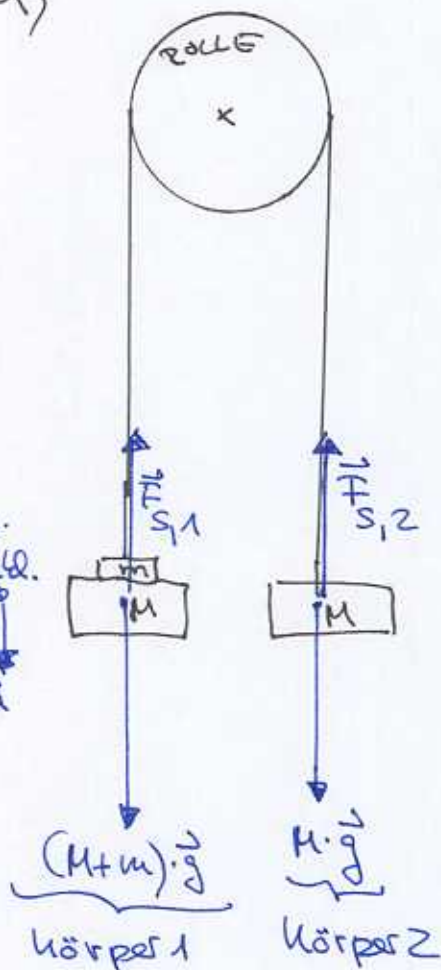


Aufgabe 1

9)



Ausatz:

Gesamtanordnung ist beschleunigt, es wird eine konstante Beschleunigung $\vec{a}$

$$\vec{F}_{\text{res}} = \underbrace{(M+M+m)}_{\text{Körper 1 Körper 2}} \cdot \vec{a}$$

Kräftebilanz:

$$(M+M+m) \cdot \vec{a} = \overbrace{(M+m) \cdot \vec{g} + \vec{F}_{S,1}}^{\text{Körper 1}} - \underbrace{M \cdot \vec{g} - \vec{F}_{S,2}}_{\text{Körper 2}}$$

es gilt $\vec{F}_{S,1} = \vec{F}_{S,2} = \vec{F}_S$

beide Seilkräfte sind gleich groß!

(da Rolle, muß ich die Kräfte von Körper 2 'formal' abziehen!)

$$(M+M+m) \cdot \vec{a} = (M+m) \cdot \vec{g} - M \cdot \vec{g}$$

$\vec{F}_{\text{res}}$, erzeugt result. Beschleunigung $\vec{a}$

$$\vec{a} = \frac{m}{2M+m} \cdot \vec{g}$$

$$a = \frac{0.2 \text{ kg}}{1.8 \text{ kg} + 0.2 \text{ kg}} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.1 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

falls $a = -1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

angegeben wird, ist dies auch korrekt

b) $a = \frac{m}{2M+m} \cdot g = \text{konstante Beschleunigung}$

Ansatz: $z(t) = -\frac{1}{2}at^2 + v_0t + h$

$$0 = -\frac{1}{2}at_1^2 + v_0t_1 + h$$

da $v_0 = 0$

$$0 = -\frac{1}{2}at_1^2 + h$$

$$at_1^2 = 2h \Rightarrow t_1^2 = \frac{2h}{a} \quad t_1 = +\sqrt{\frac{2h}{a}}$$

mit $h = 2\text{m}$, $a = 1\text{m/s}^2$;

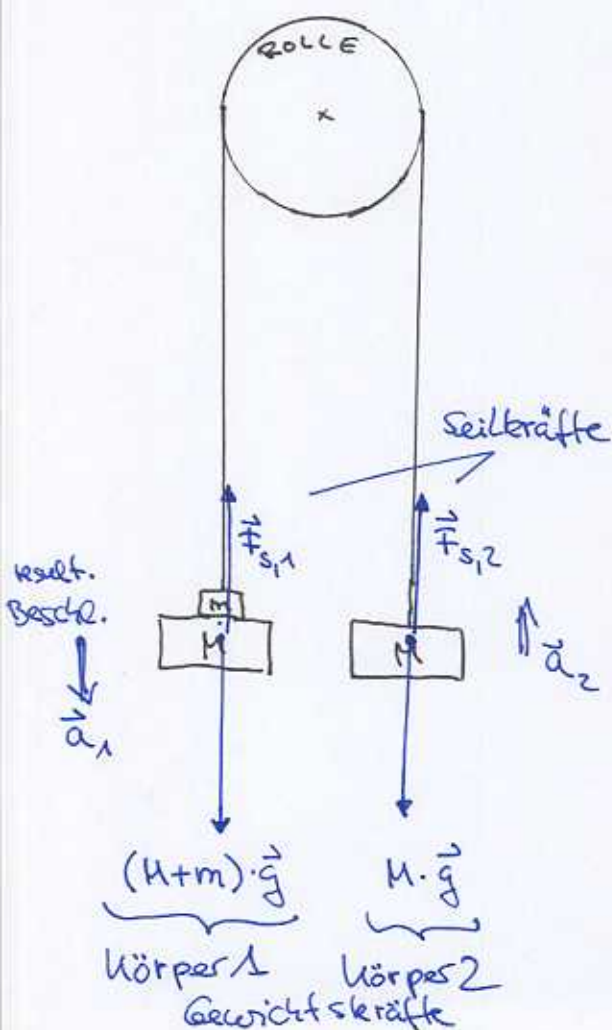
$$t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 2\text{m} \cdot \text{s}^2}{1\text{m}}} = \sqrt{4}\text{s} = 2\text{s}$$

$$t_1 = 2\text{s}$$

$-\frac{1}{2}at^2$ da $z(t)$ abnimmt!

(oder $+\frac{1}{2}at^2$ und es wird mit neg. a gerechnet!)

c) Betrachtung der Seilkräfte:



grundsätzlich:

beide Seilkräfte sind vom Betrag her exakt gleich groß (Rolle!), daher kann alternativ entweder $\vec{F}_{S,1}$ oder $\vec{F}_{S,2}$ (oder sogar beide!) betrachtet werden!

Körper 2 und Körper 1 bewegen sich mit der gleichen Beschleunigung, nur sind die Vektoren $\vec{a}_1$ und $\vec{a}_2$ antiparallel, $\vec{a}_1$ nach unten, $\vec{a}_2$ nach oben!

$$\vec{a} = \vec{a}_1 = -\vec{a}_2$$

(im folgenden nur noch a !)

Seilkraft Körper 2:

$$\vec{F}_{\text{res},2} = M \cdot \vec{a} = M \cdot \vec{g} + \vec{F}_{S,2}$$

einleiten:

$$M \cdot a = -M \cdot g + F_{S,2}$$

a und g sind antiparallel !!

$$\boxed{F_{S,2} = M \cdot (a + g)}$$

$$\text{mit } a = \frac{m}{2M+m} \cdot g$$

$$\boxed{F_{S,2} = M \cdot \left(\frac{m}{2M+m} + 1 \right) \cdot g}$$

$F_{S,2} = M \cdot (a + g)$ $= 0,9 \text{ kg} \cdot (1 + 10) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $= 0,9 \cdot 11 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ $F_{S,2} = \underline{\underline{9,9 \text{ N}}}$	$F_{S,2} = M \cdot \left(\frac{m}{2M+m} + 1 \right) \cdot g$ $= 0,9 \text{ kg} \cdot \left(\frac{0,2}{1,8 + 0,2} + 1 \right) \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $= 0,9 \cdot (0,1 + 1) \cdot 10 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ $= 0,9 \cdot 11 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{9,9 \text{ N}}}$
--	--

Seilkraft Körper 1

$$\vec{F}_{\text{res},1} = (M+m) \cdot \vec{a} = (M+m) \cdot \vec{g} + \vec{F}_{S,1}$$

einleiten:

$$-(M+m) \cdot a = -(M+m) \cdot g + F_{S,1}$$

$$\boxed{F_{S,1} = (M+m) \cdot (g - a)}$$

$$F_{S,1} = (0,9 + 0,2) \text{ kg} \cdot (10 - 1) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{S,1} = 1,1 \text{ kg} \cdot 9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{9,9 \text{ N}}} \text{ (s.o.)}$$

↓ Seilkräfte sind identisch!

für Zweifel:

Setze explizit

$$\boxed{F_{s,1} = F_{s,2}}$$

$$(M+m)(g-a) = M(g+a)$$

$$M \cdot g + m \cdot g - M \cdot a - m \cdot a = M \cdot g + M \cdot a$$

$$m \cdot g - m \cdot a = 2M \cdot a$$

$$m \cdot g = 2M \cdot a + m \cdot a = (2M+m) \cdot a$$

$$\Rightarrow \boxed{a = \left(\frac{m}{2M+m} \right) \cdot g}$$

liefert die korrekte Beschleunigung, s. a)

d) die Seilkräfte $\vec{F}_{s,1}$ und $\vec{F}_{s,2}$ übertragen die Kräfte auf den Aufhängepunkt, dort greifen beide Seilkräfte an. Da gilt $\vec{F}_{s,1} = \vec{F}_{s,2}$, gilt für F_A :

$$\boxed{F_A = F_{s,1} + F_{s,2} = 2 \cdot F_s}$$

$$= 2 \cdot 9,8 \text{ N} = 19,8 \text{ N}$$

$$\boxed{F_A = 19,8 \text{ N}}$$

Anmerkung: Ansatz nur mit Gewichtskräften ist inkorrekt,

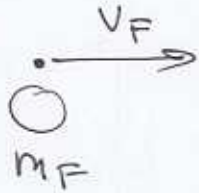
$$F_G = (2M+m) \cdot g = (1,8 + 0,2) \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ = 2 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{20 \text{ N}}$$

berücksichtigt nicht, daß Anordnung sich beschleunigt bewegt!!

Aufgabe 2

a) Vor dem Stoß:

Trainer

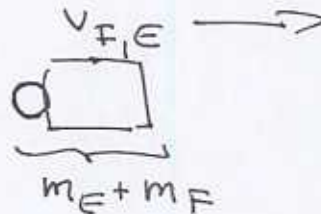


$$v_E = 0$$

$$\boxed{m_E}$$

Impulsbilanz: $m_F \cdot v_F$

nach dem Stoß (total inelast. Stoß!)



Impulsbilanz: $(m_E + m_F) \cdot v_{F,E}$

beim total inelast. Stoß gilt Impulserhaltung!

$$m_F \cdot v_F = (m_E + m_F) \cdot v_{F,E}$$

$$v_{F,E} = \frac{m_F \cdot v_F}{m_E + m_F}$$

$$m_E = 88 \text{ kg}$$

$$m_F = 2 \text{ kg}$$

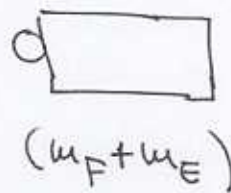
$$v_F = 9 \text{ m/s}$$

$$v_{F,E} = \frac{2 \text{ kg} \cdot 9 \text{ m/s}}{90 \text{ s} \cdot (2 \text{ kg} + 88 \text{ kg})} = \frac{18}{90} \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{1}{5} \text{ m/s}$$

$$v_{F,E} = 0,2 \text{ m/s}$$

b) vor dem Wurf / Stoß

Trainer

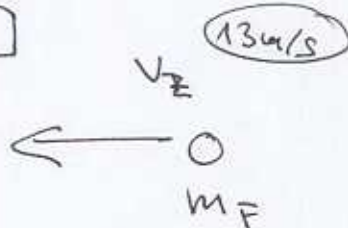


$0,2 \text{ m/s}$

$$\begin{aligned} \text{Impuls: } (m_E + m_F) \cdot v_{F,E} &= (88 + 2) \text{ kg} \cdot 0,2 \text{ m/s} \\ &= 90 \text{ kg} \cdot 0,2 \text{ m/s} = 18 \text{ kg m/s} \end{aligned}$$

nach dem Wurf / Stoß

Trainer



13 m/s

Impuls der Flasche

$$\begin{aligned} -m_F \cdot v_z &= -2 \text{ kg} \cdot 13 \text{ m/s} \\ &= -26 \text{ kg m/s} \end{aligned}$$



Rückstoß des Eishockeyspielers!

$$\Delta p = 18 + 26 \text{ kg m/s} = 44 \text{ kg m/s}$$

$$\text{mit } m = 88 \text{ kg} \Rightarrow \underline{v_E = 0,5 \text{ m/s}}$$

oder formal mit Impulserhaltung:

$$(m_F + m_E) \cdot v_{F,E} = m_E \cdot v_E - m_F \cdot v_z$$

$$v_E = \frac{m_F + m_E}{m_E} \cdot v_{F,E} + \frac{m_F}{m_E} \cdot v_z$$

$$= \frac{2 + 88}{88} \cdot 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} + \frac{2}{88} \cdot 13 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{90}{88} \cdot 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} + \frac{26}{88} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$= \left(\frac{18}{88} + \frac{26}{88} \right) \frac{\text{m}}{\text{s}} = \left(\frac{44}{88} \right) \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\boxed{v_E = 0,5 \text{ m/s}}$$

⊖ ist wichtig,
da die Flasche
Zurückgeworfen wird!

c) Impulsbilanz:

$$(m_F + m_E) \cdot v_{F|E} = \left(m_E + \frac{m_F}{2}\right) \cdot v_E - \frac{m_F}{2} \cdot v_Z$$

$$\frac{m_F + m_E}{\frac{m_F}{2} + m_E} \cdot v_{F|E} + \frac{m_F/2}{(m_E + m_F/2)} \cdot v_Z = v_E$$

$$v_E = \left(\frac{2 + 88}{1 + 88}\right) \cdot 0,12 \frac{\text{m}}{\text{s}} + \frac{1}{88 + 1} \cdot 13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_E = \frac{90}{89} \cdot 0,12 \frac{\text{m}}{\text{s}} + \frac{1}{89} \cdot 13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_E = \left(\frac{18}{89} + \frac{13}{89}\right) \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{31}{89} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$v_E = \frac{31}{89} \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$v_E = 0,348 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Aufgabe 3

a) allg: Kraft im Gravitationsfeld

$$F(r) = -G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$

für die Erde gilt:

$$\text{Kraft: } F_E(r) = -G \cdot \frac{m \cdot M_E}{r^2} \quad \rightarrow \text{Erdmasse!}$$

$$\text{Beschleunigung } a_E(r) = -G \cdot \frac{M_E}{r^2}$$

$$g = g_E = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\text{an der Erdoberfläche gilt: } a_E(R_E) = -g_E = -G \cdot \frac{M_E}{R_E^2}$$

($r = R_E$)

$$g_E = G \cdot \frac{M_E}{R_E^2} \quad (i)$$

Verhältnis bestimmen:für den Mars
gilt analog

$$g_M = G \cdot \frac{M_M}{R_M^2} \quad (ii)$$

damit $\frac{(ii)}{(i)}$

$$\frac{g_M}{g_E} = \frac{M_M}{M_E} \cdot \left(\frac{R_E}{R_M} \right)^2$$

$$g_M = \frac{M_M}{M_E} \cdot \left(\frac{R_E}{R_M} \right)^2 \cdot g_E$$

$$\rightarrow g_M = \frac{0.1}{1} \cdot \left(\frac{1.8}{0.5} \right)^2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

geg:

$$\begin{aligned} M_M &= 0.1 M_E \\ R_M &= 0.5 R_E \end{aligned}$$

$$g_M = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad g_M = 0.4 \cdot g_E$$

b) Definition des Gravitationspotentials

43.2

$$E_{\text{pot}} = -G \cdot \frac{m \cdot M}{r}$$

m = Masse der
Marssonde

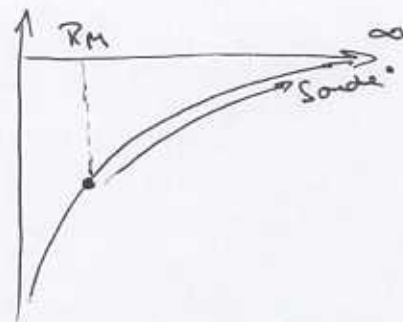
Potential an der Marsoberfläche:

$$r = R_M, M = M_M$$

$$E_{\text{pot},M}(R_M) = -G \cdot \frac{m \cdot M_M}{R_M}$$

$$E_{\text{pot},M}(\infty) = 0$$

(per definitionem)



d.h. Differenz der potentiellen Energie

$$\Delta E_{\text{pot}} = E_{\text{pot},M}(\infty) - E_{\text{pot},M}(R_M) = G \cdot \frac{m \cdot M_M}{R_M} \quad (*)$$

mit $g_M = G \cdot \frac{M_M}{R_M^2}$ aus Teilaufgabe 1

$$\Rightarrow G = \frac{g_M \cdot R_M^2}{M_M} \quad \text{einsetzen in } (*)$$

$$\Delta E_{\text{pot}} = \frac{g_M \cdot R_M^2 \cdot m \cdot M_M}{R_M \cdot M_M} = g_M \cdot R_M \cdot m$$

$$\Delta E_{\text{pot}} = m \cdot g_M \cdot R_M$$

Energiesatz: kinet. Energie $\rightarrow$ potentielle Energie

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = m \cdot g_M \cdot R_M$$

v_0 sei Startgeschwindigkeit
der Sonde!

$$\frac{1}{2} v_0^2 = g_M \cdot R_M$$

$$R_M = \frac{1}{2} \cdot 6370 \text{ km}$$

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot g_M \cdot R_M}$$

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot g_M \cdot 0.5 \cdot R_E} = \sqrt{g_M \cdot R_E} = \sqrt{0.4 \cdot g_E \cdot R_E}$$

$$v_0 = \sqrt{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.4 \cdot 6370 \text{ km}} = \sqrt{4 \cdot 6,37 \cdot 10^6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_0 = 5048 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 5 \text{ km/s}$$

Anmerkung:

Vgl. Erde:

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot g_E \cdot R_E}$$

ist also $\sqrt{5}$
größer als beim
Mars!

b) 'alternativer' Weg: Vergleich mit Erdpotential

A33

$$E_{\text{pot},M}(r) = -G \cdot \frac{m \cdot M_M}{R_M} \quad \text{Mars-grav. potential}$$

$$E_{\text{pot},E}(r) = -G \cdot \frac{m \cdot M_E}{R_E} \quad \text{Erde-grav. potential}$$

$$\text{mit } M_M = 0.1 M_E \text{ und } R_M = 0.5 R_E$$

$$E_{\text{pot},M}(r) = 0.2 \cdot E_{\text{pot},E}(r)$$

Gravitationsfeld
des Mars ist nur
1/5 des der Erde!

$$\begin{aligned} \text{Shortcut: } v_0(\text{Erde}) &= \sqrt{2 \cdot g_E \cdot R_E} = 11.2 \text{ km/s} \\ v_0(\text{Mars}) &= \frac{11.2 \text{ km/s}}{\sqrt{5}} = 5 \text{ km/s} \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{[ist sicher} \\ \text{einigen bekannt]} \end{array}$$

$$\Delta E_{\text{pot},M} = m \cdot g_M \cdot R_M = m \cdot g_E \cdot R_E \cdot 0.2 = 0.2 \cdot \Delta E_{\text{pot},E}$$

$$\text{damit } \frac{1}{2} m v_0^2 = 0.2 \cdot m \cdot g_E \cdot R_E$$

$$v_0^2 = 0.4 \cdot g_E \cdot R_E$$

$$v_0 = \sqrt{0.4 \cdot g_E \cdot R_E} = 5 \text{ km/s}$$

Aufgabe 4

a) Bestimmung von h_2

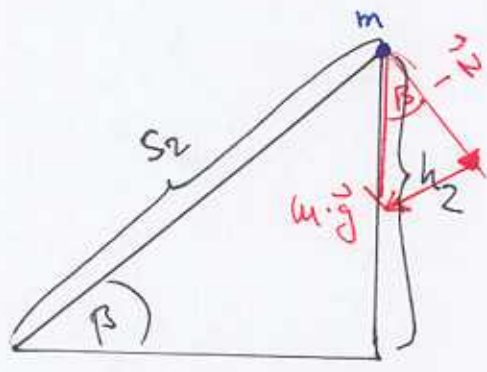
linke Seite: potentielle Energie $m \cdot g \cdot h_1$

rechte Seite: pot. Energie $m \cdot g \cdot h_2 +$

(Reib-)Reibungsarbeit $\mu_g \cdot N \cdot s_2$

μ_g ← Reibungskoeffizient
 N ← Normalkraft
 s_2 ← Wegstrecke

geometrische rechte Seite:



Kräfte:



$$\cos \beta = \frac{N}{\mu \cdot g}$$

$$N = \mu \cdot g \cdot \cos \beta$$

$$\sin \beta = \frac{h_2}{s_2} \Rightarrow \boxed{s_2 = \frac{h_2}{\sin \beta}}$$

Berechnung

damit in

$$\mu \cdot g \cdot h_1 = \mu \cdot g \cdot h_2 + \mu_g \cdot N \cdot s_2$$

 (*)

$$\mu \cdot g \cdot h_1 = \mu \cdot g \cdot h_2 + \mu_g \cdot \mu \cdot g \cdot \cos \beta \cdot \frac{h_2}{\sin \beta} \quad | \text{ kürze mit } \mu \cdot g$$

$$h_1 = h_2 + \mu_g \cdot \frac{\cos \beta}{\sin \beta} \cdot h_2$$

$$h_1 = h_2 \left(1 + \frac{\mu_g}{\tan \beta} \right)$$

$$h_2 = \frac{h_1}{\left(1 + \mu_g / \tan \beta \right)}$$

nun zur Berechnung von h_3

A4-2

$$\underbrace{m \cdot g \cdot h_2}_{\text{pot. Energie vor dem Hinabgleiten der rechten Seite}} = \underbrace{\mu_g \cdot N \cdot s_2}_{\substack{\text{Gleitreibungs-} \\ \text{arbeit} \\ \downarrow \text{Hinaufgleit}}} + \underbrace{m \cdot g \cdot h_3}_{\text{pot. Energie auf der linken Seite}}$$

pot. Energie
vor dem Hinab-
gleiten der rechten Seite

Gleitreibungs-
arbeit
 $\downarrow$ Hinaufgleit

pot. Energie
auf der linken Seite

💡 ist identisch zu Gleitreibungsarbeit beim Hinaufgleiten (siehe (*))

$$\text{dort: } \mu_g \cdot N \cdot s_2 = \underbrace{m \cdot g \cdot (h_1 - h_2)}_{\text{Diff. der pot. Energie}}$$

damit:

$$m \cdot g \cdot h_2 = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2) + m \cdot g \cdot h_3$$

$$h_2 = h_1 - h_2 + h_3$$

$$\boxed{h_3 = 2 \cdot h_2 - h_1}$$

ist korrekte Lösung!

man kann nun noch h_2 durch h_1 ausdrücken, wenn man will

$$\text{mit } h_2 = \frac{h_1}{(1 + \mu_g / \tan \beta)}$$

$$h_3 = \frac{2 \cdot h_1}{(1 + \mu_g / \tan \beta)} - h_1 = h_1 \left(\frac{2}{(1 + \mu_g / \tan \beta)} - 1 \right)$$

$$h_3 = h_1 \cdot \left(\frac{2 \cdot \tan \beta}{\tan \beta + \mu_g} - \frac{\tan \beta + \mu_g}{\tan \beta + \mu_g} \right)$$

$$\boxed{h_3 = h_1 \left(\frac{\tan \beta - \mu_g}{\tan \beta + \mu_g} \right)}$$

alternativ: man geht analog zur 1. Phase vor
dann gilt

44-3

$$m \cdot g \cdot h_2 = \mu_g \cdot m \cdot g \cdot \cos \beta \cdot \frac{h_2}{\sin \beta} + m \cdot g \cdot h_3$$

$$h_2 = \frac{\mu_g}{\tan \beta} \cdot h_2 + h_3$$

$$h_3 = h_2 \left(1 - \frac{\mu_g}{\tan \beta} \right)$$

korrekt,
Relation h_3 und h_2

$$\text{mit } h_2 = \frac{h_1}{1 + \mu_g / \tan \beta}$$

ergibt sich:

$$h_3 = h_1 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\mu_g}{\tan \beta}}{1 + \frac{\mu_g}{\tan \beta}} \right)$$

$$h_3 = h_1 \cdot \frac{\tan \beta - \mu_g}{\tan \beta + \mu_g}$$

wie vorher

$$b) \quad h_2 = \frac{h_1}{1 + \frac{\mu_g}{\tan \beta}}$$

$$h_2 = \frac{0,4 \text{ m}}{1 + 1/3} = \frac{3}{4} \cdot 0,4 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,3 \text{ m}$$

$$\mu_g = \sqrt{1/3}$$

$$\tan 60^\circ = \sqrt{3}$$

$$h_1 = 0,4 \text{ m}$$

$$\frac{\mu_g}{\tan 60^\circ} = \frac{1}{3}$$

$$h_3 = 2 \cdot h_2 - h_1$$

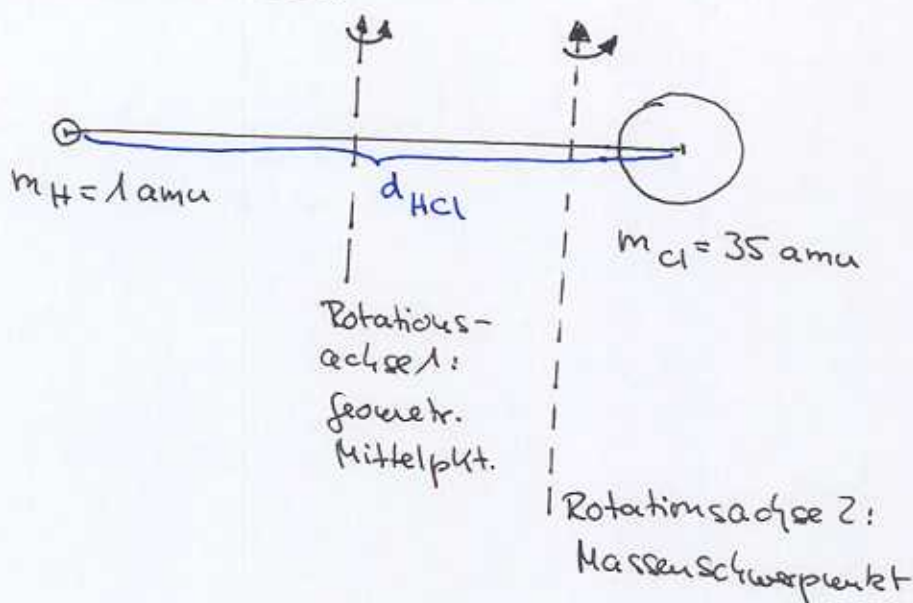
$$h_3 = 2 \cdot 0,3 \text{ m} - 0,4 \text{ m} = 0,6 \text{ m} - 0,4 \text{ m} = \underline{\underline{0,2 \text{ m}}}$$

$$h_3 = 0,2 \text{ m}$$

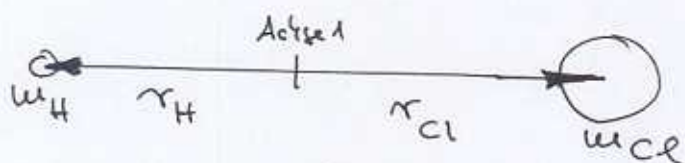
$$\text{oder: } h_3 = 0,4 \text{ m} \cdot \left(\frac{1 - 1/3}{1 + 1/3} \right) = 0,4 \text{ m} \cdot \left(\frac{2/3}{4/3} \right) = \underline{\underline{0,2 \text{ m}}}$$

Aufgabe 5

a)



i) Rotation durch den geometrischen Mittelpunkt



$$r_H = r_{Cl} = \frac{d_{HCl}}{2}$$

Trägheitsmoment

$$J_1 = m_H \cdot r_H^2 + m_{Cl} \cdot r_{Cl}^2$$

$$J_1 = m_H \cdot \left(\frac{d_{HCl}^2}{4} \right) + m_{Cl} \cdot \left(\frac{d_{HCl}^2}{4} \right)$$

$$J_1 = (m_H + m_{Cl}) \cdot \frac{d_{HCl}^2}{4}$$

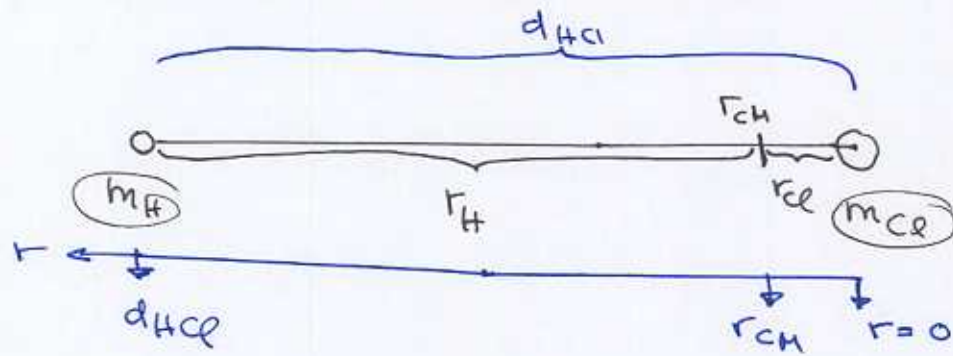
$$J_1 = (1 + 35) \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \frac{(1,28 \cdot 10^{-10} \text{ m})^2}{4}$$

$$J_1 = 5,976 \cdot 10^{-26} \text{ kg} \cdot 4,096 \cdot 10^{-21} \text{ m}^2$$

$$J_1 = 2,45 \cdot 10^{-46} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

2i, Rotation um den Massenschwerpunkt r_{CH}

AS-2



Wahl des Koordinatensystems

Definition Massenschwerpunkt allg:

$$r_{CM} = \frac{1}{m_H + m_{Cl}} \cdot (m_H \cdot r_H + m_{Cl} \cdot r_{Cl})$$

Wahl eines Koordinatensystems:

Cl-Atom sei $r=0$, dann H-Atom bei d_{HCl}

damit

$$r_{CM} = \frac{1}{1+35} (m_H \cdot d_{HCl} + m_{Cl} \cdot 0)$$

↑ Ursprung!

$$r_{CH} = \frac{1}{1+35} (1 \cdot d_{HCl}) = \frac{1}{36} d_{HCl}$$

$$r_{CH} = \frac{1}{36} \cdot d_{HCl}$$

in Zahlen

$$r_{CH} = \frac{1}{36} \cdot 1,28 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$r_{CH} = 3,55 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

damit

$$r_H = d_{HCl} - r_{CH} = d_{HCl} - \frac{1}{36} d_{HCl} = \frac{35}{36} d_{HCl}$$

$r_H = \frac{35}{36} d_{HCl}$	$r_H = 1,24 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
$r_{Cl} = \frac{1}{36} d_{HCl}$	$r_{Cl} = 3,55 \cdot 10^{-12} \text{ m}$

Trägheitsmoment J_2 um Achse $z = CH$

45-3

$$J_2 = m_H \cdot r_H^2 + m_{ce} \cdot r_{ce}^2$$

$$= m_H \cdot \left(\frac{35}{36} d_{Hce} \right)^2 + m_{ce} \cdot \left(\frac{1}{36} d_{Hce} \right)^2$$

$$= \frac{d_{Hce}^2}{36^2} (m_H \cdot 35^2 + m_{ce} \cdot 1^2)$$

↗ rechne mit amu's

$$= \frac{d_{Hce}^2}{36^2} (1 \cdot 35^2 + 35) \cdot 1 \text{ amu}$$

$$J_2 = \frac{35}{36} d_{Hce}^2 \cdot 1 \text{ amu} \quad (\text{s.u.})$$

Zahlenwerte:

$$J_2 = \frac{35}{36} \cdot 1,6384 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$J_2 = 2,644 \cdot 10^{-47} \text{ kg m}^2$$

alternativ über reduzierte Masse μ :

$$J_2 = \mu \cdot d_{Hce}^2$$

$$\mu = \frac{m_H \cdot m_{ce}}{m_H + m_{ce}}$$

↗ in amu's

$$\mu = \left(\frac{1 \cdot 35}{1 + 35} \right) \text{ amu} = \frac{35}{36} \text{ amu}$$

$$J_2 = \frac{35}{36} \cdot d_{Hce}^2 \cdot 1 \text{ amu}$$

$$J_2 = 2,644 \cdot 10^{-47} \text{ kg m}^2$$

b) Beziehung Drehimpuls $\vec{L}$ und Rot. freq. $\vec{\omega}$

45-4

$$\vec{L} = J \cdot \vec{\omega} \quad \vec{\omega} = \vec{L}/J$$

$$i) \quad \omega_1 = \frac{L}{J_1} = \frac{1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{2,45 \cdot 10^{-46} \text{ kg m}^2} = 4,29 \cdot 10^{11} \frac{\text{kg m}^2 \text{ s}}{\text{s}^2 \text{ kg m}^2}$$

$$\omega_1 = 4,29 \cdot 10^{11} \text{ 1/s}$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{2\pi}{4,29 \cdot 10^{11}} \text{ s} = 1,47 \cdot 10^{-11} \text{ s}$$

$$T_1 = 1,47 \cdot 10^{-11} \text{ s}$$

$$ii) \quad \omega_2 = \frac{L}{J_2} = \frac{1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{2,644 \cdot 10^{-47} \text{ kg m}^2} = 3,98 \cdot 10^{12} \cdot \frac{1}{\text{s}}$$

$$\omega_2 = 3,98 \cdot 10^{12} \text{ 1/s}$$

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = \frac{2\pi}{3,98 \cdot 10^{12}} \text{ s} = 1,58 \cdot 10^{-12} \text{ s}$$

$$T_2 = 1,58 \cdot 10^{-12} \text{ s}$$

Vergleich von i) und ii) mit dem exp. Wert für ν

$$\nu_{\text{exp}} = \frac{1}{T} \quad T_{\text{exp}} = \frac{1}{\nu_{\text{exp}}} = \frac{1}{6,25 \cdot 10^{11}} \text{ s} = \underline{1,6 \cdot 10^{-12} \text{ s}}$$

T_2 entspricht T_{exp}

daher rotiert das HCl Molekül um seinen Schwerpunkt!

alternativ ν :

$$\nu_1 = 6,82 \cdot 10^{10} \text{ 1/s}$$

$$\nu_2 = 6,33 \cdot 10^{11} \text{ 1/s}$$

$$\nu_{\text{exp}} = 6,25 \cdot 10^{11} \text{ 1/s}$$

$$\left. \begin{array}{l} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_{\text{exp}} \end{array} \right\} \nu_2 \approx \nu_{\text{exp}}!$$