, \dots, FG$  dieselbe Zeit  $\Delta t$ . Für die Geschwindigkeitsbeträge in den Punkten A, B, C, D, E, F und G gilt  $v_1 = v_3 = v_4 = v_6 = v_7$ , hingegen  $v_2 > v_1$  und  $v_5 > v_4$ .

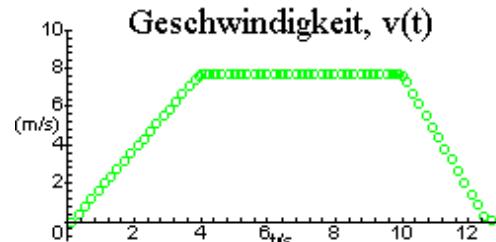


- Konstruieren Sie für jeden dieser Zeitabschnitte die vektorielle Änderung  $\Delta \vec{v}$  der Geschwindigkeit.
- Was ist für die Stücke CD und FG über den Betrag  $\Delta v$  und den Vektor  $\Delta \vec{v}$  auszusagen?
- Auf welchen von sämtlichen Teilstücken existiert eine mittlere Beschleunigung, wo keine?

#### 6. Aufgabe ME\_A

Es ist ein  $v-t$ -Diagramm gemäss der Abbildung nebenan gegeben.

Zeichnen Sie in darunter liegenden „Etagen“ die zugeordneten  $s-t$ - und  $a-t$ -Diagramme!



#### 7. Aufgabe ME\_A

Ein elektrischer Triebwagen von  $126 \text{ km/h}$  Geschwindigkeit wird bei einer Schnellbremsung längs eines horizontalen Bremsweges von  $650 \text{ m}$  zum Stillstand gebracht.

- Berechnen Sie die als konstant anzunehmende Beschleunigung,
- die Zeit für den ganzen Bremsweg
- und die Geschwindigkeiten nach  $100 \text{ m}$  und nach  $400 \text{ m}$  Bremsweg!

Lösungsangaben:

a)  $-0,94 \text{ m/s}^2$ , b) 37 s  
c) 32,2 m/s, 21,7 m/s

### 8. Aufgabe ME\_A

Ein erster Körper wird mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  vertikal in die Höhe geschleudert. Im selben Moment beginnt ein zweiter Körper aus derjenigen Höhe  $h_S$ , die der erste erreichen wird, frei zu fallen.

- Wie gross ist  $h_S$ ,
- und in welcher Höhe ausgedrückt als Bruchteil von  $h_S$  begegnen sich die beiden Körper?

### 9. Aufgabe ME\_A

Die Sichtweite bei einer Autofahrt beträgt  $s_S = 100 \text{ m}$ . Die Reaktionszeit  $\tau_R = 0,5 \text{ s}$ , und die als konstant anzunehmende Bremsverzögerung  $a = -4,0 \text{ m/s}^2$ .

- Wie gross darf die Geschwindigkeit höchstens sein, wenn ein Auffahren auf ein ruhendes Hindernis vermieden werden soll?
- Skizzieren Sie das  $a$ - $t$ -, das  $v$ - $t$ - und das  $s$ - $t$ -Diagramm!

Lösungsangaben: 26 m/s

### 10. Aufgabe ME\_A

Um die Tiefe eines Brunnens zu bestimmen, lässt man einen Stein fallen und misst die Zeit bis man den Aufschlag hört.

- Wie tief ist ein Brunnen bei dem eine Zeitspanne von  $3,00 \text{ s}$  gemessen wurde, wenn mit einer Schallgeschwindigkeit von  $340 \text{ m/s}$  gerechnet wird?
- Wie lange ist der Schall unterwegs, wie lange der Stein?

Lösungsangaben: 41 m, 120 ms, 2,88 s

### 11. Aufgabe ME\_A

Zwei Körper lässt man im selben Moment längs derselben vertikalen Geraden aus den Höhen  $h_A = 49 \text{ cm}$  und  $h_B = 100 \text{ cm}$  auf eine Unterlage frei fallen. Beim Auftreffen des ersten der beiden Körper beginnt die Unterlage sich mit einer konstanten Beschleunigung in horizontaler Richtung zu bewegen.

- Welchen Abstand haben die Einschlagstellen, wenn die Beschleunigung der Unterlage gleich gross gewählt wird wie die Fallbeschleunigung  $g$ ?
- In welcher Form hängt das Resultat von der Fallbeschleunigung ab?

Lösungsangaben: 9 cm

### 12. Aufgabe ME\_A

Auf einer Autobahn fahren zwei Wagen mit einer Geschwindigkeit von  $v_0 = 130 \text{ km/h}$  hintereinander her. Der vordere Wagen hat etwas abgefahren Reifen und erreicht eine Bremsverzögerung von  $a_v = -7,0 \text{ m/s}^2$ , der hintere hat neue Reifen und erreicht eine Bremsverzögerung von  $a_h = -4,0 \text{ m/s}^2$ . Der vordere Wagen beginnt bei  $t = 0$  mit konstanter Verzögerung zu bremsen. Nach  $\tau = 1,6 \text{ s}$  beginnt auch der hintere Wagen mit seiner konstanten Verzögerung zu bremsen.

- Wie lange dauert der Bremsvorgang jeweils?
- Wie gross muss der Abstand der Wagen bei  $t = 0$  mindestens gewesen sein, damit es nicht zum Auffahrungsfall kommt?

Anmerkung: Offensichtlich ist die Fahrbahn trocken. Sonst würde der Wagen mit den abgefahrenen Reifen nicht besser bremsen als der mit den neuen Reifen. Die Bodenhaftung des abgefahrenen Reifens ist besser, weil er mehr mikroskopische Berührungsstellen mit der

Strasse hat als ein profiliertes Reifen. Das gilt nur, solange sich kein Flüssigkeitsfilm zwischen Reifen und Strasse befindet. Das Profil in den Reifen hat den Sinn, z.B. das Wasser unter den Stollen zu verdrängen und durch die Rillen abzuleiten. Für Gummireifen auf der Strasse ist die Reibungskraft abhängig von der Auflagefläche, im Gegensatz zur Reibung zwischen starren Körpern.

Lösungsangaben:

- a) 5,16 s, 9,03 s
- b) 128 m

### 13. Aufgabe ME\_A

Eine Rakete wird am Erdort A abgeschossen und erreicht den Erdort B, der, längs der Sehne gemessen, 750 km von A entfernt ist. Der Elevationswinkel betrage  $45^\circ$  gegenüber der Sehne. Für Erdradius und Schwerbeschleunigung rechne man mit den Näherungswerten 6370 km und  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

- a) Welche vereinfachenden Annahmen werden getroffen, wenn die Bahnkurve nach der bekannten Gleichung des schießen Wurfes behandelt wird?
- b) Wie gross sind die Anfangsgeschwindigkeit und die von A bis B benötigte Zeit?
- c) Wie hoch liegt der Scheitel der Bahn über der Sehne, wie hoch über dem Erdboden (bzw. Ozean)?

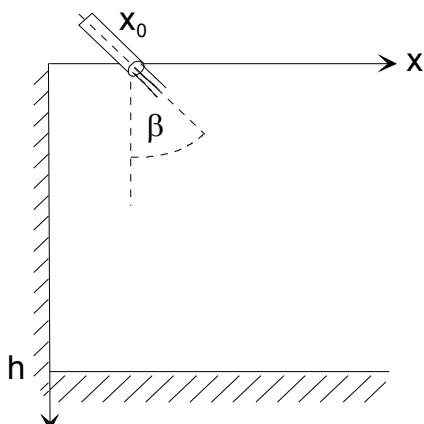
Lösungsangaben:

- b) 2,71 km/s, 391 s
- c) 188 km, 177 km

### 14. Aufgabe ME\_A

Aus einem Wasserspeier fliesst Regenwasser mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 0,8 \text{ m/s}$  unter einem Winkel  $\beta = 60^\circ$  gegenüber der Vertikalen ab. Der Ausfluss befindet sich in der Höhe  $h = 12 \text{ m}$  über dem Erdboden und in der Entfernung  $x_0 = 0,75 \text{ m}$  von der Gebäudewand.

- a) In welcher Entfernung von der Gebäudewand trifft das Wasser am Erdboden auf?
- b) Wie gross ist die Auftreffgeschwindigkeit?
- c) Unter welchem Winkel  $\gamma$ , gemessen gegen die Vertikale, trifft der Wasserstrahl am Erdboden auf?



Lösungsangaben:

- a) 1,8 m, b) 15,4 m/s
- c)  $2,58^\circ$

### 15. Aufgabe ME\_A

Ein Zeichenstift eines x-y-Schreibers befindet sich zur Zeit  $t = 0$  an der Stelle  $(0,0)$ . Zu diesem Zeitpunkt beträgt seine Geschwindigkeit in x-Richtung  $v_{0x} = 5,0 \text{ m/s}$ , in y-Richtung  $v_{0y} = 2,5 \text{ m/s}$ , die konstante Beschleunigung in x-Richtung ist  $a_x = -3,0 \text{ m/s}^2$  in y-Richtung ist sie Null.

- a) Skizzieren Sie den Verlauf der Spitze in der x-y-Ebene!
- b) Nach welcher Zeit  $\tau_K$  kreuzt der Zeichenstift das erste Mal wieder die y-Achse?
- c) Wie gross ist zu diesem Zeitpunkt seine Geschwindigkeit  $\vec{v}_K$ ?
- d) Berechnen Sie den Winkel, den die Geschwindigkeit  $\vec{v}_K$  mit der x-Richtung einschliesst!

Lösungsangaben: b) 3,3 s, c)  $\begin{pmatrix} -5,0 \\ 2,5 \end{pmatrix} \text{ m/s}$  d)  $153,4^\circ$

### 16. Aufgabe ME\_A

Ein Flugzeug, dessen Geschwindigkeit relativ zur umgebenden Luft  $v_F = 720 \text{ km/h}$  beträgt, soll den Kurs von A nach B innehalten.

In welche Richtung ( $\beta$ ) ist die Flugzeulgängsachse zu stellen, und wie gross wird die resultierende Geschwindigkeit  $\vec{v}$  des Flugzeuges, wenn ein Wind  $\vec{v}_w$  von der Stärke  $v_w = 120 \text{ km/h}$  weht, dessen Richtung mit der Richtung AB den Winkel  $\alpha = \{45^\circ, 90^\circ, 135^\circ\}$  einschliesst?

Lösungsangaben:

- 6,77 °, 800 km/h
- 9,6 °, 710 km/h
- 6,77 °, 630 km/h

### 17. Aufgabe ME\_A

Ein Zug bewege sich mit  $120 \text{ km/h}$ , ein Auto mit  $90 \text{ km/h}$ .

Konstruieren Sie die Relativgeschwindigkeit des Zuges gegenüber dem Auto und berechnen Sie ihren Betrag für die drei Fälle:

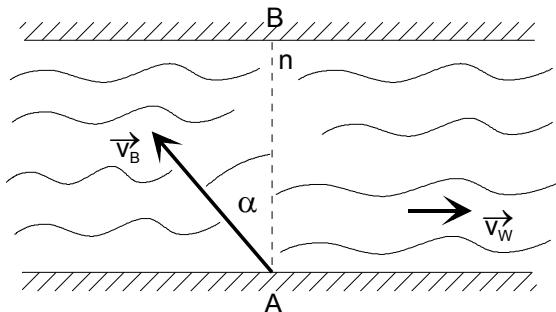
- Geleise und Strasse parallel, gleiche Fahrtrichtungen;
- Geleise und Strasse parallel, entgegengesetzte Fahrtrichtungen;
- die Strasse kreuzt den Bahndamm normal in einer Unterführung (Geschwindigkeit in derselben Horizontalebene annehmen).
- Wie gross ist in allen drei Fällen die Entfernung nach 10 Sekunden, wenn die Frontlinie der beiden Fahrzeuge zur Zeit  $t = 0$  an derselben Stelle waren?

Lösungsangaben:

- a) 30 km/h, b) 210 km/h
- c) 150 km/h
- d) 83 m, 583 m, 416 m

### 18. Aufgabe ME\_A

Schrägfahrt eines Bootes über einen Fluss;  $v_B = \text{Bootsgeschwindigkeit}$  relativ zum Wasser,  $v_w = \text{Strömungsgeschwindigkeit}$  des Wassers relativ zum Ufer,  $n = \text{Normale}$  zum Ufer,  $v_B = 6,0 \text{ m/s}$ ,  $v_w = 2,0 \text{ m/s}$  und  $\alpha = 40^\circ$ .



- Konstruieren und berechnen Sie die Relativgeschwindigkeit des Bootes gegenüber dem Ufer!
- Wie gross müsste der Winkel  $\alpha$  gewählt werden, damit das Schiff den Fluss in Richtung von n überquerte?

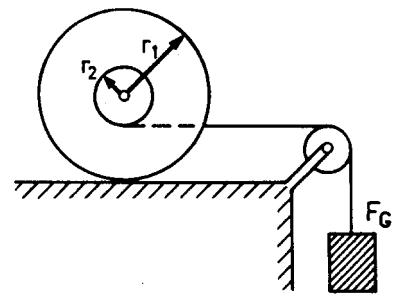
Lösungsangaben:

- a) 4,96 m/s, 22°
- b) 19,5 °

### 19. Aufgabe ME\_A

Der skizzierte Rotationskörper wird mit dem stets horizontal wirkenden Zugfaden gleitfrei über die horizontale Unterlage bewegt.

- Wie lässt sich bei einer Bewegung der Vorrichtung der Weg des Gewichtes  $F_G$  durch den Drehwinkel  $\varphi$  des Rotationskörpers und seine beiden Radien  $r_1$  und  $r_2$  ausdrücken?
- Um welchen Winkel hat sich der Rotationskörper in der Zeit  $\Delta t = 2 \text{ s}$  gedreht, wenn sich in dieser Zeit die Geschwindigkeit des Antriebgewichtes  $F_G$  von  $v_A = 0,6 \text{ m/s}$  auf  $v_B = 1,8 \text{ m/s}$  gleichmässig beschleunigt geändert hat  $r_1 = 45 \text{ cm}$ ,  $r_2 = 15 \text{ cm}$ ?

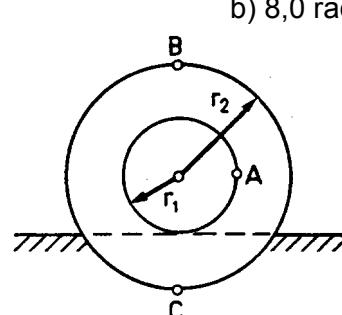


Lösungsangaben:

### 20. Aufgabe ME\_A

Das zusammengesetzte Rad in der skizzierten Abbildung rollt ohne zu gleiten im Uhrzeigersinn und macht 20 Umdrehungen pro Minute. Die Radien betragen  $r_1 = 6,0 \text{ cm}$ ,  $r_2 = 15 \text{ cm}$ .

Berechnen Sie für die Punkte A, B und C die Geschwindigkeiten nach Betrag und Richtung!



Lösungsangaben:

b) 8,0 rad  
17,8 cm/s, 44 cm/s  
18,8 cm/s

### 21. Aufgabe ME\_A

Ein Rad rotiert anfänglich mit der momentanen Winkelgeschwindigkeit  $40 \text{ s}^{-1}$ . Die konstante Winkelbeschleunigung beträgt  $-5,0 \text{ s}^{-2}$ .

- Nach welcher Zeit steht das Rad still?
- Wie gross ist die Anzahl Umdrehungen, die das Rad ausführt, bis seine Winkelgeschwindigkeit noch die Hälfte des Anfangswertes beträgt?
- Welcher Winkel wird im Ganzen bis zum Stillstand überstrichen (im Bogen und im Gradmass)?

Lösungsangaben:

a) 8,0 s, b) 19  
c) 160 rad, 9167 °

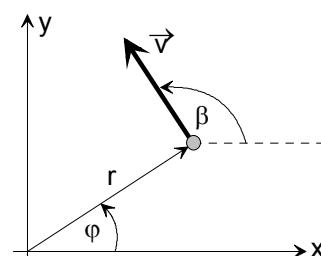
### 22. Aufgabe ME\_A

Eine Schraubenmutter an einem rotierenden Rad bewegt sich auf einem Kreis (Radius  $r$ ) in vertikaler Ebene. Der überstrichene Winkel lässt sich als Funktion der Zeit folgendermassen beschreiben:  $\varphi(t) = \frac{\alpha}{2} \cdot t^2 + \omega_0 \cdot t + \varphi_0$ .

Zur Zeit  $t_1$  löst sich beim Winkel  $\varphi_1$  die Mutter vom Rad.

- Wie gross sind die konstante Winkelbeschleunigung  $\alpha$  und die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_1$  zur Zeit  $t_1$ ?
- Welche Gesamtbeschleunigung  $a_1$  hat die Mutter unmittelbar vor dem Ablösen?
- Bestimmen Sie den Ort  $(x_1, y_1)$  und die Geschwindigkeit unter Angabe der Richtung ( $v_1$  und  $\beta_1$ ) bei der anschliessenden Wurfbewegung!

$$r = 10 \text{ cm}, t_1 = 2,0 \text{ s}; \varphi_1 = 7500^\circ; \varphi_0 = 90^\circ; n_0 = 5,0 \text{ s}^{-1}$$



Lösungsangaben:

a)  $33 \text{ s}^{-2}, 98 \text{ s}^{-1}$   
b)  $9,6 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2$   
 $\begin{pmatrix} 5,0 \\ 8,66 \end{pmatrix} \text{ cm}, 9,8 \text{ m/s}, 30^\circ$

### 23. Aufgabe ME\_A

Ein Zug fährt auf einer kreisförmigen Strecke mit dem Krümmungsradius  $r = 1200 \text{ m}$  gleichmäßig beschleunigt an. Zur Zeit  $t_1 = 90 \text{ s}$  beträgt der Momentanwert der Winkelgeschwindigkeit  $\omega_1 = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

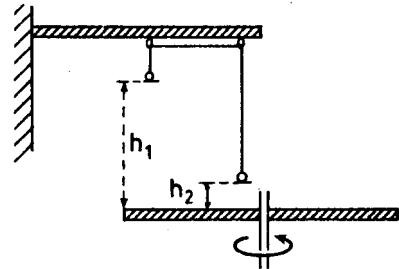
- Wie gross ist zur Zeit  $t_2 = 150 \text{ s}$  die Winkelbeschleunigung  $\alpha$ , die Radial-, die Bahn- und die resultierende Beschleunigung?
- Skizzieren Sie für den Zeitpunkt  $t_2$  die Vektorsituation für die Bahngeschwindigkeit und die verschiedenen Beschleunigungen!

Lösungsangaben:

$$\begin{aligned} \text{a)} & 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-2} \\ & 0,52 \text{ m/s}^2, 0,55 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

### 24. Aufgabe ME\_A

Zur Bestimmung der Fallbeschleunigung wird der folgende Versuch ausgeführt: Zwei Gewichte hängen über dem gleichen Radius einer horizontalen Scheibe in den Höhen  $25 \text{ cm}$  und  $9,0 \text{ cm}$  an beiden Enden eines Fadens, welcher durch zwei Ösen gezogen ist. Lässt man nun die Scheibe mit einer Drehzahl von  $240 \text{ Umdrehungen/min}$  rotieren und brennt den Faden zwischen den beiden Ösen durch, so dass die beiden Körper gleichzeitig zu fallen beginnen, so beobachtet man ihre Einschlagstellen auf zwei Radiusstrahlen, die einen Winkel von  $130^\circ$  einschliessen.



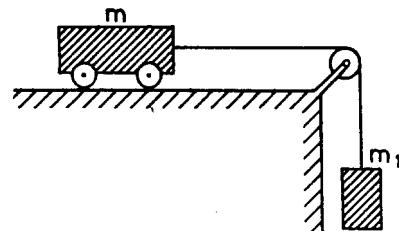
Berechnen Sie aus diesen Angaben die Fallbeschleunigung  $g$ !

Lösungsangaben:

$$9,8 \text{ m/s}^2$$

### 25. Aufgabe ME\_A

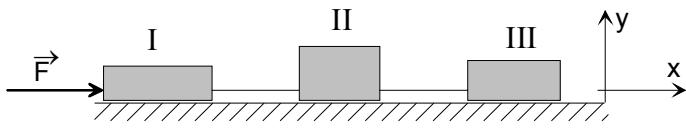
Der Wagen mit der Masse  $m$  wird durch den skizzierten Antriebsmechanismus auf horizontaler Unterlage aus der Ruhe in Bewegung versetzt, und es wird die ihm erteilte Beschleunigung in Abhängigkeit vom Antriebsgewicht gemessen. Dabei sollen alle störenden Einflüsse vernachlässigt werden, nämlich: Reibung des Wagens und der Rolle; Masse der Rolle; Masse, Steifigkeit und Dehnbarkeit des Fadens.



- Wie drückt sich die am Wagen angreifende Antriebskraft  $F$  durch die Massen  $m$  und  $m_1$  aus?
- In welchem Grenzfall stimmt diese Kraft mit dem Gewicht der Masse  $m_1$  überein?
- Berechnen Sie die Antriebskraft und stellen Sie diese als Funktion  $F = F\left(\frac{m_1}{m}\right)$  grafisch dar, wenn  $m = 20 \text{ kg}$  beträgt und für  $m_1$  der Reihe nach, beim Grenzwert 0 beginnend, die Werte  $5 \text{ kg}$ ,  $10 \text{ kg}$ ,  $15 \text{ kg}$  und  $20 \text{ kg}$  verwendet werden! Was ist am Ergebnis auffällig?

## 26. Aufgabe ME\_A

Die drei Klötze in der Abbildung haben die Massen  $m_I$ ,  $m_{II}$  und  $m_{III}$  und befinden sich auf reibungsloser Unterlage. Die Massen der Verbindungsstangen seien vernachlässigbar.



Auf den ersten wirkt die Kraft  $\vec{F}$ .

- Wie gross ist auf jeden Klotz die resultierende Kraft in  $y$ -Richtung und wie kommt sie zu stande?
- Welche Beschleunigung erfährt das System?
- Wie gross ist die resultierende Kraft auf die einzelnen Klötze?
- Wie gross ist die Kraft von I auf II und diejenige von II auf III?

Lösungsangaben:

## 27. Aufgabe ME\_A

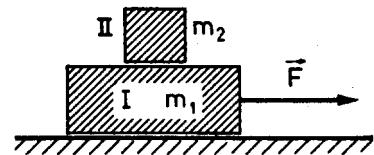
Ein Auto hinterliess nach einer Notbremsung mit blockierten Rädern ( $\mu = 0,45$ ) eine  $40\text{ m}$  lange Bremsspur.

- Wie lange wäre der Bremsweg bei optimaler Bremsung ( $\mu = 0,90$ ) gewesen?
- Wie schnell fuhr der Wagen im ersten Fall an der Stelle vorbei, an der er im zweiten Fall stillgestanden wäre?

Lösungsangaben: a)  $20\text{ m}$ , b)  $13,3\text{ m/s}$

## 28. Aufgabe ME\_A

Für die Reibung zwischen den Körpern  $I$  und  $II$  der Abbildung gelte die Haftreibungszahl  $\mu_H = 0,4$ .

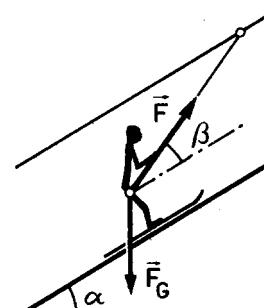


- Welche Beschleunigung darf die Kraft  $\vec{F}$  dem System der beiden Körper höchstens erteilen, damit der obere auf dem unteren nicht zu gleiten beginnt?
- Wie gross darf diese Kraft höchstens werden, wenn für  $m_1 = 5,0\text{ kg}$  und  $m_2 = 2,0\text{ kg}$  und für die Reibung zwischen der Berührungsfläche des Körpers  $I$  und der Unterlage die Gleitreibungszahl  $\mu_G = 0,3$  angenommen wird?

Lösungsangaben: a)  $3,9\text{ m/s}^2$ , b)  $48\text{ N}$

## 29. Aufgabe ME\_A

Mit dem Skilift geht es gleichförmig hangaufwärts. Für die nebenstehende Abbildung gilt:  $F_G = 800\text{ N}$ ,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ .



Mit welcher Kraft  $\vec{F}$  wird der Skiläufer gezogen,

- bei Vernachlässigung der Reibung zwischen Ski und Schnee,
- wenn ein Reibungskoeffizient von 0,1 angenommen wird?

Der Lift bleibt unterwegs stehen. Die Haftreibungszahl sei 0,15.

- Welche Kraft übt jetzt das Zugseil mindestens aus?

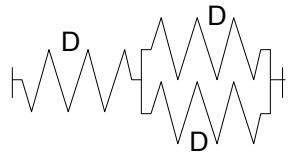
Die Lösungen a) und b) sind auch zeichnerisch darzustellen.

- Hat der Mann in beiden Fällen die gleiche Richtung zum Hang?

Lösungsangaben: a)  $426\text{ N}$ , b)  $482\text{ N}$   
c)  $333\text{ N}$

### 30. Aufgabe ME\_A

Drei gleiche Druckfedern mit der Federkonstante  $D = 10 \text{ N/m}$  sind wie abgebildet montiert. Im entspannten Zustand beträgt die Länge jeder Feder  $20 \text{ cm}$ , die Minimallänge mit aufeinander liegenden Windungen ist  $10 \text{ cm}$ .

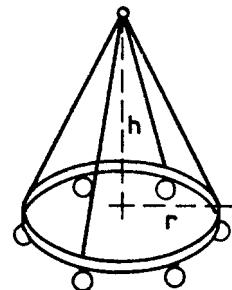


Zeichnen Sie die Kennlinie vom entspannten Zustand bis zur Berührung aller Windungen massstäblich auf!

### 31. Aufgabe ME\_A

Eine Leuchte von  $800 \text{ N}$  ist an vier Nylonseilen von  $5,0 \text{ mm}$  Durchmesser mit dem Elastizitätsmodul  $E = 0,3 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$  aufgehängt. Die Abmessungen in der Abbildung betragen  $h = 2,0 \text{ m}$ ,  $r = 1,0 \text{ m}$ .

- Um welchen Betrag hat sich jedes Seil durch das angehängte Gewicht verlängert?
- Wieviele Sicherheit besteht, wenn die Zugfestigkeit  $7 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$  beträgt?



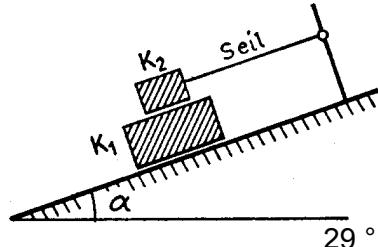
Lösungsangaben:

a) 8, mm, b)  $\cong 6$

### 32. Aufgabe ME\_A

Die Gewichte der beiden Körper sind  $F_1 = 0,9 \text{ kN}$ ,  $F_2 = 0,3 \text{ kN}$ ; die Haftreibungszahl beträgt an allen Berührungsflächen  $1/3$ .

Wie gross darf der veränderliche Winkel  $\alpha$  höchstens gewählt werden, damit der auf der schießen Ebene liegende Körper gerade noch in Ruhe bleibt?



Lösungsangaben:

29 °

### 33. Aufgabe ME\_A

Ein Rammbär von  $400 \text{ kg}$  wird in  $3,0 \text{ s}$   $3,5 \text{ m}$  hoch gehoben und fällt dann frei auf den einzurammenden Pfahl von  $100 \text{ kg}$ , der bei jedem Schlag  $15 \text{ cm}$  tiefer in den Boden eindringt.

Berechnen Sie den mittleren Widerstand, den das Erdreich auf das System Pfahl-Bär während des ersten Schlages ausübt, sowie die Leistung, die der Motor bei einem Wirkungsgrad von  $80\%$  während des Hebens aufbringen muss!

Lösungsangaben:

96,5 kN, 5,7 kW

### 34. Aufgabe ME\_A

In einem Förderschacht wird mit einer Winde eine Last von  $1,0 \text{ t}$  an einem Seil, dessen Masse pro Meter  $\frac{\Delta m}{\Delta l} = 2,0 \text{ kg/m}$  beträgt und das auf eine Trommel aufgehaspelt wird,  $h = 200 \text{ m}$  hoch gehoben.

Stellen Sie die Zugkraft als Funktion des Hubweges  $y$  dar,  $F = F(y)$ , und berechnen Sie die Arbeit!

Lösungsangaben:

2,35 MJ

### 35. Aufgabe ME\_A

- a) Welche Leistung ist nötig, um einen Zug von 800 Tonnen (inkl. Lokomotive) auf einer Steigung von 26 ‰ mit 80 km/h zu befördern, wenn der Rollreibungskoeffizient 0,004 beträgt?
- b) Welche Leistung wird in der Ebene benötigt?
- c) Berechnen Sie für beide Fälle den Wirkungsgrad!
- d) In welcher Entfernung von einer Station muss in der Steigung und in der Ebene der Antrieb ausgeschaltet werden, damit der Zug von selbst stehen bleibt?
- e) Wie lange dauert in beiden Fällen der Anhaltevorgang?

Lösungsangaben:

a) 5,2 MW,	b) 0,70 MW
c) 86,7 %	
d) 839 m, 6,29 km	
75 s, 566 s	

### 36. Aufgabe ME\_A

Die 15-cm Haubitze verfeuert Granaten mit einer Masse von 40 kg mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 500 m/s. Das Rohr hat eine Masse von 1000 kg und läuft unmittelbar nach dem Abschuss gleichmäßig verzögert um 1,0 m zurück.

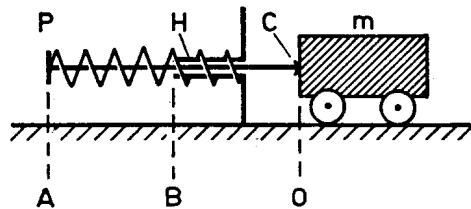
- a) Berechnen Sie die anfängliche Rücklaufgeschwindigkeit des Rohres!
- b) Wie gross ist die mittlere Bremskraft, welche auf das Rohr wirkt?
- c) Wie gross ist das Verhältnis von Rohr- zu Geschossenergie unmittelbar nach dem Abschuss?

Lösungsangaben:

a) 20 m/s,	b) 200 kN
c) 4 %	

### 37. Aufgabe ME\_A

Mit der abgebildeten Einrichtung wird der Wagen von O aus durch die Stange PC angestossen. Die auf Zug beanspruchte Feder ist entspannt, wenn die kleine Platte P bei B auf die Führungshülse H trifft. Zum Anstoßen des Wagens wurde die Feder um AB ausgezogen. Die Stoßvorrichtung funktioniert reibunglos, hingegen besteht Reibung zwischen dem Wagen und der Unterlage.



Es gelten die Daten: Federkonstante  $D = 3,0 \text{ N/m}$ ;  $AB = 0,2 \text{ m}$ ;  $m = 0,05 \text{ kg}$ ;  $\mu = 0,04$ .

- a) Wie weit bewegt sich der Wagen auf der horizontalen Unterlage?
- b) Stellen Sie vom Beginn der Bewegung alle beteiligten Energien qualitativ als  $f(s)$  grafisch dar!

### 38. Aufgabe ME\_A

Bei einer unkontrollierten Bewegung streift ein Auto von  $1200 \text{ kg}$  mit der Geschwindigkeit  $90 \text{ km/h}$  eine Leitplanke rechts und wird dabei unter Beibehaltung des Geschwindigkeitsbetrages um  $20^\circ$  aus der vorherigen Fahrtrichtung abgelenkt (die Winkel zwischen Fahrtrichtung und Planke sollen vor und nach dem Stoss je  $10^\circ$  betragen).

- Wie gross war der Kraftstoss und welches seine Richtung gegenüber der ursprünglichen Fahrtrichtung?
- In welcher Zeit hat sich das Auto nach dem Stoss um  $5 \text{ m}$  nach links von der Planke entfernt, wenn inzwischen nicht korrigiert wurde?

Lösungsangaben:

- a)  $10,4 \text{ kN}\cdot\text{s}, 100^\circ$   
b)  $1,2 \text{ s}$

### 39. Aufgabe ME\_A

Während der Zeitspanne  $\Delta t$  stossen  $\Delta n$  Kügelchen mit gleicher Masse und gleicher Geschwindigkeit normal und vollkommen elastisch gegen eine ebene Wand und übertragen je einen kurz dauernden Kraftstoss.

- Wie gross ist der zeitliche Mittelwert der Kraft, den die Kügelchen auf die Wand ausüben?
- Mit welcher Geschwindigkeit müssten dauernd in jeder Sekunde  $500$  Stahlkügelchen von  $30 \text{ mg}$  Masse in parallelem Strahl vertikal von unten eine horizontale Platte von  $50 \text{ g}$  Masse treffen, um diese durch ihre Stöße in der Schwebeflucht zu halten?

Lösungsangaben:

- b)  $16,4 \text{ m/s}$

### 40. Aufgabe ME\_A

Ein Kampfflugzeug von  $16,6 \text{ t}$  fliegt mit der konstanten Geschwindigkeit von  $850 \text{ km/h}$  eine Kurve von  $2,0 \text{ km}$  Radius in einer horizontalen Ebene.

- Um welchen Winkel ändert sich die Flugrichtung je in einer halben Sekunde, welchen Winkel schliesst der Vektor  $\Delta \vec{p}$  mit der Impulsrichtung  $\vec{p}_1$  zu Anfang der halben Sekunde ein, und wie gross ist der in der genannten Zeit wirkende Kraftstoss?
- Welcher Näherungswert ergibt sich aus dieser Betrachtung für die gegen das Kreiszentrum hin wirkende Kraft?

Lösungsangaben:

- a)  $3,38^\circ, 91,7^\circ, 231 \text{ kN}\cdot\text{s}$   
b)  $463 \text{ kN}$

### 41. Aufgabe ME\_A

Ein  $\alpha$ -Teilchen ( ${}^4\text{He}$ -Atomkern) stösst mit der kinetischen Energie  $7,66 \cdot 10^{-13} \text{ J}$  auf einen ruhenden  ${}^4\text{He}$ -Atomkern und wird dabei um  $30,0^\circ$  aus seiner vorherigen Flugrichtung abgelenkt. In der Modellvorstellung können die Kerne als kleine Kugeln, der Stoss als vollkommen elastisch angenommen werden.

- Welchen Winkel bilden die Bewegungsrichtungen der beiden Teilchen nach dem Stoss miteinander?
- Wie gross sind ihre Geschwindigkeiten nach dem Stoss?  
(Masse des  $\alpha$ -Teilchens  $m_\alpha = 6,6448 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ )

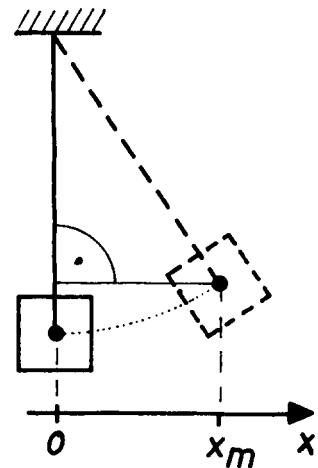
Lösungsangaben:

- a)  $90^\circ$   
b)  $1,3 \cdot 10^7 \text{ m/s}, 7,6 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

#### 42. Aufgabe ME\_A

Ein Stosspendel besteht aus einer dünnen Stange (Masse vernachlässigbar) der Länge  $l = 2,0 \text{ m}$ , die am unteren Ende einen Holzklotz mit der Masse  $m_H = 0,80 \text{ kg}$  trägt. Wird eine Kugel der Masse  $m_K = 5,0 \text{ g}$  in den Holzklotz geschossen, so schlägt das vorher ruhende Pendel um die Strecke  $x_m = 20 \text{ cm}$  aus.

Wie gross war die Geschwindigkeit des Geschosses?



Lösungsangaben: 71,4 m/s

#### 43. Aufgabe ME\_A

Eine Stahlkugel von  $20 \text{ g}$  hängt an einem Faden von  $30 \text{ cm}$  Länge und berührt in ihrer Gleichgewichtslage eine vertikal stehende Stahlplatte.

- Man lässt dieses Pendel, nachdem es um den Winkel  $\alpha = 60^\circ$  ausgelenkt worden ist, senkrecht gegen die Platte zurückfallen und misst für die Zeit des vollkommen elastischen Stosses zwischen Kugel und Platte auf elektrischem Weg  $47 \mu\text{s}$ . Wie gross sind die Impulsänderung und die während der Stosszeit wirksame mittlere Kraft?
- Wie gross wird die mittlere Kraft auf der Eindringtiefe von ca.  $5 \text{ mm}$ , wenn die Stahlplatte durch weiche Masse ersetzt wird, in welche die Kugel aus der gleichen Anfangsstellung mit unelastischem Stoss eindringt?

Lösungsangaben: a) 1,46 kN, b) 5,9 N

#### 44. Aufgabe ME\_A

Beim Rangieren läuft ein Güterwagen der Masse  $m_A = 25 \text{ t}$  mit der Geschwindigkeit  $v_A = 1,2 \text{ m/s}$  auf einen ruhenden Güterwagen der Masse  $m_B = 20 \text{ t}$ . Der Stoss ist nur zum Teil elastisch. Nach dem Stoss läuft der zweite Wagen mit der Geschwindigkeit  $u_B = 0,9 \text{ m/s}$  weg.

- Berechnen Sie die Geschwindigkeit  $u_A$  des ersten Wagens nach dem Stoss,
- den Bruchteil der mechanischen Energie, der in Wärme umgewandelt worden ist!

Lösungsangaben: a) 0,48 m/s, b) 39 %

#### 45. Aufgabe ME\_A

Ein Skifahrer von  $75 \text{ kg}$  durchfährt mit einer Geschwindigkeit von  $10 \text{ m/s}$  eine Mulde und anschliessend eine Bodenwelle von je  $15 \text{ m}$  Krümmungsradius.

- Zeichnen Sie für die beiden Fälle alle Kräfte ein, welche am Skifahrer angreifen. Wählen Sie dazu das Bezugssystem eines ruhenden Beobachters!
- Wie gross ist die Kraft, die der Boden auf den Fahrer ausübt im tiefsten Punkt der Mulde und im höchsten Punkt der Bodenwelle, wenn die Geschwindigkeit und der Abstand des Schwerpunktes vom Boden als konstant angenommen werden, und der angegebene Krümmungsradius für die Schwerpunktspfad gilt?

Lösungsangaben: b) 1,24 kN, 236 N

#### 46. Aufgabe ME\_A

Ein Jagdflugzeug beschreibt eine Kurve in horizontaler Ebene und ist dabei um  $70^\circ$  nach innen geneigt. Die an den Flügeln angreifende, resultierende dynamische Auftriebskraft steht, von vorne betrachtet, senkrecht zur Querachse des Flugzeugs.

- Vergleichen Sie den Betrag der dynamischen Auftriebskraft und der Zentripetalkraft mit dem Gewicht!
- Wie gross ist der Kurvenradius bei einer Flugzeuggeschwindigkeit von 846 km/h?

Lösungsangaben:

2,05 km

#### 47. Aufgabe ME\_A

Ein Auto durchfährt eine Kurve von 60 m Radius mit der Geschwindigkeit 20 m/s.

- Mit welcher Beschleunigung darf beim Auftreten eines Hindernisses höchstens gebremst werden, damit der Wagen nicht ins Schleudern kommt? ( $\mu_H = 0,7$ )
- Welche maximale Brems-Beschleunigung wäre bei denselben Straßenverhältnissen auf gerader Strecke möglich?

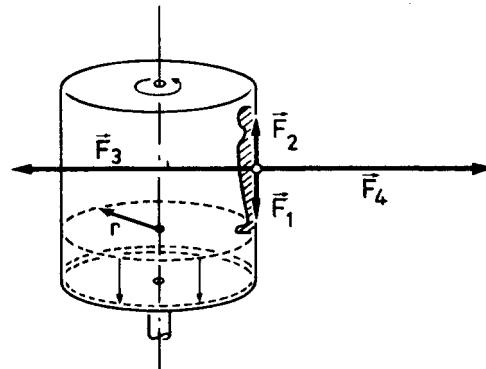
Lösungsangaben: a)  $-1,6 \text{ m/s}^2$ , b)  $-6,9 \text{ m/s}^2$

#### 48. Aufgabe ME\_A

Im Rotor der Abbildung „klebt“ der Mann an der Wand, falls die Rotationsgeschwindigkeit genügend gross ist.

Machen Sie begründete Aussagen über die vier eingezeichneten Kräfte

- bei Betrachtung des Vorganges im ruhenden Koordinatensystem,
- bei Betrachtung im mitrotierenden System!
- Wie gross sind die minimale Winkel- bzw. Bahn-geschwindigkeit, wenn der Trommelradius 2 m, die Reibungszahl 0,2 betragen?



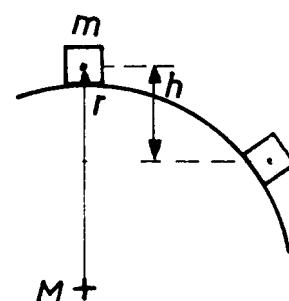
Lösungsangaben:

c)  $9,9 \text{ m/s}$ ,  $4,95 \text{ s}^{-1}$

#### 49. Aufgabe ME\_A

Vom höchsten Punkt einer Kugel (Radius  $r$ ) gleitet eine Punktmasse reibungsfrei und löst sich an einer bestimmten Stelle von der Kugeloberfläche.

Um welchen Höhenunterschied  $h$  liegt diese Stelle tiefer als der höchste Punkt?



### 50. Aufgabe ME\_A

Die durch die Gravitation allein verursachte Beschleunigung an der Oberfläche einer kugelförmigen Erde vom Radius  $r_0$  werde mit  $g_0$  bezeichnet.

- Berechnen Sie  $g_0$ !
- Welchen Ausdruck erhalten Sie auf Grund des Gravitationsgesetzes für die Schwerkraftbeschleunigung im Abstand  $r \leq r_0$  vom Erdmittelpunkt bzw. in der Höhe  $h$  über der Erdoberfläche?
- Stellen Sie den Verlauf  $\frac{g}{g_0} = f(h)$  im Bereich  $0 \leq h \leq 4 r_0$  grafisch dar!
- Welche Näherung ergibt sich für den in b) erhaltenen Ausdruck, wenn  $h \ll r_0$  ist?
- Ermitteln sie damit die Höhe, in welcher die Schwerkraftbeschleunigung um 1 % kleiner ist als auf der Erdoberfläche!

Lösungsangaben:

$\approx 32$  km

### 51. Aufgabe ME\_A

In welcher Entfernung vom Erdmittelpunkt heben sich auf der Zentralen Erde-Mond die von beiden Himmelskörpern erzeugten Gravitationskräfte auf (neutraler oder abarischer Punkt)? Die Entfernung Erde-Mond beträgt ca. 60 Erdradien, das Massenverhältnis ungefähr  $81 : 1$ .

### 52. Aufgabe ME\_A

- In welcher Höhe über dem Äquator muss sich ein Nachrichtensatellit befinden, damit er seine Stellung gegenüber der Erde unverändert beibehält [ $T = 86164$  s;  $r_{Ae} = 6378$  km]?
- Warum ist ein solcher stationärer Satellit nur in der Äquatorebene möglich?

Lösungsangaben:

b)  $\approx 36 \cdot 10^3$  km

### 53. Aufgabe ME\_A

- Welche Bahngeschwindigkeit muss ein Satellit haben, der eine kreisförmige Bahn in der Höhe  $h = 1000$  km über der Erdoberfläche beschreiben soll?
- Welche Arbeit  $W$  muss aufgebracht werden, um diesen Satelliten ( $Masse m = 200$  kg) gegen die Wirkung der Schwerkraft auf seine Bahn zu heben und ihm die erforderliche Geschwindigkeit zu verleihen? (Bremswirkung der Lufthülle vernachlässigen; Rotation der Erde nicht berücksichtigen.)

Lösungsangaben:

a)  $7,35$  km/s, b)  $7,1 \cdot 10^9$  J

### 54. Aufgabe ME\_A

- Welche Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  muss man einer Rakete erteilen, damit sie mit der Geschwindigkeit  $v_1 = 1$  km/h in den neutralen Punkt zwischen Erde und Mond gelangt?
- Mit welcher Geschwindigkeit würde sie die Mondoberfläche erreichen?  
(Annahmen: Abstand Erde - Mond  $\approx 60$  Erdradien;  
Mondmasse  $\approx \frac{1}{81}$  Erdmasse; Mondradius  $\approx \frac{3}{11}$  Erdradius.)

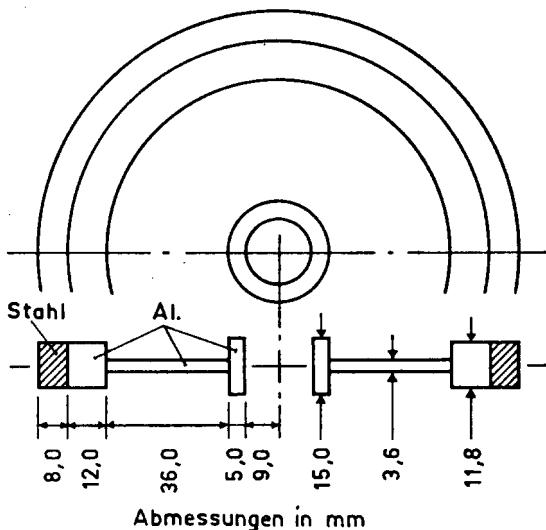
Lösungsangaben:

a)  $11$  km/s, b)  $2,3$  km/s

### 55. Aufgabe ME\_A

Der in der Aufsicht und im Schnitt abgebildete Experimentierkreisel ist mittels Kugellager auf einer festen Achse montiert. Sein Massenträgheitsmoment ist ohne Berücksichtigung des Lagers bezüglich der Rotationsachse zu berechnen.

- Wie gross sind die prozentualen Anteile der einzelnen Trägheitsmomente?
- Kann bei Benutzung der 2-ziffrigen Werte für die Dichte etwas von den Teilträgheitsmomenten vernachlässigt werden?



Lösungsangaben:

$$1,86 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

### 56. Aufgabe ME\_A

Ein Quader gleitet reibunglos, eine homogene Kugel und ein homogener Zylinder rollen ohne Rollreibung dieselbe Strecke  $s$  einer schiefen Ebene mit Neigungswinkel  $\theta$  abwärts. Die Bewegung beginnt ohne Anfangsgeschwindigkeit.

- Berechnen Sie die Endgeschwindigkeiten und die benötigten Zeiten!
- Welcher der drei Körper trifft am unteren Ende zuerst ein, welcher zuletzt?
- Geben Sie für die Kugel und den Zylinder je das Verhältnis der Rotations- und der kinetischen Energie der fortschreitenden Bewegung an.

### 57. Aufgabe ME\_A

Ein gusseiserner Stab von 100 cm Länge und  $1 \text{ cm}^2$  Querschnitt rotiert um eine vertikale Achse, die senkrecht zu seiner Längsrichtung steht.

Berechnen Sie seine kinetische Energie bei einer Drehzahl von  $10 \text{ s}^{-1}$ ,

- wenn die Drehachse durch die Stabmitte,
- wenn sie durch ein Stabende geht!

Lösungsangaben:

$$\text{a) } 122 \text{ J, b) } 487 \text{ J}$$

### 58. Aufgabe ME\_A

Ein Spielzeugauto (Gesamtmasse  $m = 120 \text{ g}$ ) mit Schwungrad (Massenträgheitsmoment  $J_{SR} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ) wird mit der Hand angeschoben, so dass das Fahrzeug die Geschwindigkeit  $v = 0,5 \text{ m/s}$  erhält. Das Übersetzungsverhältnis von den Rädern zum Schwungrad ist 1:10. Die vier Räder ( $Radius r_2 = 1,5 \text{ cm}$ ) haben je das Massenträgheitsmoment  $J_R = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ .

Wie gross ist die mittlere Reibungskraft  $F_R$ , wenn das Auto nach dem Loslassen noch die Strecke  $s = 4,0 \text{ m}$  rollt? (Die Trägheitsmomente der Zahnräder können vernachlässigt werden.)

Lösungsangaben:

$$352 \text{ mN}$$

### 59. Aufgabe ME\_A

Ein  $1,00\text{ m}$  langer, dünner Stab ist an einem Ende reibungsfrei um eine horizontale Querachse gelagert.

- Mit welcher Winkelgeschwindigkeit dreht sich der Stab in der tiefsten Lage, nachdem er in der höchsten Lage aus dem Stillstand losgelassen wurde?
- Mit welcher Winkelgeschwindigkeit muss der Stab in der höchsten Lage gestartet werden, damit sich die Winkelgeschwindigkeit bis zur tiefsten Lage verdoppelt?

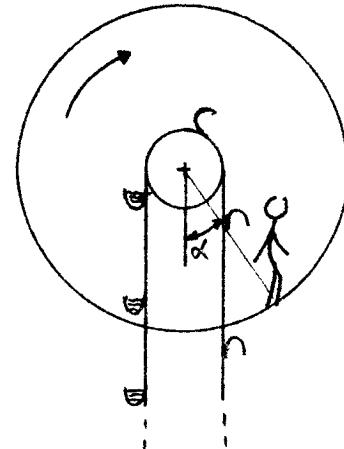
Lösungsangaben:

a)  $7,67\text{ s}^{-1}$ , b)  $4,43\text{ s}^{-1}$

### 60. Aufgabe ME\_A

In einem Tretrad mit  $4,00\text{ m}$  Radius läuft ein Mann von  $60\text{ kg}$  mit einer Geschwindigkeit (am Umfang gemessen) von  $0,80\text{ m/s}$ . An der Welle mit  $60\text{ cm}$  Durchmesser hängt eine Kette mit Schöpfeimern. Im Mittel hängen insgesamt  $200\text{ l}$  Wasser in den Eimern.

- Wo befindet sich der Mann (Winkel  $\alpha$ )?
- Was leistet er?
- Was geschieht, wenn der untere Wasserspiegel sinkt?
- Was geschieht, wenn ein zweiter Mann beim Wassertreten mithilft?

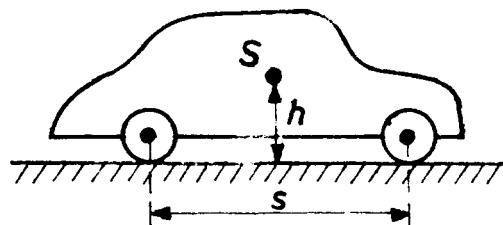


Lösungsangaben:

a)  $14,5^\circ$ , b)  $118\text{ W}$

### 61. Aufgabe ME\_A

Bei einem Personenwagen mit dem Radabstand  $s = 2,5\text{ m}$  befindet sich der Massenmittelpunkt in der Mitte zwischen den beiden Achsen und in der Höhe  $h = 50\text{ cm}$  über der Strasse. Die Haftreibungszahl der Reifen auf der Strasse sei  $\mu_0 = 0,70$ .



Welcher maximaler Betrag der Bremsbeschleunigung  $\ddot{a}$  kann erreicht werden, wenn der Personenwagen

- nur an den Hinterrädern,
- nur an den Vorderrädern und
- an allen vier Rädern gebremst wird?

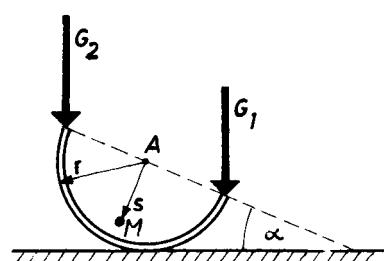
Lösungsangaben:

a)  $3,0\text{ m/s}^2$ , b)  $4,0\text{ m/s}^2$   
c)  $6,87\text{ m/s}^2$

### 62. Aufgabe ME\_A

Bei einer Balancedarbietung steht ein Artist (Gewichtskraft  $F_{G1} = 0,78\text{ kN}$ ) auf einer Kante einer rohrförmigen Halbschale (Masse  $m = 60\text{ kg}$ , Außenradius  $r = 70\text{ cm}$ , Dicke  $d \ll r$ ), seine Partnerin (Gewichtskraft  $F_{G2} = 0,49\text{ kN}$ ) auf der anderen Kante. Der Massenmittelpunkt  $M$  der Schale hat vom Krümmungsmittelpunkt  $A$  den Abstand  $s = 51\text{ cm}$ .

Welcher Neigungswinkel  $\alpha_0$  stellt sich im Gleichgewicht ein?

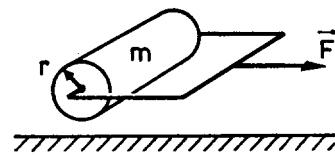


Lösungsangaben:

$34^\circ$

### 63. Aufgabe ME\_A

Mit der Vorrichtung der Abbildung wird die homogene Walze vom Radius  $r$  und der Masse  $m$  mit einer konstanten, horizontal wirkenden Kraft  $\vec{F}$  über die horizontale Unterlage weggezogen. Die Walze ist gegenüber der Zugvorrichtung arretiert, so dass ihre Rotation verunmöglicht wird; hingegen soll sie reibungsfrei gleiten ( $r = 10 \text{ cm}$ ,  $m = 10 \text{ kg}$ ,  $F = 30 \text{ N}$ ).

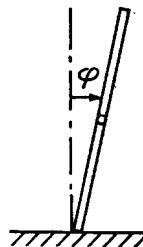


- Berechnen Sie die Linearbeschleunigung, mit der sich die Achse des Zylinders bewegt! Die Arretierung wird nun entfernt; die Haftreibung zwischen Körper und Unterlage verhindert das Gleiten; die Rollreibung wird vernachlässigt.
- Wie gross wird die Linearbeschleunigung in diesem Fall?
- Sind alle Angaben nötig?

Lösungsangaben: a)  $3,0 \text{ m/s}^2$ , b)  $2,0 \text{ m/s}^2$

### 64. Aufgabe ME\_A

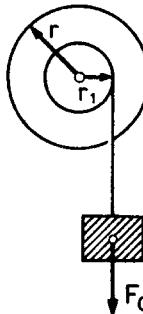
Der in der Abbildung dargestellte homogene Stab der Länge  $l$  fällt gleitfrei und ohne Anfangsgeschwindigkeit aus seiner vertikalen Anfangsstellung um.



- Wie gross ist die Winkelbeschleunigung in Abhängigkeit vom Winkel  $\varphi$ ?
- Wie gross wird die Winkelgeschwindigkeit in Abhängigkeit von  $\varphi$ ?

### 65. Aufgabe ME\_A

Die homogene Trommel in der Abbildung, deren Radius und Massenträgheitsmoment bekannt sind, ist reibunglos um die horizontale Mittelachse drehbar. Der mit der Trommel fest verbundene Antriebsring mit aufgewickeltem Faden wird als masselos betrachtet. Sein Radius ist von 0 bis  $r$  variabel. Als konstante numerische Werte gelten  $J = 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ,  $r = 20 \text{ cm}$ .



Im Folgenden werden zwei Antriebsvarianten miteinander verglichen:

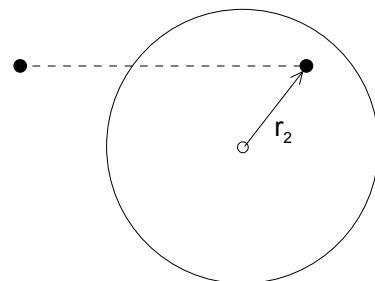
- Man zieht am Faden ohne angehängtes Gewicht mit der konstanten Kraft  $F_1 = F_{G1} = 10 \text{ N}$ ;
- Das Gewicht  $F_{G1}$  ist zum Antrieb angehängt.
  - Für beide Varianten ist die Winkelbeschleunigung in Abhängigkeit von  $r_1$  auszudrücken;
  - für Variante 2 auch die Fadenkraft als  $F_F = F(r_1)$ .
  - Wie gross sind die numerischen Werte der Winkelbeschleunigung und der Fadenkraft für  $r_1 = 0 \text{ cm}, 5 \text{ cm}, 10 \text{ cm}, 15 \text{ cm}$  und  $20 \text{ cm}$ ?
  - Welches ist die prozentuale Abweichung der Variante 2 gegenüber Variante 1 für die 5 gewählten Werte von  $r_1$ ?

Lösungsangaben:

### 66. Aufgabe ME\_A

Ein homogener Vollzylinder (Eichenholz) hat die Masse  $m_Z = 600 \text{ g}$  und den Radius  $r_0 = 50 \text{ mm}$ . Er ist um die Zylinderachse drehbar gelagert. In den ruhenden Zylinder dringt das Geschoss  $m_G = 5,0 \text{ g}$  einer Pistole ein. Die Geschossbahn verläuft senkrecht zur Achse und hat den Abstand  $r_1 = 30 \text{ mm}$  von ihr. Das Geschoss bleibt im Abstand  $r_2 = 35 \text{ mm}$  von der Achse stecken. Nach dem Einschuss dreht sich das System mit der Drehzahl  $n = 2,5 \text{ s}^{-1}$ .

Berechnen Sie die Geschwindigkeit  $v$ , die das Geschoss unmittelbar vor dem Eindringen hatte!



Lösungsangaben:

79 m/s

### 67. Aufgabe ME\_A

Auf eine beim Eishockey verwendete Scheibe ( $m = 165 \text{ g}$ ,  $J_S = 1,2 \text{ kg}\cdot\text{cm}^2$ ) wirkt während der Zeit  $\Delta t = 0,10 \text{ s}$  eine Kraft  $F = 11 \text{ N}$ , deren Wirkungslinie vom Schwerpunkt den horizontalen Abstand  $r = 2,6 \text{ cm}$  hat.

Mit welcher Geschwindigkeit  $v$  und Drehzahl  $n$  bewegt sich die Scheibe nach dem Stoss? (Reibungseinflüsse werden vernachlässigt.)

Lösungsangaben:

6,7 m/s, 38 s<sup>-1</sup>

### 68. Aufgabe ME\_A

Reibungskupplung: Eine rotierende Scheibe A (3000 Umdrehungen/min, Massenträgheitsmoment  $J_A = 0,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ) wird auf eine anfangs stillstehende Scheibe B ( $J_B = 0,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ) gedrückt. Am Ende des Kupplungsvorganges laufen die Scheiben gemeinsam mit der Drehzahl  $n_g$ . Lager und Luftreibung sollen vernachlässigt werden.

- Wie gross ist die Drehzahl  $n_g$ ?
- Welcher Anteil der ursprünglichen Rotationsenergie geht als Reibungsarbeit verloren?

Lösungsangaben:

a) 27,8 s<sup>-1</sup>, b) 44 %

### 69. Aufgabe ME\_A

Ein Mann sitzt auf einem reibungsfrei gelagerten Drehstuhl, ohne dass seine Füsse den Boden berühren. Mann und Drehstuhl haben zusammen bezüglich der Drehachse das Trägheitsmoment  $J_0 = 4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ . Er nimmt je ein Bleistück der Masse  $m = 10 \text{ kg}$  in seine Hände und streckt die Arme aus. Der Abstand zwischen der Drehachse und den Bleistücken beträgt jeweils  $r_1 = 90 \text{ cm}$ . Für die Rechnung werden die Bleistücke als punktförmig betrachtet!

Der Stuhl ist zunächst in Ruhe. Eine zweite Person zieht im Abstand  $r_1$  tangential zur Drehbewegung an einer der Massen, bis sich der Mann und der Drehstuhl nach einer Zeit von  $0,5 \text{ s}$  mit konstanter Drehzahl  $n_1 = 0,4 \text{ s}^{-1}$  drehen.

a) Wie gross ist jetzt der gesamte Drehimpuls  $L_s$  des Systems?

b) Wie gross war die tangentiale mittlere Zugkraft  $\bar{F}$  der zweiten Person?

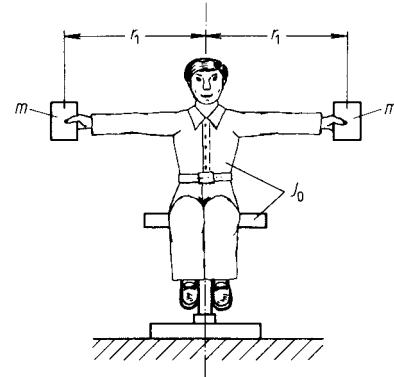
Der Mann zieht beide Arme an den Körper, bis sich die Bleistücke im Abstand  $r_2 = 40 \text{ cm}$  von der Drehachse befinden.

c) Wie gross ist die Drehzahl  $n_2$  jetzt? Dabei soll angenommen werden, dass sich  $J_0$  durch die neue Lage der Arme nicht verändert.

d) Welche Arbeit verrichtet der Mann auf dem Stuhl beim Verschieben der beiden Bleistücke?

Im Fall a) lässt der Mann bei der Drehzahl  $n_1$  beide Massen auf den Boden fallen.

e) Wie ändert sich danach die Drehfrequenz?



Lösungsangaben:

- a)  $50,8 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$ , b)  $113 \text{ N}$
- c)  $1,12 \text{ s}^{-1}$ , d)  $115 \text{ J}$