FACHHOCHSCHULE HANNOVER	Name	....
Fak II Abt. M WS 2009/10	Matrikelnummer	....
Prof. Dr. G. Haussmann und Prof. Dr. U. J. Schrewe		Experimentalphysik 1

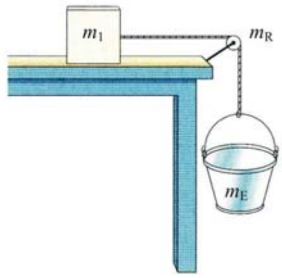
1/16	2/20	3/16	4/15	5/20	6/18	SUM

Dienstag 19. Januar 2010

1. **Kinematik** (16 Punkte): Der Fahrer eines Pkw setzt bei der Geschwindigkeit 61,2 km/h mit seinem Fahrzeug zum Überholen eines Lkw an. Er beschleunigt sein Fahrzeug konstant mit a =1,2 m/s² und beendet den Überholvorgang nach 160 m Wegstrecke.
   a) Zeichnen Sie das v-t-Diagramm.$_3$ Wie lange dauert der Überholvorgang? $_{10}$
   b) Welche Geschwindigkeit erreicht der Pkw nach Beendigung des Überholvorgangs? $_3$

2. **Wurf** (20 Punkte): Ein Stein wird von einem Balkon aus h=10 m Höhe unter einem Winkel von α=30° gegen die Horizontale mit v_0=10 m/s schräg nach unten geworfen.
   a) In welcher horizontalen Entfernung vom Abwurfpunkt schlägt der Stein auf dem Boden auf? $_{10}$
   b) Wie groß ist der Betrag der Aufprallgeschwindigkeit? $_5$

3. **Dynamik** (16 Punkte): Eine Masse $m_1 = 1kg$, die auf einem Tisch ruht, ist über ein Seil mit einem Eimer (Masse des leeren Eimers $m_E = 0,1kg$) verbunden. Das (masselose) Seil wird über eine homogene zylinderförmige Umlenkrolle mit der Masse $m_R = 0,5kg$ umgelenkt.



   a) Die Haftreibungszahl der Masse auf dem Tisch beträgt $\mu_H = 0,5$. Welche Masse Wasser muss in den Eimer gefüllt werden, damit die Masse gleitet? $_4$

   b.) Die Gleitreibungszahl beträgt $\mu_H = 0,4$. Wie groß ist die Beschleunigung, wenn der Eimer mit der in a) bestimmten Masse Wasser gefüllt ist? $_{12}$

4. **Leistung** (15 Punkte): Auf einem Hang (Länge L; Neigungswinkel α gegen die Horizontale läuft ein Schlepplift. Welche Leistung P_L muss der Lift aufbringen, um N Personen der (mittleren) Masse m mit der Geschwindigkeit v den Hang hinaufzuschleppen? Berechnen Sie die notwendige Leistung P_L für folgende Betriebsbedingungen: N = 30, m = 75 kg, v = 1,2 m/s, α = 25°, L = 1200 m, Gleitreibungszahl $\mu_G = 0,08$ zwischen Skibelag und Schnee. $_{15}$

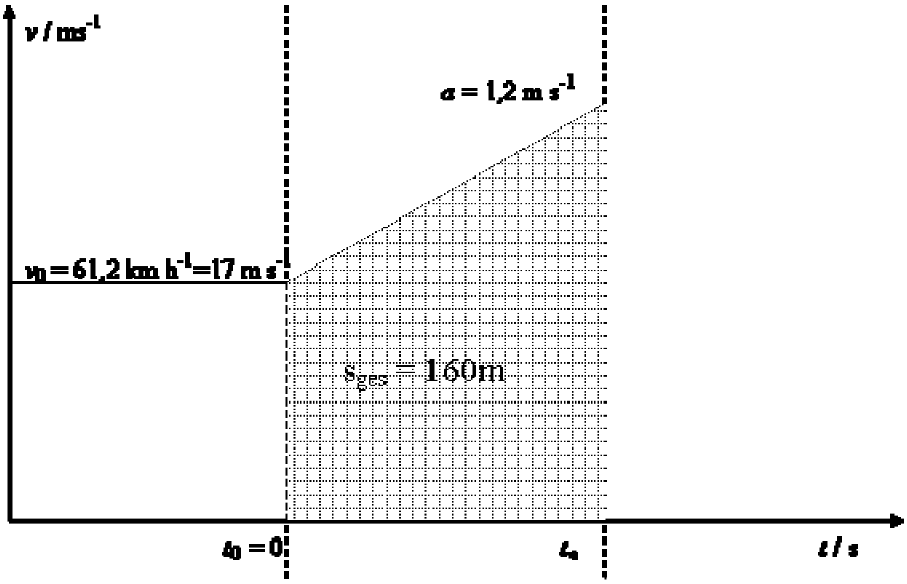
5. **Impuls und Energie** (20 Punkte): PKW$_1$ mit Masse m_1 = 800 kg fährt auf einen langsamer fahrenden PKW$_2$ mit Masse m_2 = 1600kg auf. Nach dem Auffahrunfall kann aus Reifenspuren auf folgende Geschwindigkeiten nach der Kollision geschlossen werden: u_1 = 13 m/s und u_2 = 13,5 m/s. Anhand der Schäden an den beiden Unfallfahrzeugen schätzt ein Sachverständiger die totale Verformungsenergie auf Q = 26,6 kJ. Wie groß waren die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 der beiden Fahrzeuge vor dem Unfall? $_{20}$

6. **Drehimpuls** (18 Punkte): Zwei anfangs getrennte Scheiben rotieren auf einer gemeinsamen Achse gleichsinnig mit verschiedenen Drehzahlen (n_1 und $n_2 = 0,5 \cdot n_1$). Das Verhältnis der beiden Massenträgheitsmomente ist $J_2 = 2 \cdot J_1$. Nach einem von außen berührungsfreien Zusammenschieben reiben die Scheiben aufeinander, bis sie mit der gleichen Enddrehzahl n_E rotieren.
   a) Bestimmen Sie diese Enddrehzahl n_E in Abhängigkeit von n_1. $_{10}$
   b) Welcher Anteil p der anfänglichen Rotationsenergie wurde beim Kupplungsprozess in nicht-mechanische Energieformen umgesetzt? $_8$

Hilfsmittel:	Physikalische Formelsammlung, Taschenrechner
Bearbeitungszeit:	90 Minuten
Bearbeitungshinweise:	Der Lösungsweg muss erkennbar und für den Korrigierenden nachvollziehbar sein. Geben Sie die Ergebnisse der Zahlenrechnung mit sinnvoller Ziffernzahl an. Für die Erdbeschleunigung kann der Wert $g \cong 10\,m\,s^{-2}$ verwendet werden.

Lösungen:

1a. *v*-*t*-Diagramm:



Für den Gesamtweg gilt: $s_{ges} = v_0\, t_e + \frac{1}{2} a\, t_e^2$

Überholdauer t_e: $t_e = -\frac{17}{1,2} s \pm \sqrt{\left(\frac{2\cdot 160}{1,2} + \frac{289}{1,44}\right) s^2} = (-14,16 \pm 21,61)\, s = 7,44\, s$

1b. Geschwindigkeit bei t_e: $v(t_e) = v_0 + a \cdot t_e = (17 + 1,2 \cdot 7,44)\, m\, s^{-1} = 25,93\, m\, s^{-1}$

$v(t_e) = 25,93\, m\, s^{-1} = 93,3\, km\, h^{-1}$

2a. Bezeichnungen: Horizontal - x-Achse, Vertikal - y-Achse

Anfangsgeschwindigkeiten: $v_{0,x} = v_0 \cdot \cos(30°) = 8,66\, m\, s^{-1}$

$v_{0,y} = -v_0 \cdot \sin(30°) = -5,00\, m\, s^{-1}$

Gleichmäßig beschleunigte Bewegung in negative y-Richtung mit Anfangsgeschwindigkeit v_{0y} und Beschleunigung $g = -10\, m\, s^{-2}$: $-h = \frac{1}{2} g\, t_{ges}^2 + v_{0,y} t_{ges}$

Lösung: $t_{ges} = -0,5\, s \pm \sqrt{\frac{v_{0,y}^2}{g^2} - \frac{2\,h}{g}} = -0,5\, s \pm 1,5\, s$

$t_{ges,+} = 1,0\, s$

($t_{ges,-} = -2,0\, s$ scheidet als negative Lösung aus.)

Reichweite R_y in horizontaler x-Richtung in $t_{ges,+} = 1,0\, s$.

Lösung: $R_y = v_{0,x} \cdot t_{ges,+} = 8,66\, m$

2b. Energieerhaltungssatz: $$m\,g\,h+\frac{1}{2}m\,v_0^2=\frac{1}{2}m\,v_{AP}^2$$

Aufprallgeschwindigkeit v_{AP}: $$v_{AP}=\sqrt{2g\,h+v_0^2}=\sqrt{\left(2\cdot10\cdot10+10^2\right)m^2\,s^{-2}}=17{,}3\,m\,s^{-1}$$

3a. Die Masse m_1 gleitet, wenn die Summe der Gewichtskräfte von Eimer und Wasserfüllung $F_{g,E}+F_{g,W}$ größer ist, als die Haftreibungskraft $F_{H,\max}$.

$$F_{g,E}+F_{g,W}=\left(m_E+m_W\right)g>\mu_H\,m_1\,g=F_{H,\max}$$

Lösung: $$m_W>\mu_H\,m_1-m_E=0{,}5\cdot1kg-0{,}1kg=0{,}4\,kg$$

3b. Bezeichnungen:

$F_{S,r}$ - Seilkraft rechts der Umlenkrolle

$F_{S,l}$ - Seilkraft links der Umlenkrolle

F_G - Gleitreibungskraft für m_1

R - Radius der Umlenkrolle

Ansatz nach D'Alembert::

Kräfte an der Masse m_E: $$\left(\left(F_{g,E}+F_{g,W}\right)-F_{S,r}\right)-\left(m_E+m_W\right)a=0 \qquad \text{(Gl.1)}$$

Kräfte an der Masse m_1: $$\left(F_{S,l}-F_G\right)-m_1\,a=0 \qquad \text{(Gl. 2}$$

Drehmomente an der Rolle m_R: $$\left(F_{S,r}-F_{S,l}\right)\cdot R-J\,\alpha=0 \qquad \text{(Gl. 3)}$$

Es gilt: $$J=\frac{1}{2}m_R\,R^2 \text{ und } \alpha=\frac{a}{R} \text{ (Rollbedingung)} \qquad \text{(Gl. 4 u. 5)}$$

Aus Gl. 1 bis Gl. 5 folgt: $$a=\frac{m_E+m_W-\mu_G\,m_1}{m_E+m_W+\frac{1}{2}m_R+m_1}\cdot g$$

Lösung: $$a=\frac{0{,}1+0{,}4-0{,}4\cdot1}{0{,}1+0{,}4+\frac{1}{2}0{,}5+1}\cdot g=\frac{0{,}1}{1{,}75}\cdot g=0{,}057\cdot g=0{,}57\,m\,s^{-2}$$

4. Leistung (Methode 1): $$P_L=N\cdot\left(F_H+F_G\right)\cdot v$$

mit Hangabtriebskraft $$F_H=m\,g\sin\left(25°\right)=317{,}0\,N$$

und Gleitreibungskraft: $$F_G=\mu_G\cdot m\,g\cdot\cos\left(25°\right)=54{,}4N$$

Lösung 1: $$P_L=30\cdot\left(317{,}0+54{,}4\right)N\cdot1{,}2\,m\,s^{-1}=13{,}37kW$$

Leistung (Methode 2): $$P_L=\frac{dW}{dt}=\frac{N\cdot\left(m\,g\,h_{\max}+\mu_G\,m\,g\cos\left(25°\right)\cdot L\right)}{L/v}$$

$$P_L=\frac{N\,m\,g\,L\left(\sin\left(25°\right)+\mu_G\cos\left(25°\right)\right)}{L/v}$$

Lösung 2: $$P_L=N\,m\,g\left(\sin\left(25°\right)+\mu_G\cos\left(25°\right)\right)\cdot v=13{,}37\,kW$$

5. Impulserhaltungssatz: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2 = 32.000\,kg\,m\,s^{-1}$

$$v_2 = \frac{32.000\,kg\,m\,s^{-1}}{1600\,kg} - \frac{800}{1600} v_1 = 20\,m\,s^{-1} - \frac{1}{2} v_1$$

Energieerhaltungssatz: $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 + Q = 240\,k\,J$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot \left(20\,m\,s^{-1} - \frac{1}{2} v_1\right)^2 = 240\,k\,J$$

$$v_1^2 + \frac{2}{1} \cdot \left(400\,m^2\,s^{-2} - 20\,m\,s^{-1} \cdot v_1 + \frac{1}{4} v_1^2\right) = 600\,m^2 s^{-2}$$

$$v_1^2 + 800\,m^2\,s^{-2} - 40\,m\,s^{-1}\,v_1 + \frac{1}{2} v_1^2 = 600\,m^2 s^{-2}$$

$$\frac{3}{2} v_1^2 - 40\,m\,s^{-1} \cdot v_1 = -200\,m^2 s^{-2}$$

$$v_1^2 - \frac{80}{3} v_1 = -\frac{400}{3} m^2 s^{-2}$$

$$v_1^2 - 2\frac{40\,m}{3\,s} v_1 + \left(\frac{40\,m}{3\,s}\right)^2 = \left(\frac{1600}{9} - \frac{1200}{9}\right) m^2 s^{-2}$$

$$v_1 = \frac{40}{3}\,ms^{-1} \pm \sqrt{\frac{400\,m^2}{9\,s^2}} = \frac{40}{3}\,ms^{-1} \pm \frac{20}{3}\,ms^{-1}$$

Lösungen: $v_{1,+} = 20\ ms^{-1}$ und $v_{2,+} = 10\ ms^{-1}$

(Die Lösungen zur negativen Wurzel scheiden aus, da $v_{1,-} = \frac{20}{3}\ ms^{-1}$ kleiner ist als $v_{2,-} = \frac{50}{3}\ m\,s^{-1}$ und in diesem Fall kein Auffahrunfall möglich wäre.)

6a. Gesamtdrehimpuls vor dem Zusammenschluss:

$$L_{ges,vorher} = L_1 + L_2 = J_1\,\omega_1 + J_2\,\omega_2 = J_1\,2\pi\,n_1 + J_2\,2\pi\,n_2$$

Mit $J_2 = 2\,J_1$ und $n_2 = 0{,}5\,n_1$ folgt:

$$L_{ges,vorher} = J_1\,2\pi\,n_1 + (2\,J_1) \cdot 2\pi \cdot (0{,}5 \cdot n_1) = 4\,\pi\,n_1 J_1$$

Nach dem Zusammenschluss drehen beide Scheiben mit der Drehzahl n_E. Das gemeinsame Massenträgheitsmoment ist die Summe der einzelnen Massenträgheitsmomente.

$$L_{ges,nachher} = 2\pi\,n_E\,(J_1 + J_2)$$

Beim Zusammenschluss gilt der Drehimpulserhaltungssatz:

$$L_{ges,vorher} = 4\,\pi\,n_1 J_1 = 2\pi\,n_E\,(J_1 + J_2) = L_{ges,nachher}$$

Mit $J_2 = 2\,J_1$ folgt: $L_{ges,vorher} = 4\,\pi\,n_1 J_1 = 2\pi\,n_E \cdot 3\,J_1 = L_{ges,nachher}$

Lösung: $n_E = \frac{2}{3} n_1$

6b. Rotationsenergie vor dem Zusammenschluss:

$$E_{Rot,vorher} = \frac{1}{2} J_1\, \omega_1^2 + \frac{1}{2} J_2\, \omega_2^2$$

$$E_{Rot,vorher} = \frac{1}{2} J_1\, 4\pi^2 n_1^2 + \frac{1}{2} 2J_1\, 4\pi^2\, \frac{1}{4} n_1^2 = \frac{3}{2}\left(\frac{1}{2} J_1\, 4\pi^2 n_1^2\right)$$

Energieerhaltungssatz: $$\frac{1}{2} J_1\, \omega_1^2 + \frac{1}{2} J_2\, \omega_2^2 = \frac{1}{2}\left(J_1 + J_2\right)\omega_E^2 + Q$$

wobei *Q* die nicht-mechanischen Energieformen bezeichnet.

$$\frac{1}{2} J_1\, 4\pi^2 n_1^2 + \frac{1}{2} J_2\, 4\pi^2 n_2^2 = \frac{1}{2}\left(J_1 + J_2\right) 4\pi^2 n_E^2 + Q$$

Mit $J_2 = 2\,J_1$, $n_2 = \frac{1}{2} n_1$ und $n_E = \frac{2}{3} n_1$ folgt:

$$\frac{1}{2} J_1\, 4\pi^2 n_1^2 + \frac{1}{2} 2J_1\, 4\pi^2\, \frac{1}{4} n_1^2 = \frac{1}{2} 3J_1\, 4\pi^2\, \frac{4}{9} n_1^2 + Q$$

$$Q = \frac{1}{2} J_1\, 4\pi^2 n_1^2 + \frac{1}{2} 2J_1\, 4\pi^2\, \frac{1}{4} n_1^2 - \frac{1}{2} 3J_1\, 4\pi^2\, \frac{4}{9} n_1^2$$

$$Q = \frac{1}{2} J_1\, 4\pi^2 n_1^2 \left(1 + \frac{1}{2} - \frac{4}{3}\right) = \frac{1}{6}\left(\frac{1}{2} J_1\, 4\pi^2 n_1^2\right)$$

Prozentualer Anteil: $$p = \frac{Q}{E_{Rot,vorher}} = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{3}{2}} = \frac{1}{9}$$