

Übungsaufgaben zur Physik

Mechanik - Grundkurs

Version September 2004

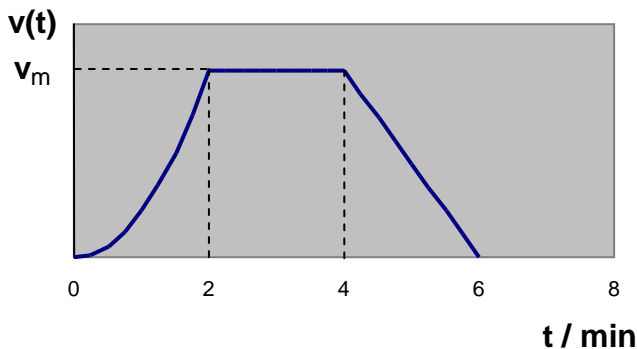
- K. Kinematik**
- N. Grundgesetze der klassischen Mechanik (NEWTON)**
- I. Impulssatz**
- E. Arbeit und Energie**
- S Stoßprozesse**
- D. Drehbewegungen**
- SK. Starrer Körper**

Übungsaufgaben zur Physik (Mechanik)

K. Kinematik

K.1 Mit guten Bremsen kann ein Auto mit einer Beschleunigung von 5 m/s^2 abbremsen. Angenommen Sie fahren mit einer Geschwindigkeit von 120 km/h und bemerken plötzlich in etwa 50 m Entfernung eine Radarfalle. Wie lange dauert das Abbremsen mindestens, wenn die zulässige Höchstgeschwindigkeit 100 km/h beträgt? Reicht die Zeit aus um noch vor der Radarfalle diese Geschwindigkeit zu erreichen?

K.2 Das v,t -Diagramm eines Zuges setzt sich aus einer Parabel ($v = \text{const } t^2$) und zwei Geraden zusammen (vgl. Abb. 3).



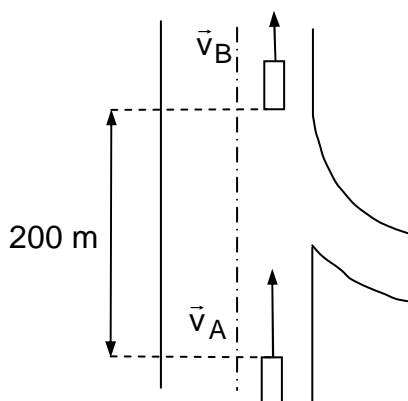
Wie groß muss die Höchstgeschwindigkeit v_m sein, wenn die insgesamt durchfahrene Strecke $s_0 = 3.8 \text{ km}$ beträgt? Wie groß ist die Höchstbeschleunigung a_m ?

K.3 Ein

Basketballspieler springt beim „Dunking“ nach Abheben vom Boden etwa 76 cm vertikal nach oben (siehe Bild). Welche Zeit verbringt der Spieler in den obersten 15 cm bzw. untersten 15 cm seines Fluges.



K.4 Auf einer Autobahn fährt ein Fahrzeug A mit konstanter Geschwindigkeit $v_A = 110 \text{ km/h}$. In die



Autobahn fährt ein Fahrzeug B ein. Im Augenblick des Einfahrens

($t = 0$) hat das Fahrzeug B eine Geschwindigkeit von $v_{B,0} = 70 \text{ km/h}$ und liegt 200 m vor dem Fahrzeug A.

- Wie groß muß die konstant angenommene Beschleunigung a_B des Fahrzeugs B sein, wenn der Mindestabstand der beiden Fahrzeuge $d = 40 \text{ m}$ betragen soll?
- Wie lange (t_1) dauert es, bis die beiden Fahrzeuge den Mindestabstand haben?

K.5 Von einer Brücke läßt man einen Stein frei fallen. Eine Sekunde später wird ein zweiter Stein senkrecht nach unten geworfen. Beide Steine schlagen gleichzeitig auf der $h = 45 \text{ m}$ tiefer liegenden Wasseroberfläche auf.

- Wie groß ist die Anfangsgeschwindigkeit v_0 des zweiten Steins?
- Zeichnen Sie ein gemeinsames v,t - und x,t -Diagramm für die beiden Steine.

K.6 Ein Elektromotor läuft mit der Drehzahl $n_0 = 1400 \text{ min}^{-1}$. Nach dem Abschalten wird er mit konstanter Winkelverzögerung α abgebremst. Er bleibt nach $N = 50$ Umdrehungen stehen. Wie lange dauert der Bremsvorgang und wie groß ist die Winkelverzögerung α ?

K.7 Ein Rotor wird aus dem Stillstand heraus beschleunigt. Die Beschleunigung hängt gemäß folgender Beziehung von der Zeit ab

$$\alpha(t) = \alpha_0 \left[1 - \sin\left(\frac{\pi}{2t_1} t\right) \right]$$

Nach $t_1 = 5 \text{ s}$ ist die Drehzahl $n_1 = 1800 \text{ min}^{-1}$ erreicht.

- Bestimmen Sie die Konstante α_0 .
- Wie viele Umdrehungen N hat der Rotor bis zum Zeitpunkt t_1 ausgeführt?

K.8 Ein Eisenbahnzug bewegt sich auf einem Kreisbogen vom Radius $r = 2 \text{ km}$. Der Zug wird tangential gleichmäßig beschleunigt. Dabei legt er die Strecke $s = 1200 \text{ m}$ zurück. Zu Beginn des Beschleunigungsvorgangs hat er die Geschwindigkeit $v_1 = 30 \text{ km h}^{-1}$, am Ende $v_2 = 100 \text{ km h}^{-1}$.

- Wie lange dauert der Beschleunigungsvorgang?
- Wie groß ist die Tangentialbeschleunigung a_t ?
- Berechnen Sie die Winkelbeschleunigung α .
- Wie groß ist die Zentripetalbeschleunigung a_z zu Beginn und am Ende des Vorgangs?
- Welchen Winkel β bildet der Beschleunigungsvektor \vec{a}_{res} mit der Tangente an die Kreisbahn zu Beginn und am Ende der Bewegung?

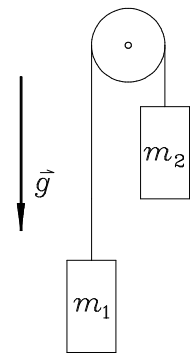
Übungen zur Physik (Mechanik)

N. Grundgesetze der klassischen Mechanik (NEWTON)

N.1 Zwei Körper (Massen $m_1 < m_2$) sind mit einem dünnen (also masselosen) Faden miteinander verbunden. Der Faden läuft über eine Rolle mit vernachlässigbarer Masse, die reibungsfrei drehbar ist.

Wie groß ist die Kraft F_F im Faden und die Beschleunigung a der beiden Körper?

Welchen Einfluß haben die Idealisierungen 'masseloser' Faden, Rolle und 'Reibungsfreiheit'?



N.2 Auf einen Körper (Masse $m = 2 \text{ kg}$) wirken in der x,y -Ebene drei Kräfte \vec{F}_1, \vec{F}_2 und \vec{F}_3 . Unter ihrem Einfluß erfährt der Körper die Beschleunigung

$$\vec{a} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix}. \text{ Die Kraftvektoren sind: } \vec{F}_1 = 3 \text{ N} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ und } \vec{F}_2 = 2 \text{ N} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

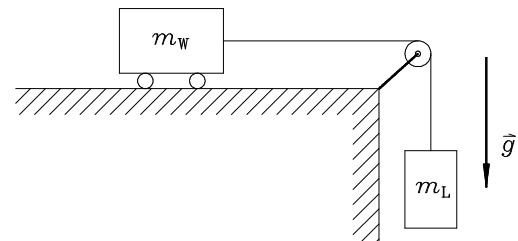
Wie groß ist Betrag und Richtung der Kraft \vec{F}_3 ?

N.3 Eine schwere Last soll an einem Stahlseil hochgezogen werden. In Ruhestellung zeigt ein Kraftmesser eine Gewichtskraft von $F_G = 8 \cdot 10^4 \text{ N}$ an; die zulässige Höchstbelastung des Seils ist $F_{\text{max}} = 10^5 \text{ N}$. Welches ist die größte erlaubte Beschleunigung a_{max} beim Hochziehen der Last?

N.4 Eine Seilwinde steht auf einem Wagen mit Gummirädern (Haftreibungszahl $\mu_H = 0.85$). Die Handbremse des Wagens ist angezogen. Die Seilwinde soll gemäß der Skizze eine Last heben. Um welchen Faktor muß die Masse m_W der Winde größer sein als die Masse m_L der Last, wenn

(a) die Last mit konstanter Geschwindigkeit hochgezogen wird,

(b) beim Hochziehen Beschleunigungen bis zu $a = 3 \text{ ms}^{-2}$ auftreten?



N.5 Ein Kraftfahrzeug soll auf ebener, horizontaler Straße eine Beschleunigung von $a = 3 \text{ ms}^{-2}$ erreichen?

- Welcher Reibungskoeffizient μ_1 zwischen Fahrbahn und Reifen ist dazu mindestens erforderlich,
- Welche Reibungskoeffizient μ_2 ist erforderlich, wenn die gleiche Beschleunigung bergauf bei einer Steigung von 10 % erreicht werden soll?

N.6 Ein Fahrzeug fährt mit der Momentangeschwindigkeit $v = 70 \text{ kmh}^{-1}$ über den höchsten Punkt einer Bergkuppe, die in Fahrtrichtung den Krümmungsradius $R = 170 \text{ m}$ aufweist.

- Mit welchem Anteil seiner Gewichtskraft drückt das Fahrzeug noch auf die Bahn?
- Bei welcher Grenzgeschwindigkeit v_{gr} ist diese normale Andrückkraft Null, wird also der Grenzwert zum Abheben des Fahrzeug von der Straße erreicht?

Übungsaufgaben zur Physik (Mechanik)

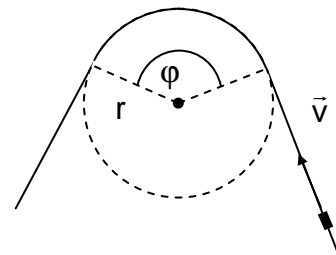
I. Impulssatz

I.1 Auf einer ebenen Unterlage liegt eine Kugel der Masse $m = 2 \text{ kg}$. Die Kugel wird parallel zur Unterlage mit einem Hammer angeschlagen. Die Kontaktzeit ist $\Delta t = 5 \text{ ms}$ und die mittlere Kraft beträgt $\bar{F} = 100 \text{ N}$.

- Wie groß sind Geschwindigkeit v und Impuls p der Kugel nach dem Stoß?
- Wie groß ist die mittlere Beschleunigung \bar{a} während der Stoßzeit?

I.2 Ein Auto (Masse $m = 10^3 \text{ kg}$) fährt mit konstanter Geschwindigkeit $v = 50 \text{ km/h}$ in eine Kreisbahn mit Radius $r = 100 \text{ m}$ (siehe Skizze).

- Welche Impulsänderung Δp (nach Betrag und Richtung) muß aufgebracht werden, um eine Richtungsänderung von $\varphi = 120^\circ$ zu erreichen?
- Wie groß ist die mittlere Kraft \bar{F} (nach Betrag und Richtung) während der Kreisbewegung?
- Wie groß ist die Zentripetalkraft F_z während der Kreisbewegung?
- Um die Ergebnisse aus b) und c) vergleichen zu können soll eine Gleichung für den Betrag der mittleren Kraft \bar{F} als Funktion von m , v , r und φ aufgestellt werden. Diskutieren Sie die Grenzfälle $\varphi \rightarrow 0$ und $\varphi \rightarrow 2\pi$.



I.3 Ein Boot der Masse $m_B = 200 \text{ kg}$ liegt ruhig auf einem See. Ein Mensch der Masse $m_M = 80 \text{ kg}$ geht vom Bug zum Heck (Bootslänge $L = 3 \text{ m}$). Um welche Strecke x ändert dabei das Boot seine Lage? Der Widerstand des Wassers ist zu vernachlässigen!

I.4 Ein Maschinengewehr feuert in einer Sekunde sechs Geschosse der Masse $m = 25 \text{ g}$ ab. Die Geschwindigkeit der Kugeln ist $v = 800 \text{ ms}^{-1}$.

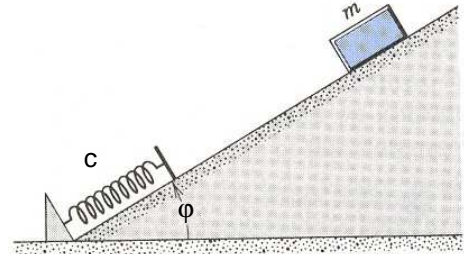
- Die Kugeln treffen auf einen fest im Boden verankerten schweren Holzklotz und bleiben in ihm stecken. Welche mittlere Kraft \bar{F} wird auf den Klotz ausgeübt?
- Welche mittlere Kraft \bar{F}' ist aufzubringen, um einen Rückstoß des Gewehrs zu unterbinden?
- Angenommen, die Kugeln bleiben nicht stecken; sie sollen abprallen und mit einem Zehntel ihrer ursprünglichen Geschwindigkeit auf der alten Flugbahn zurückfliegen. Welche mittlere Kraft \bar{F}'' wird unter diesen Bedingungen auf den Klotz ausgeübt?

Übungsaufgaben zur Physik (Mechanik)

E. Arbeit und Energie

E.1 Ein Block mit der Masse $m = 12 \text{ kg}$ wird auf einer schiefen Ebene mit einem Neigungswinkel von $\varphi = 30^\circ$ aus der Ruhe losgelassen (s. Skizze). Unterhalb des Blocks befindet sich eine ideale Feder, die durch eine Kraft von 270 N um 2.0 cm zusammengedrückt werden kann. Der Block kommt vorübergehend zum Halten, als er die Feder um 5.5 cm gestaucht hat.

- Wie weit bewegt sich der Block von seiner Ausgangsposition aus bis zu diesem Haltepunkt entlang der schiefen Ebene nach unten?
- Wie groß ist der Geschwindigkeitsbetrag des Blocks in dem Moment, in dem er die Feder berührt?

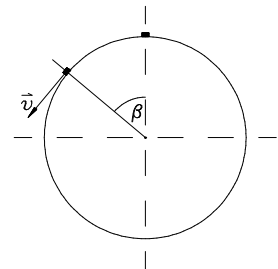


E.2 Bei großen Deformationen durch eine äußere Kraft wird das Kraft-Weg-Gesetz einer realen Feder nichtlinear, also gilt $F_{\text{ext}}(x) = c(x) \cdot x$. Für eine Pufferfeder soll gelten

$$c(x) = c_1 + c_2 x^2; \quad \text{mit} \quad c_1 = 10^3 \text{ Nm}^{-1} \quad \text{und} \quad c_2 = 10^7 \text{ Nm}^{-3}.$$

Wie weit wird diese Feder zusammengedrückt, wenn ein Körper, der die kinetische Energie $E_{\text{kin}} = 0.3 \text{ J}$ hat, in x -Richtung aufprallt?

E.3 Auf einer Walze vom Radius r gleitet reibungsfrei ein kleiner Körper der Masse m . Bei welcher Winkelkoordinate β springt der Körper von der Walze ab, wenn er im höchsten Punkt mit vernachlässigbarer Geschwindigkeit startet?



E.4 Ein allradgetriebenes Fahrzeug fährt eine vereiste schiefe Ebene hinauf; der Koeffizient der Gleitreibung beträgt $\mu = 0.07$. Der Neigungswinkel der schiefen Ebene beträgt $\beta = 15^\circ$; die Höhe (in vertikaler Richtung gemessen) beträgt $h = 2 \text{ m}$.

- Wie groß muß die Startgeschwindigkeit v_0 am Fuß der schiefen Ebene sein, damit das Fahrzeug gerade noch oben ankommt? Der Fahrer gibt soviel Gas, daß die Räder während der gesamten Fahrt durchdrehen.
- Wie ändert sich v_0 , wenn der Antrieb ausgeschaltet ist?
- Wie lange dauert in beiden Fällen die Fahrt?

E.5 Ein Auto ($m = 900 \text{ kg}$) beschleunigt in der Ebene aus dem Stand von 0 auf 72 km/h in 15 s .

- Berechnen Sie die Durchschnittsleistung des Motors (in kW) während der Beschleunigungsphase unter Vernachlässigung aller Reibungsverluste.
- Skizzieren Sie die Momentanleistung $P(t)$ im Zeitintervall $0 \leq t \leq 15 \text{ s}$, wenn eine konstante Beschleunigung vorausgesetzt wird. Wie groß ist die Momentanleistung am Ende des Beschleunigungsintervalls?
- Welche mittlere Nutzleistung liefert der Motor bei Berücksichtigung einer Rollreibung (Annahme konstanter Rollreibungszahl $\mu = 0,02$) auf der ebenen Beschleunigungsstrecke?

Übungsaufgaben zur Physik (Mechanik)

S. Stoßprozesse

S.1 Ein Eisenbahnwaggon (Masse $m_1 = 24\,000\text{ kg}$) rollt mit der Geschwindigkeit $v_1 = 3\text{ m s}^{-1}$ auf geraden, ebenen Schienen. Er stößt mit einem zweiten Waggon (Masse $m_2 = 20\,000\text{ kg}$), der sich mit der Geschwindigkeit $v_2 = 1.8\text{ m s}^{-1}$ in derselben Richtung bewegt, zusammen.

- a) Die Waggonen kuppeln beim Stoß zusammen.
 - a1) Welches ist die gemeinsame Endgeschwindigkeit v_{end} ?
 - a2) Welcher Bruchteil der ursprünglichen kinetischen Energien geht beim Stoßvorgang verloren?
- b) Der Zusammenstoß sei vollständig elastisch. Wie groß sind dann die Endgeschwindigkeiten u_1 und u_2 der beiden Waggonen?

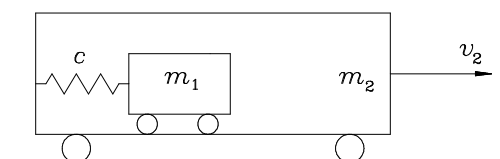
S.2 In einer geraden, horizontalen Rinne gleiten reibungsfrei zwei Körper A und B in derselben Richtung. Körper A hat die Masse $m_A = 2\text{ kg}$ und die Geschwindigkeit $v_A = 6\text{ m s}^{-1}$; Körper B hat die Masse $m_B = 3\text{ kg}$ und die Geschwindigkeit $v_B = 1\text{ m s}^{-1}$. Der schnellere Körper A verfolgt Körper B. Körper B trägt auf seiner Rückseite eine Schraubenfeder (Federkonstante $c = 3000\text{ N m}^{-1}$, Masse vernachlässigbar). Körper A fährt auf diese Feder auf.

- a) Berechnen Sie die maximale Strecke x_{max} um die die Feder zusammengedrückt wird.
- b) Mit welchen Endgeschwindigkeiten u_A und u_B bewegen sich die Körper, nachdem sie sich wieder getrennt haben?

S.3 Ein Geschöß (Masse $m_1 = 20\text{ g}$) fliegt horizontal mit der Geschwindigkeit $v_1 = 200\text{ m s}^{-1}$. Es trifft auf einen als Pendel an einem langen Draht aufgehängten Holzklötz (Masse $m_2 = 1\text{ kg}$) und durchschlägt ihn. Nachdem die Kugel aus dem Klötz ausgetreten ist hat das Pendel die Geschwindigkeit $u_2' = 2\text{ m s}^{-1}$.

- a) Wie groß ist die Geschwindigkeit u_1' des Geschößes nach Durchschlagen des Klötzes? Von der Bewegung des Pendels während der kurzen Wechselwirkungszeit mit dem Geschöß wird abgesehen!
- b) Welcher Anteil der ursprünglichen kinetischen Energie wurde in nichtmechanische Energieformen umgesetzt?

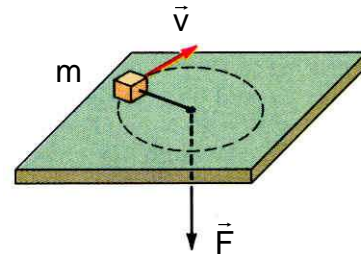
S.4 Ein Wagen der Masse $m_2 = 25\text{ kg}$ bewegt sich reibungsfrei mit der Geschwindigkeit $v_2 = 10\text{ m s}^{-1}$. Im Wagen ist eine Feder mit der Federkonstanten $c = 1000\text{ N cm}^{-1}$ um die Strecke $\Delta x = 5\text{ cm}$ gespannt. Nach Lösung der Spannvorrichtung wird der kleine Wagen (Masse $m_1 = 5\text{ kg}$) durch die sich entspannende Feder in Bewegung versetzt. Wie groß ist die Geschwindigkeit $u_{1,\text{rel}}$ des kleinen Wagens relativ zum großen?



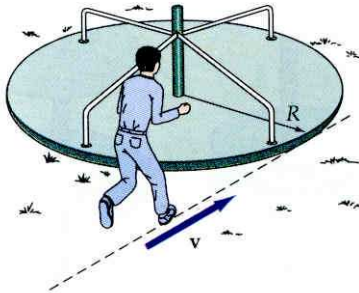
Übungsaufgaben zur Physik (Mechanik)

D. Drehbewegungen

D.1 Auf einem ebenen Tisch läuft an einem Faden (vernachlässigbarer Masse) ein punktförmiger Körper der Masse $m = 100 \text{ g}$ mit der Drehfrequenz $n_1 = 20 \text{ s}^{-1}$ auf einer Kreisbahn mit dem Radius $r_1 = 50 \text{ cm}$ um. Im Mittelpunkt des Kreises hat der Tisch ein Loch, durch das der Faden so lange nach unten gezogen wird, bis der Körper auf einem Kreis mit dem Radius $r_2 = 30 \text{ cm}$ umläuft. Welche Arbeit W ist dazu aufzubringen? Reibungskräfte sollen vernachlässigt werden.

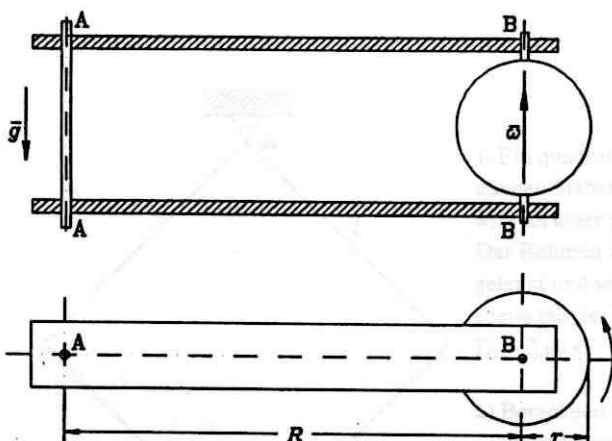


D.2 Ein Karussell (Radius $R = 2 \text{ m}$; Massenträgheitsmoment $J = 500 \text{ kg m}^2$) drehe sich reibungsfrei um seine zentrale Achse. Ein Junge (Masse $m = 25 \text{ kg}$) läuft entlang eines tangentialen Wegs zum Rand des Karussells. Der Junge springt mit einer Geschwindigkeit von 2.5 m/s auf das anfangs ruhende Karussell auf (vgl. Skizze).



- Welche Winkelgeschwindigkeit hat das Gesamtsystem am Ende?
- Berechnen Sie die kinetischen Anfangs- und Endenergien des Systems (Karussell + Junge).

D.3 Eine Kugel ist reibungsfrei drehbar gelagert in einer Gabel, die aus zwei Stäben gebildet wird. Die Gabel ihrerseits ist um die vertikal stehende Achse A-A reibungsfrei drehbar und hat bezüglich dieser Drehachse ein Massenträgheitsmoment von $J_G = 1270 \text{ kg cm}^2$ (Siehe Skizze).



Lagerabstand: $R = 340 \text{ mm}$

Das Massenträgheitsmoment einer Kugel bezüglich einer Achse durch ihren Schwerpunkt beträgt:

$$J_K = (2/5) m_K r^2.$$

Für ein physikalisches Experiment wird die Kugel um ihre Achse B-B in Rotation versetzt (Drehzahl $n_K = 1400 \text{ min}^{-1}$). Zusätzlich dreht sich die Gabel um die Achse A-A mit der Drehzahl $n_a = 20 \text{ min}^{-1}$ und zwar in gleichem Drehsinn wie die Kugel. Anschließend bleibt das System sich selbst überlassen.

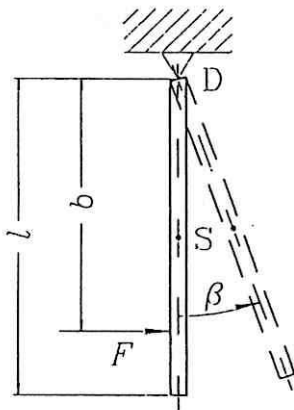
- Die Kugelmasse beträgt $m_K = 4,11 \text{ kg}$. Wie groß ist ihr Massenträgheitsmoment J_K bezüglich der Achse B-B, wenn die Dichte der Kugel $\rho = 7.85 \text{ kg/dm}^3$ ist?

- b) Berechnen Sie den Gesamtdrehimpuls L_{ges} des rotierenden Systems bezüglich der Achse A-A.

Hinweis: L_{ges} setzt sich zusammen aus dem Eigendrehimpuls der rotierenden Kugel, dem Bahndrehimpuls der Kugel um die Achse A -A sowie dem Drehimpuls der Gabel.

- c) Ein Lager der Drehachse B -B blockiert, so daß die Kugelrotation zu Stillstand kommt (relativ zur Gabel). Welche neue Drehzahl n nimmt die Gabel daraufhin an?
- d) Welche Energie Q wird beim Abbremsen der Kugel in Wärme umgesetzt?

D.4 Ein homogener dünner Stab (Länge $l = 0.75$ m, Masse $m = 0.6$ kg) ist im Punkt D aufgehängt und kann um eine waagrechte Achse durch D Pendelschwingungen in einer vertikalen Schwingungsebene aufführen (Siehe Skizze).



Während einer im Vergleich zur Schwingungsdauer T_0 des Pendels sehr kurzen Zeitspanne $\Delta t = 0.1$ s wirkt auf das anfänglich in der Gleichgewichtslage $\beta = 0$ ruhende Pendel eine mittlere Kraft $F_a = 2.4$ N im Abstand $b = 0,6$ m vom Aufhängepunkt D. Das Pendel beginnt dann praktisch aus der senkrechten Ausgangslage heraus mit der Anfangswinkelgeschwindigkeit $\dot{\beta}(0)$ zu schwingen.

- a) Berechnen Sie die Drehimpulsänderung $\Delta L = L(\Delta t) - L(0)$ bezüglich des Aufhängepunkts D, die das Pendel nach Beendigung des Kraftstoßes erfahren hat.

- b) Mit welcher Anfangswinkelgeschwindigkeit $\dot{\beta}_0 = \dot{\beta}(\Delta t)$ beginnt das Pendel zu schwingen?

Hinweis: Das Massenträgheitsmoment eines dünnen Stabes (Masse m , Länge l) bezüglich einer zur Stabachse senkrechten Achse durch den Schwerpunkt S beträgt $J_S = (1/12) m l^2$.

- c) Bestimmen Sie den maximalen Winkelausschlag $\hat{\beta}$ des Stabes.

D.5 Eine Eistanzerin dreht sich mit ausgestreckten Armen reibungsfrei mit der Winkelgeschwindigkeit ω_0 um eine durch ihren Schwerpunkt gehende vertikale Achse. Das Massenträgheitsmoment bezüglich dieser Achse ist J_0 .

Die Tänzerin verkleinert durch Hereinziehen der Arme (Pirouette) ihr Massenträgheitsmoment linear mit der Zeit, wobei folgende Beziehung gelten soll: $J(t) = J_0 (1 - c t)$.

- a1) Geben Sie die Beziehung für die Zeitabhängigkeit der Winkelgeschwindigkeit $\omega(t)$ an.
- a2) Ermitteln Sie mit Hilfe des Ergebnisses aus a1) die zeitliche Abhängigkeit $E_{\text{kin}}(t)$ der kinetischen Energie der Tänzerin.



- a3) Berechnen Sie die Arbeit W , welche die Tänzerin bis zum Zeitpunkt $t = 4$ s verrichtet hat. Es sollen dabei folgende Zahlenwerte gelten:
 $J_0 = 1.2 \text{ kg m}^2$, $\omega_0 = 12 \text{ s}^{-1}$, $c = 0.125 \text{ s}^{-1}$

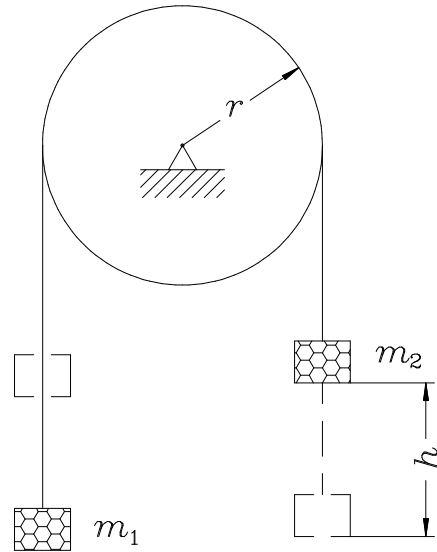
Die Tänzerin sei wieder in ihrer Ausgangsposition und sie drehe sich mit der Winkelgeschwindigkeit ω_0 um die Achse mit dem Massenträgheitsmoment J_0 . Wieder verkleinert die Tänzerin durch Anlegen der Arme ihr Massenträgheitsmoment. Jedoch wirkt jetzt infolge der Reibung am Boden ein konstantes Bremsmoment M_B .

- b1) Mit welcher zeitlichen Abhängigkeit $J(t)$ muß die Tänzerin ihr Massenträgheitsmoment verkleinern, damit sie sich auch während des Hereinziehens der Arme mit der konstanten Anfangswinkelgeschwindigkeit ω_0 dreht?
- b2) Nach welcher Zeit t_1 hat das Massenträgheitsmoment auf $J(t_1) = 1.0 \text{ kg m}^2$ abgenommen, wenn das Bremsmoment $M_B = 1 \text{ Nm}$ beträgt?

Übungsaufgaben zur Physik (Mechanik)

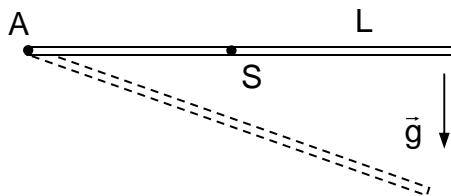
SK. Starrer Körper

SK.1 Zur experimentellen Bestimmung des Massenträgheitsmoments eines Rades wird ein Faden über das Rad gelegt, an dem zwei Körper mit den Massen $m_1 = 1 \text{ kg}$ und $m_2 = 1.5 \text{ kg}$ befestigt sind. Das Rad ist reibungsfrei gelagert, sein Radius ist $r = 30 \text{ cm}$. Man beobachtet, daß die Körper aus dem Stand in der Zeit $t = 2 \text{ s}$ einen Höhenunterschied $h = 1 \text{ m}$ zurücklegen.



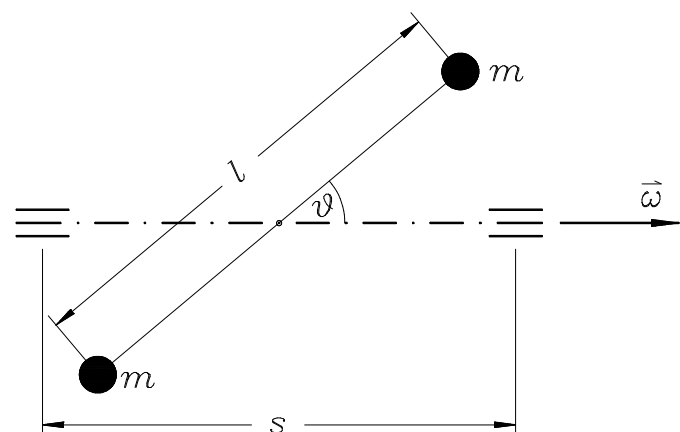
- Wie groß ist die Beschleunigung a , mit der sich die angehängten Körper bewegen?
- Bestimmen Sie die Kräfte im Faden jeweils über den beiden Körpern.
- Wie groß ist das Massenträgheitsmoment des Rades bezüglich der Drehachse?

SK.2 Ein langer dünner Stab der Masse $m = 1.4 \text{ kg}$ und der Länge $L = 1.8 \text{ m}$ ist im Punkt A reibungsfrei drehbar gelagert (siehe Skizze). Er wird aus waagrechter Lage losgelassen.



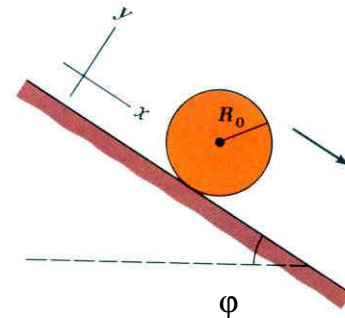
- Wie groß ist die Winkelbeschleunigung α des Stabes; die Beschleunigung a_S des Schwerpunkts S und die Beschleunigung des Stabendes bei Beginn der Bewegung?
 - Wie groß ist zu Anfang der Bewegung die Auflagerkraft F_A im Punkt A?
- c) Mit welcher Winkelgeschwindigkeit ω geht der Stab durch die vertikale Lage?

SK.3 Eine Hantel besteht aus zwei (punktförmig zu behandelnden Kugeln) der Masse $m = 2 \text{ kg}$, die durch einen dünnen Stab (vernachlässigbarer Masse) im Abstand $L = 80 \text{ cm}$ gehalten werden. Die Hantel wird mit der Drehzahl $n = 10 \text{ s}^{-1}$ so um ihren Schwerpunkt gedreht, daß Hantelachse und Drehachse den Winkel ϑ einschließen.



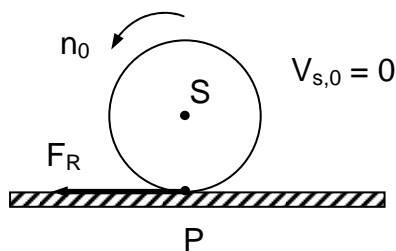
- Wie groß ist die Kraft F_L auf die beiden Lager, die im Abstand $s = 1 \text{ m}$ angeordnet sind, in Abhängigkeit vom Winkel ϑ ?
- Bei welchem Winkel tritt die maximale Lagerkraft auf und wie groß ist sie?

SK.4 Ein Rad (Radius $R_0 = 20$ cm und Masse $m = 20$ kg) rollt eine schiefe Ebene mit dem Neigungswinkel $\varphi = 15^\circ$ hinab. Nach Loslassen aus dem Stand legt es in der Zeit $t = 2$ s den Weg $s = 2.9$ m zurück.



- Wie groß ist sein Massenträgheitsmoment J_S bezüglich der Drehachse durch den Schwerpunkt?
- Wie groß muß der Haftreibungskoeffizient μ_H zwischen Rad und Unterlage mindestens sein, damit das Rad nicht rutscht?

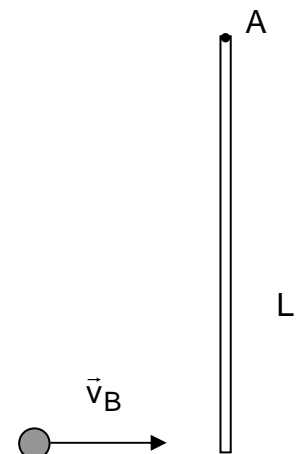
SK.5 Ein mit der Drehzahl $n_0 = 2800$ min⁻¹ rotierendes Rad (Masse $m = 2$ kg, Radius $r = 15$ cm, Massenträgheitsmoment $J_S = 300$ kg cm²,) wird auf den horizontalen Fußboden aufgesetzt. Infolge der Reibung zwischen Rad und Unterlage wird das Rad beschleunigt (siehe Skizze).



- Wie lange dauert der Rutschvorgang, wenn der Reibungskoeffizient zwischen Rad und Fußboden $\mu = 0.2$ beträgt?
 - Welche Endgeschwindigkeit v_{end} erreicht das Rad, nachdem der Rutschvorgang abgeschlossen ist?
- c) Welche Energie ΔE wurde während des Rutschvorgangs in Wärme umgesetzt?

SK.6 Eine lange dünne Stange (Länge $L = 2$ m, Masse $m_{\text{St}} = 3$ kg) ist an einem Ende reibungsfrei drehbar gelagert; sie hängt infolge der Schwerkraft senkrecht herunter. Gegen das untere Stangenende wird ein Gummiball der Masse $m_B = 100$ g geworfen. Unmittelbar vor dem Zusammenstoß hat der Ball die horizontale Geschwindigkeit $v_B = 2$ m s⁻¹. Der Stoßvorgang soll vollständig elastisch erfolgen.

- Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit ω , mit der sich die Stange unmittelbar nach dem Stoß zu drehen beginnt?
- Wie groß ist die Geschwindigkeit v_B' , mit welcher der Ball von der Stange abprallt?
- Beantworten Sie die Frage a) für den Fall, daß der Ball aus Knetmasse besteht und an der Stange kleben bleibt.



Lösungen zu Übungsaufgaben Mechanik

K. Kinematik

- K.1 1.11 s, ja, denn $\Delta x = 33.9$ m
K.2 62.2 km/h, 0.288 m/s^2
K.3 0.34 s, 0.082 s
K.4 a) 0.386 m/s^2 b) 28.8 s
K.5 a) 12.2 m/s
K.6 4.29 s, -34.2 rad/s^2
K.7 a) 104 rad/s^2 b) 111
K.8 a) 66.5 s b) 0.29 m/s^2 c) $1.46 \cdot 10^{-4} \text{ rad/s}^2$
d) $3.5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2$, 0.39 m/s^2 e) 6.7° , 53°

N. Grundgesetze der klassischen Mechanik NEWTON

- N.1 $a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g$ und $F_F = \frac{2 m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$
N.2 $\vec{F} = \begin{pmatrix} -2 \\ -5 \end{pmatrix} \text{ N}$
N.3 $a_{\max} = 2.45 \text{ m/s}^2$
N.4 a) $m_W/m_L \geq 1.18$ b) $m_W/m_L \geq 1.54$
N.5 a) $\mu_1 = 0.306$ b) $\mu_2 = 0.407$
N.6 a) $F_{\text{res}}/F_G = 0.773$ b) $v_{\text{gr}} = 147 \text{ km/h}$

I. Impulssatz

- I.1 a) $v = 0.25 \text{ m/s}$, $p = 0.5 \text{ N s}$ b) $a = 50 \text{ m/s}^2$
I.2 a) $\Delta p = 2.41 \cdot 10^4 \text{ kg m/s}$ b) $\bar{F} = 1.60 \text{ kN}$ c) $F_Z = 1.93 \text{ kN}$

$$\text{d) } \bar{F} = m \frac{v^2}{R} \frac{\sin(\frac{\varphi}{2})}{(\frac{\varphi}{2})}, \quad \lim_{\varphi \rightarrow 0} \bar{F} = m \frac{v^2}{R}, \quad \lim_{\varphi \rightarrow 2\pi} \bar{F} = 0$$

I.3 $x = 86 \text{ cm}$

I.4 a) $\bar{F} = 120 \text{ N}$ b) $\bar{F} = \bar{F}' = 120 \text{ N}$ c) $\bar{F}'' = 132 \text{ N}$

E. Arbeit und Energie

- E.1 a) $\Delta x = 34.7 \text{ cm}$ b) $v = 1.69 \text{ m/s}$
E.2 $x = 16.1 \text{ mm}$
E.3 $\beta = 48.2^\circ$

E.4 a) $v_0 = 5.38 \text{ m/s}$ b) 6.26 m/s c) Mit Antrieb.: $t = 2.87 \text{ s}$, Ohne Antrieb
 $t = 2.47 \text{ s}$ d) $v_0 = 5.38 \text{ m/s}$, $t = 2.87 \text{ s}$

E.5 a) $\bar{P} = 12.0 \text{ kW}$ b) $P(t=15\text{s}) = 24 \text{ kW}$ c) $\bar{P} = 13.8 \text{ kW}$

S. Stoßprozesse

S.1 a1) $v' = 2.45 \text{ m/s}$ a2) $f = 6\%$ b) $v_1' = 1.9 \text{ m/s}$, $v_2' = 3.11 \text{ m/s}$

S.2 a) $x = 10 \text{ cm}$ b) $v_A' = 0 \text{ m/s}$, $v_B' = 5 \text{ m/s}$

S.3 a) $v_2 = 100 \text{ m/s}$ b) $\Delta E = 0.745 E_{\text{kin},0}$

S.4 $v_1' = 16.5 \text{ m/s}$, $v_2' = 8.71 \text{ m/s}$, $v_{\text{rel}}' = v_1 - v_2 = 7.74 \text{ m/s}$

D. Drehbewegungen

D.1 $W = 351 \text{ J}$

D.2 a) $\omega_E = 0.208 \text{ rad/s}$ b) $E_{\text{kin},A} = 78.1 \text{ J}$, $E_{\text{kin},E} = 13.0 \text{ J}$

D.3 a) $J_K = 4.11 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^2$ b) $L_{\text{ges}} = 1.86 \text{ kg m}^2/\text{s}$ c) $n = 0.489 \text{ 1/s}$
d) $Q = -42.6 \text{ J}$

D.4 a) $\Delta L = 0.144 \text{ N m s}$ b) $\dot{\beta}_0 = 1.28 \text{ rad/s}$ c) $\hat{\beta} = 16.6^\circ$

D.5 a1) $\omega(t) = \frac{\omega_0}{1 - c t}$ a2) $E_{\text{kin}}(t) = \frac{E_{\text{kin},0}}{1 - c t}$ a3) $W = 86.4 \text{ J}$

b1) $J(t) = J_0 - \frac{M_B}{\omega_0} t$ b2) $t_1 = 2.4 \text{ s}$

SK. Starrer Körper

SK.1 a) $F_1 = 10.3 \text{ N}$, $F_2 = 14.0 \text{ N}$ b) $J = 0.658 \text{ kg m}^2$

SK.2 a) $\alpha = 8.18 \text{ rad/s}^2$; $a_S = 7.36 \text{ ms}^{-2}$; $a_{\text{Stabende}} = 14.7 \text{ ms}^{-2} = 1.5 \text{ g} !!$
b) $F_A = 3.43 \text{ N}$ c) $\omega = 4.04 \text{ rad/s}$

SK.3 a) $F_L = m \frac{L^2}{s} \pi^2 n^2 \sin(2\vartheta)$ b) $\vartheta = 45^\circ$, $F_{L,\text{max}} = 1263 \text{ N}$

SK.4 a) $J_S = 0.6 \text{ kg m}^2$ b) $\mu_H \geq 0.115$

SK.5 a) $t_E = 8.97 \text{ s}$ b) $v_E = 17.6 \text{ m/s}$ c) $\Delta E = 774 \text{ J}$

SK.6 a) $\omega = 0.182 \text{ rad/s}$ b) $v_B' = 1.64 \text{ m/s}$ c) $\omega = 0.091 \text{ rad/s}$