Hochschule Esslingen
University of Applied Sciences

Fakultät Grundlagen

Wintersemester 2006/07		Blatt 1 (von 4)
Studiengang:	BT(B)1 / CI(B)1	Semester 1
Prüfungsfach:	Physik 1	Fachnummer: 1040 1041 (B)
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 60 Minuten

Gesamtpunktzahl: 60

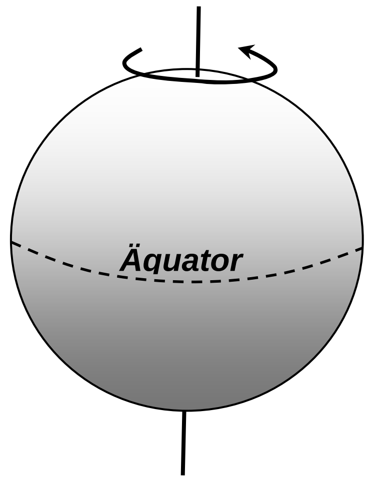
<u>Aufgabe 1:</u> Mechanisches ... **(24 Punkte)**

Diese Aufgabe besteht aus drei unabhängig voneinander lösbaren Teilaufgaben a) – c)

a) Erdbeschleunigung

Um welchen Faktor und um welchen Absolutwert unterscheidet sich der Betrag der Erdbeschleunigung g am Äquator von seinem Wert am Nordpol ? Treffen Sie zur Berechnung folgende Annahmen :

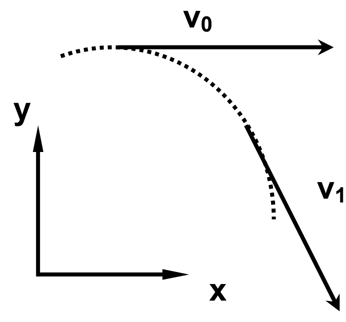
- Die Erde habe ideale Kugelform
- Der Erdradius betrage r_E = 6370 km
- Eine volle Erdrotation dauere 24 Stunden
- Am Nordpol habe g den exakten Wert 9.81 m/s^2



b) Bahnkurve

Ein Punkt der Masse m = 5 kg bewegt sich entlang einer Bahnkurve in der (x,y) Ebene. Seine Geschwindigkeit zu den Zeitpunkten t_0 = 0 s und t_1 = 2.5 s wird durch die beiden Vektoren v_0 und v_1 gegeben :

$$\vec{v}_0 = \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \end{pmatrix} \frac{m}{s} \qquad \text{und} \qquad \vec{v}_1 = \begin{pmatrix} 2 \\ -4 \end{pmatrix} \frac{m}{s}$$



b1) Welche mittlere Kraft wirkt während des Zeitintervalls [t_0, t_1] auf dem Massepunkt ein ? Geben Sie Betrag und Richtung der Kraft an !

b2) Wirkt während des Zeitintervalls [t_0, t_1] eine Kraft in Bahnrichtung des Massepunkts ? (Antwort bitte mit Begründung !)

Lösungsvorschlag ***Autor : H. Käß***

1 a) *Erdbeschleunigung*

Ruht ein Körper der Masse m am Äquator auf der Erdoberfläche, dann läuft er mit der Winkelgeschwindigkeit ω_E auf einer Kreisbahn mit Radius r_E um. Hierbei gilt

$$\omega_E = 2\,\pi / T = 2\,\pi / (24 \cdot 60 \cdot 60\text{ s}) = 7{,}272 \cdot 10^{-5}\text{ rad/s}$$

Auf diesen Körper wirken zwei Kräfte :

Schwerkraft F_G in Richtung Erdmittelpunkt $F_G = m\,g$
Zentrifugalkraft F_Z, sie ist F_G entgegen gerichtet $F_Z = m\,v^2 / r_E = m\,\omega_E^2\,r_E$

Am Nordpol ist $F_Z = 0$, dort wirkt nur F_G Die resultierende Kraft F_{res} am Äquator ist damit

$$F_{res} = F_G - F_Z = m\,g_{äqu}$$

Diese Kraft erteilt dem Körper eine resultierende Erdbeschleunigung $g_{äqu}$ von

$$g_{äqu} = F_{res} / m = g - \omega_E^2\,r_E = 9.81\text{ m/s}^2 - 0{,}0337\text{ m/s}^2 = 9{,}7763\text{ m/s}^2$$

Die Differenz zwischen der Erdbeschleunigung am Äquator und am Nordpol beträgt

$$\Delta g = g_{äqu} - g = -\omega_E^2\,r_E = \mathbf{-\,0{,}0337\text{ m/s}^2}$$

Der Faktor f zwischen diesen beiden Werten beträgt

$f = g_{äqu} / g =$ **0.9966** *(Kehrwert = 1,0034, Unterschied also 3‰)*

1 b) *Bahnkurve*

b1) Die mittlere Kraft $\vec{F}_m$ ist die Impulsänderung $\Delta\,\vec{p}$ pro Zeitintervall Δt $\vec{F}_m = \dfrac{\Delta\,\vec{p}}{\Delta\,t}$

mit $\Delta\,\vec{p} = m\,(\vec{v}_1 - \vec{v}_0\,) = m\left[\begin{pmatrix} 2 \\ -4 \end{pmatrix}\frac{m}{s} - \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \end{pmatrix}\frac{m}{s}\right] = \begin{pmatrix} -15 \\ -20 \end{pmatrix}\frac{kg\,m}{s}$ und $\Delta t = 2{,}5$ s

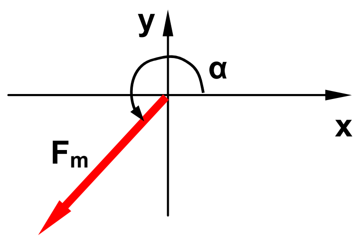
folgt $$\vec{F}_m = \begin{pmatrix} -6 \\ -8 \end{pmatrix} N$$

Der Betrag von F_m ist $\vec{F}_m = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{36 + 64}\;N = 10\,N$

Der Winkel α zwischen F_m und der positiven x-Achse folgt aus

tan α = 8 / 6 = 1,33 ⇒ **α = 233,13°**

(dies entspricht **53,13°** gegen die negative x-Achse)

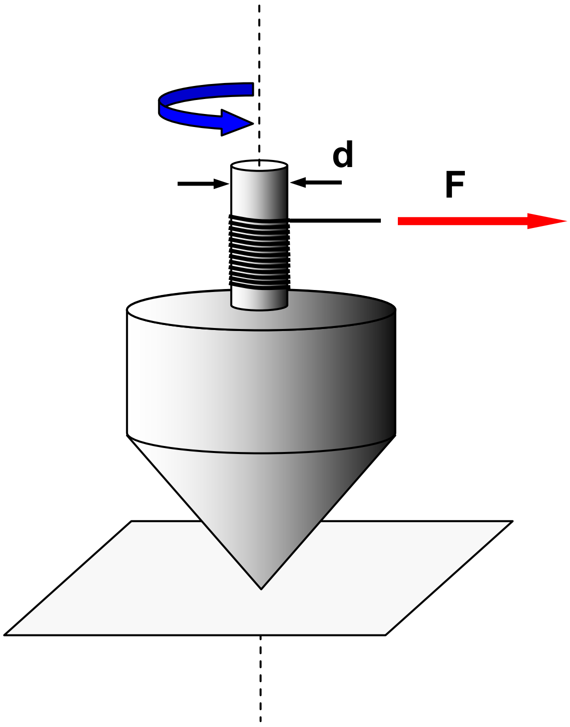


b2) Die Geschwindigkeitsbeträge sind

$$|\vec{v}_0| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 5\,m/s \qquad \text{und} \qquad |\vec{v}_1| = \sqrt{2^2 + 4^2}\;m/s = 4{,}47\,m/s$$

Der Körper wird offenbar abgebremst, also wirkt während des Zeitintervalls eine Kraft in Bahnrichtung des Objekts (sie ist entgegen der Bewegungsrichtung orientiert).

Wintersemester	2006/07	Blatt 2 (von 4)
Studiengang:	BT(B)1 / CI(B)1	Semester 1
Prüfungsfach:	Physik 1	Fachnummer: 1040 1041 (B)



c) Kinderkreisel

Die Achse eines Kinderkreisels sei raumfest und reibungsfrei gelagert und habe einen Durchmesser von 0.6 cm. Der Kreisel werde durch gleichmäßiges Ziehen mit der konstanten Kraft F = 3 N an einem um die Achse gewickelten Faden aus der Ruhelage in Rotation versetzt. Das Abwickeln des Fadens dauere 0.5 s, der Kreisel drehe sich dabei insgesamt 20 mal um sich selbst.

c1) Bestimmen Sie die während des Abwickelns als konstant angenommene Winkelbeschleunigung des Kreisels

c2) Welche Winkelgeschwindigkeit wird erreicht ?

c3) Welches Drehmoment wirkt während des Abwickelvorgangs auf den Kreisel ?

c4) Welche Arbeit wird am Kreisel verrichtet ?

c5) Wie groß ist das Massenträgheitsmoment des Kreisels ?

Lösungsvorschlag *Autor : H. Käß*

1 c) *Kinderkreisel*

c1) Es liegt eine Rotationsbewegung mit konstanter Winkelbeschleunigung α vor. Der Kreisel dreht sich insgesamt 20 mal um seine Achse, also um den Winkel

$$\varphi = 20 \cdot 2 \cdot \pi = 40\,\pi$$

Aus $\varphi = \frac{1}{2}\,\alpha\, t^2$ folgt $\alpha = (2\,\varphi) / t^2 = (80\,\pi) / 0{,}25\ s^2 = \mathbf{1005{,}3\ rad/s^2}$

c2) Für die Winkelgeschwindigkeit gilt $\omega = \alpha\, t$ $\omega = 1005{,}3 \cdot 0{,}5\ rad/s = \mathbf{502{,}6\ rad/s}$

c3) Das Drehmoment M ist gleich Kraft mal Hebelarm, also

$$M = 3\ N \cdot 0{,}3\ cm = \mathbf{9 \cdot 10^{-3}\ Nm}$$

c4) Die Arbeit W ergibt sich aus dem Gesamtdrehwinkel φ und der Drehmoment M zu

$$W = M \cdot \varphi = 9 \cdot 10^{-3}\ Nm \cdot 40\,\pi = \mathbf{1{,}131\ Nm}$$

c5) Das Massenträgheitsmoment J ergibt sich aus dem Energiesatz : $W = E_{rot} = \frac{1}{2}\, J\, \omega^2$

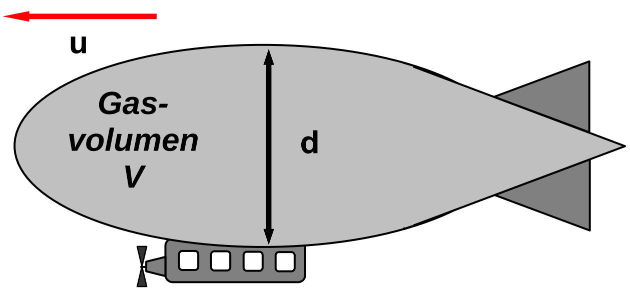
$$J = (2 \cdot W) / \omega^2 = \mathbf{0{,}895 \cdot 10^{-5}\ kg\ m^2}$$

alternativ könnte man J auch über das Drehmoment M berechnen:
Aus dem Grundgesetz der Rotationsbewegung $M = J\,\alpha$
folgt sofort $J = M / \alpha = 9 \cdot 10^{-3}\ Nm / 1005{,}3\ rad/s^2 = \mathbf{0{,}895 \cdot 10^{-5}\ kg\ m^2}$

Wintersemester	2006/07	Blatt 3 (von 4)
Studiengang:	BT(B)1 / CI(B)1	Semester 1
Prüfungsfach:	Physik 1	Fachnummer: 1040 1041 (B)

Aufgabe 2: Luftschiff **(18 Punkte)**

Ein Prallluftschiff besteht im wesentlichen aus einer mit Helium gefüllten, gasdichten und tropfenförmigen Hülle. Daran hängt die Passagiergondel mit Motor und Antriebspropeller. Der Druck des Heliums in der Hülle sei gleich dem umgebenden Luftdruck.



Dichtewerte (für 20°C, 1 bar):

ρ_L = 1,19 kg / m^3 Dichte von Luft
ρ_{He} = 0,15 kg / m^3 Dichte von Helium

Luftschiff :

c_W = 0,11 Widerstandsbeiwert
d = 12 m Durchmesser (kreisförmig)
m = 3,1 t Gesamtmasse (Hülle mit Gondel)

a) Welches Volumen V an Helium muß die Hülle des Luftschiffs enthalten, damit es bei einem Luftdruck von 1,000 bar gerade schwebt (Lufttemperatur 20°C)?

b) Das Luftschiff steigt 200 m in die Höhe. Um welchen Wert nimmt der Luftdruck bei diesem Aufstieg ab, wenn die Temperatur dabei konstant bleibt ?

Das Luftschiff bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit u = 10 m/s relativ zur umgebenden Luft. Sein Querschnitt ist eine Kreisfläche, der Einfluss von Gondel und Ruder ist im angegebenen c_w - Wert bereits berücksichtigt.

c) Wie groß ist die Luftwiderstandskraft aufgrund der turbulenten Umströmung ? Welche mechanische Leistung ist zur Aufrechterhaltung der Bewegung notwendig ?

Lösungsvorschlag Luftschiff *Autor : H. Käß*

a) Auftrieb

Die Auftriebskraft F_A ist gleich der Masse des verdrängten Luftvolumens V. Sie muß der Gewichtskraft F_H der Luftschiffhülle und F_{He} des Heliums im Luftschiff das Gleichgewicht halten:

$$F_A = \rho_L \cdot V \cdot g = F_H + F_{He}$$

$$= m \cdot g + \rho_{He} \cdot V \cdot g$$

also $V = m / (\rho_L - \rho_{He}) = 3{,}1 \cdot 103\ \text{kg} / (1{,}19\ \text{kg/m}^3 - 0{,}15\ \text{kg/m}^3) = \mathbf{2980{,}8\ m^3}$

b) Druckabnahme

Es gilt die barometrische Höhenformel $p(h) = p_0 \cdot \exp[- h \cdot (\rho_0 \cdot g/p_0)]$

Druck und Dichte der Luft in der Bezugshöhe h = 0 m betragen $p_0 = 1{,}000$ bar und $\rho_{He} = 1{,}19\ \text{kg/m}^3$, daraus ergibt sich der Druck in 200 m Höhe zu

$$p(200\text{m}) = 1{,}000\ \text{bar} \cdot \exp[- 200\ \text{m} \cdot (1{,}19 \cdot 9.81 / 10^5\ \text{m})]$$

$$= 1{,}000\ \text{bar} \cdot \exp[- 200\ \text{m} \cdot (1{,}1674 \cdot 10^{-4}\ 1/\text{m})]$$

$$= 1{,}000\ \text{bar} \cdot \exp[-0{,}02335] = 0{,}9769\ \text{bar}$$

$$= 97692\ \text{N/m}^2 = 97692\ \text{Pa}$$

Damit wird die Druckabnahme Δp bei Aufstieg um 200 m

$$\Delta p = p(200\text{m}) - p_0 = 97692\ \text{Pa} - 100000\ \text{Pa} = \mathbf{- 2307{,}7\ Pa}$$

c) Luftwiderstand

Für den Luftwiderstand F_W gilt bei der hier anzunehmenden turbulenten Umströmung

$$F_W = \tfrac{1}{2} \cdot \rho_L \cdot u^2 \cdot A \cdot c_W$$

A ist die kreisförmige Querschnittsfläche des Luftschiffs, also

$$A = \pi \cdot (d/2)^2 = \pi \cdot 36\ \text{m}^2 = 113{,}1\ \text{m}^2$$

damit wird $F_W = \tfrac{1}{2} \cdot 1{,}19\ \text{kg/m}^3 \cdot 100\ \text{m}^2/\text{s}^2 \cdot 113{,}1\ \text{m}^2 \cdot 0{,}11 = \mathbf{740{,}2\ N}$

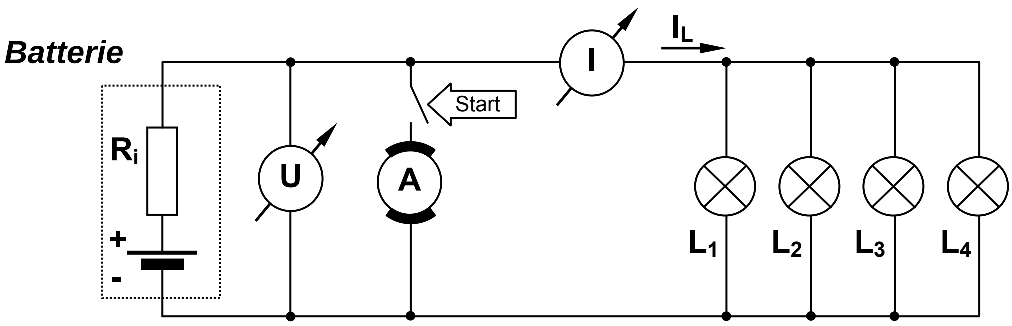
Um die Bewegung mit der konstanten Geschwindigkeit von 10 m/s aufrechtzuerhalten benötigt man die mechanische Leistung P_{mech}

$$P_{mech} = F_W \cdot u = 740{,}2\ \text{N} \cdot 10\ \text{m/s} = \mathbf{7402\ W = 7{,}4\ kW}$$

Wintersemester	2006/07	Blatt 4 (von 4)
Studiengang:	BT(B)1 / CI(B)1	Semester 1
Prüfungsfach:	Physik 1	Fachnummer: 1040 1041 (B)

Aufgabe 3: Bordnetz **(18 Punkte)**

An einem Auto wird das Standlicht eingeschaltet. Beim nachfolgenden Starten des Anlassers wird das Licht dunkler, bis der Motor anspringt. Der Vorgang wird mit zwei Messgeräten untersucht.



a) Ohne Belastung der Batterie zeigt das Spannungsmessgerät (U) den Wert 12,1 V an, bei Standlicht sinkt dieser auf 12 V ab. Die Strommessung (I) ergibt einen Stromfluss von I_L = 1,5 A durch die Lampen. Wie groß ist der Innenwiderstand R_i der Batterie ?

b) Bei Standlicht brennen die vier Lampen L_1 bis L_4 Sie sind für die Betriebsspannung 12 V ausgelegt. L_1 und L_2 haben jeweils eine Leistungsaufnahme von 5 W, L_3 und L_4 eine von je 4 W. Welchen Gesamtwiderstand haben die vier Lampen ?

c) Bei Betätigung des Anlassers (A) sinkt I_L auf 1 A ab. Welche Spannung zeigt das Messgerät (U) nun an und welcher Strom fließt durch den Anlasser ?

d) Welche elektrische Leistung nimmt der Anlasser auf ?

Lösungsvorschlag Bordnetz ***Autor : H. Käß***

a) Innenwiderstand der Batterie

Durch den Stromfluss I sinkt die Klemmenspannung U der Batterie von U_0 = 12,1 V um den Wert ΔU auf U_{stand} = 12 V ab, die Spannungsdifferenz ΔU fällt am Innenwiderstand R_i ab. Es gilt

$\Delta U = U_0 - U_{stand} = R_i \cdot I$ daraus $R_i = \Delta U / I = 0{,}1\ \text{V} / 1{,}5\ \text{A} = \mathbf{0{,}066\ \Omega}$

b) Widerstände der Lampen und Ersatzwiderstand

Leistung $P = U \cdot I$ und Widerstand $R = U/I$ hängen zusammen. Mit $I = U/R$ folgt $P = U^2/R$ und damit

$$R = U^2/P$$

Die für eine Betriebsspannung von 12 V ausgelegten Lampen L_1 und L_2 der Leistung 5 W haben demnach den gleichen Widerstand

$$R_1 = R_2 = (12\ \text{V})^2 / 5\ \text{W} = 28{,}8\ \Omega$$

Die Lampen L_3 und L_4 haben den gleichen Widerstand

$$R_3 = R_4 = (12\ \text{V})^2 / 4\ \text{W} = 36\ \Omega$$

Der Gesamtwiderstand R_{ges} dieser 4 parallel geschalteten Widerstände R_1 bis R_4 folgt aus

$1/R_{ges} = \Sigma\ 1/R_i = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4 = 0.125\ 1/\Omega$ also $R_{ges} = \mathbf{8\ \Omega}$

Hinweis: Dies kann auch aus der Gesamtleistung berechnet werden, die von den Lampen aufgenommen wird. Diese ist P_{ges} = 18 W, daher ist $R_{ges} = (12\ V)^2/18\ W = 8\ \Omega$

c) Anlassen

Während des Anlassens sinkt der Strom durch die Lampen auf I_L = 1 A ab. Die Lampen haben zusammen den Ersatzwiderstand R_{ges} = 8 Ω. Sowohl an den Lampen als auch am Anlasser liegt die gleiche Spannung U an. Sie hat den Wert :

$$U = R_{ges} \cdot I_L = 8\ \Omega \cdot 1\ \text{A} = \mathbf{8\ V}$$

(das Strommessgerät sei ideal, sein Innenwiderstand kann daher vernachlässigt werden)

Dieser Wert wird von dem Spannungsmessgerät angezeigt und ist die aktuelle Klemmenspannung U_{kl} der Batterie. Durch den Anlasser fließt der Strom I_A, durch die Lampen der Strom I_L, insgesamt wird also von der Batterie der Strom $I_{ges} = I_L + I_A$ geliefert.

Die Klemmenspannung ist $U_{kl} = U_0 - R_i \cdot I_{ges}$

Somit beträgt der Gesamtstrom $I_{ges} = (U_0 - U_{kl})/R_i = (12{,}1\ \text{V} - 8\ \text{V})/0{,}066 = 61{,}5\ \text{A}$

und der Strom durch den Anlasser $I_A = I_{ges} - I_L = \mathbf{60{,}5\ A}$

d) Anlasserleistung

Spannung und Strom am Anlasser betragen U = 8 V und I_A = 60,5 A. Dies entspricht der elektrischen Leistung

$$P_A = U \cdot I_A = \mathbf{484\ W = 0{,}48\ kW}$$