Techn. Mechanik & Fahrzeugdynamik
Prof. Dr.-Ing. habil. Hon. Prof. (NUST) D. Bestle

Prüfungsklausur Technische Mechanik II

Familienname, Vorname	
Matrikel-Nummer	Fachrichtung

1. Die Prüfung umfasst 6 Aufgaben auf 6 Blättern.
2. Nur vorgelegte Fragen beantworten, keine Zwischenrechnungen eintragen.
3. Alle Ergebnisse sind grundsätzlich in den **gegebenen** Größen auszudrücken.
4. Die Blätter der Prüfung dürfen nicht getrennt werden.
5. Zugelassene Hilfsmittel: Fachliteratur, eigene Aufzeichnungen, Taschenrechner. Mobiltelefone müssen ausgeschaltet sein!
6. Bearbeitungszeit: 90 min
7. Unterschreiben Sie die Prüfung bitte **erst** beim Eintragen Ihres Namens in die Sitzliste.

....

(Unterschrift)

Gesamtpunktzahl: 72
zum Bestehen erforderlich: 36

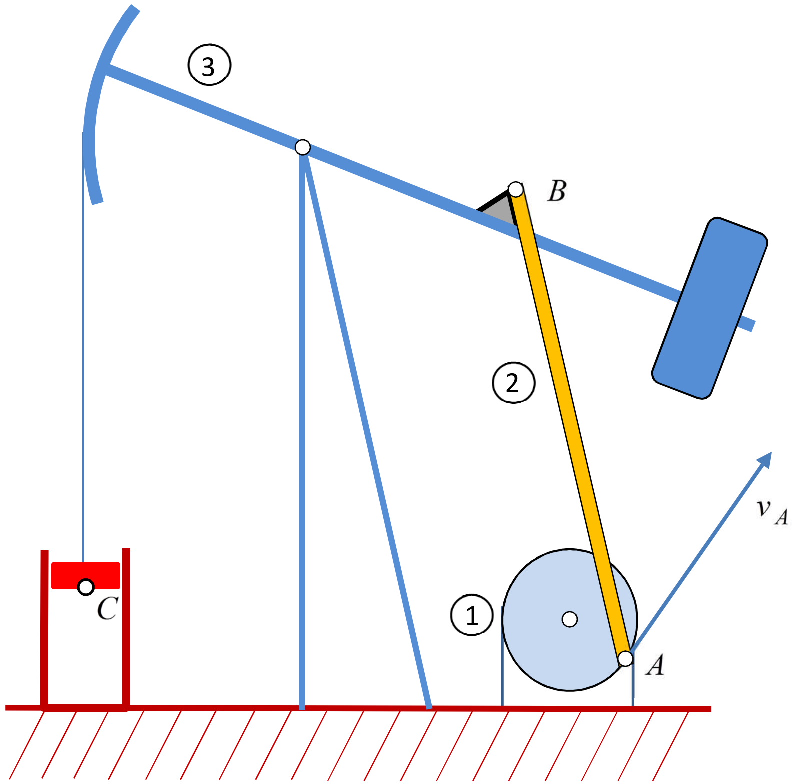
Punkte	Note	

Aufgabe 1 (7 Punkte)

Eine Grubenpumpe aus dem Bergbaumuseum Bochum soll bezüglich ihrer Kinematik untersucht werden.

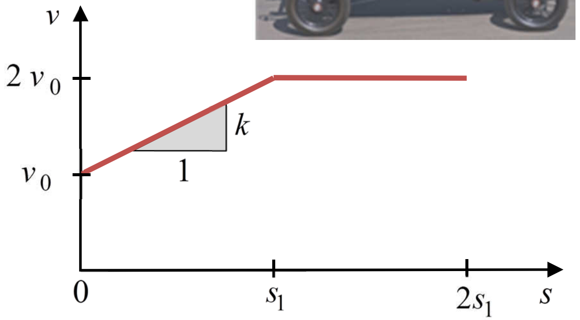
a) Zeichnen Sie die Momentanpole P_1, P_2 und P_3 von Kurbel, Hubstange und Schwinge ein.

b) Konstruieren Sie ausgehend von v_A im Punkt A die Geschwindigkeiten in B und C.



Aufgabe 2 (19 Punkte)

Das nebenstehende v-s-Diagramm der Fahrt eines Rennwagens ist gegeben.



a) Wie groß ist die Steigung k der Geschwindigkeit im Bereich $0 \le s < s_1$?

$k =$ _____

b) Beschreiben Sie den Geschwindigkeits-Weg-Verlauf mit Hilfe der Föppl-Symbolik und als zusammengesetzte Funktion.

$v(s) =$ ______________________ $= \begin{cases} \text{\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_}, & 0 \le s < s_1 \\ \text{\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_}, & s_1 \le s \le 2s_1 \end{cases}$

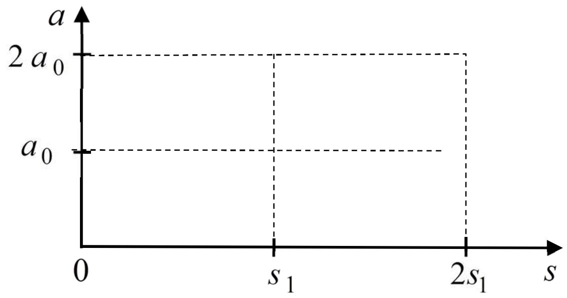
c) Wie lautet der Beschleunigungs-Weg-Verlauf im betrachteten Bereich?

$a(s) =$ _________ (Formel) $= \begin{cases} \text{\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_}, & 0 \le s < s_1 \\ \text{\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_}, & s_1 \le s \le 2s_1 \end{cases}$

d) Berechnen Sie die Beschleunigungen a_0 und a_1^- für $s = 0$ bzw. s_1^-.

$a_0 = a(0) =$ ____ , $a_1^- = a(s_1^-) =$ _____ $=$ __ a_0

e) Zeichnen Sie das Beschleunigungs-Weg-Diagramm für $0 \le s \le 2s_1$.



f) Wie lautet der Zusammenhang zwischen Zeit und Weg in den entsprechenden Bereichen? Hinweis: $t_0 = t(0) = 0$, $t_1 = t(s_1)$

$0 \le s < s_1$: $t(s) =$ _________________ (Integralformel)

☐ $t(s) = \dfrac{s_1}{v_0} \ln\left(\dfrac{s}{s_1} + 1\right)$ ☐ $t(s) = \dfrac{s_1}{v_0} \ln(s + s_1)$

☐ $t(s) = \dfrac{v_0}{s_1} \ln\left(\dfrac{s}{s_1} + 1\right)$ ☐ $t(s) = \dfrac{v_0}{s_1} \ln(s + s_1)$

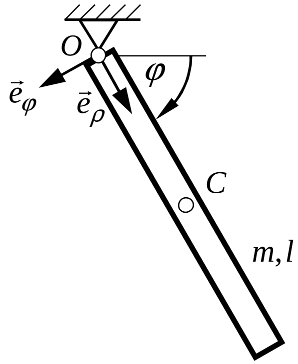
$s_1 \le s \le 2s_1$: $t(s) = t_1 +$ _____________ (Integralformel) $= t_1 +$ ________

g) Wie lange benötigt der Rennwagen bis zum Ende der Abschnitte?

$t_1 = t(s_1) =$ ______ $t_2 = t(2s_1) = t_1 +$ ______

Aufgabe 3 (13 Punkte)

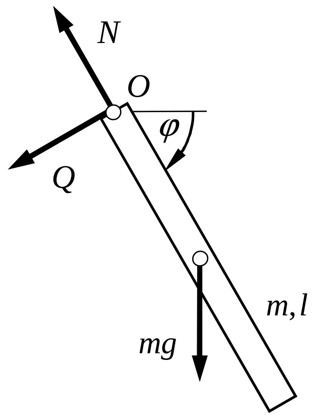
Ein gelenkig aufgehängter, homogener Stab (Masse m, Länge l) wird horizontal ($\varphi = 0$) aus der Ruhe freigegeben. Zur Bestimmung der Lagerreaktionen im Gelenk O für eine beliebige Lage φ wird ein körperfestes Zylinderkoordinatensystem $\{O, \vec{e}_\rho, \vec{e}_\varphi, \vec{e}_z\}$ benutzt.



a) Geben Sie für den Schwerpunkt C, seine Lage, Absolutgeschwindigkeit und Absolutbeschleunigung in Zylinderkoordinaten an.

$$\boldsymbol{r}_C = \begin{bmatrix} \quad \\ \quad \\ \quad \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{v}_C = \begin{bmatrix} \quad \\ \quad \\ \quad \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{a}_C = \begin{bmatrix} \quad \\ \quad \\ \quad \end{bmatrix}$$

b) Zweckmäßigerweise wird die Reaktionskraft im Lager O in eine Normalkomponente N und eine Tangentialkomponente Q zerlegt. Formulieren Sie den Impulssatz in beide Richtungen.



____

____

c) Wie groß ist das Massenträgheitsmoment des homogenen Stabes bezüglich des Lagers O ?

$I_O =$ ________

d) Wie lautet der Energiesatz für den Stab bezüglich des Fixpunkts O ?

____

e) Welches Ergebnis findet man daraus?.

☐ $\dot{\varphi}^2 = \frac{3g}{l}\sin\varphi$ ☐ $\dot{\varphi}^2 = \frac{3l}{2g}\sin\varphi$ ☐ $\dot{\varphi}^2 = \frac{g}{l}\sin\varphi$

☐ $\dot{\varphi}^2 = \frac{3g}{l}\tan\varphi$ ☐ $\dot{\varphi}^2 = \frac{3l}{2g}\tan\varphi$ ☐ $\dot{\varphi}^2 = \frac{g}{l}\tan\varphi$

f) Welche Winkelbeschleunigung ergibt sich daraus durch Ableiten?

☐ $\ddot{\varphi} = \frac{3g}{2l}\sin\varphi$ ☐ $\ddot{\varphi} = \frac{3l}{2g}\sin\varphi$ ☐ $\ddot{\varphi} = \frac{l}{g}\sin\varphi$

☐ $\ddot{\varphi} = \frac{3g}{2l}\cos\varphi$ ☐ $\ddot{\varphi} = \frac{3l}{2g}\cos\varphi$ ☐ $\ddot{\varphi} = \frac{l}{g}\cos\varphi$

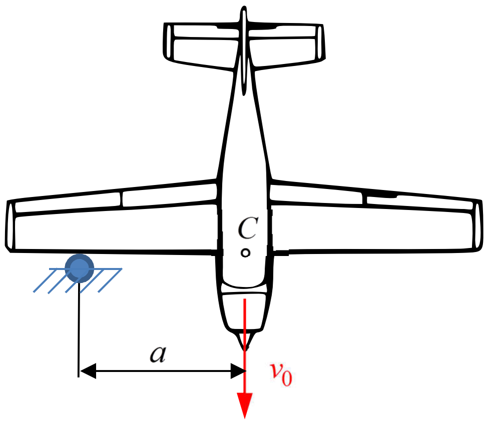
g) Welche Lagerkräfte des Stabes ergeben sich damit?

$N(\varphi) =$ ______________________

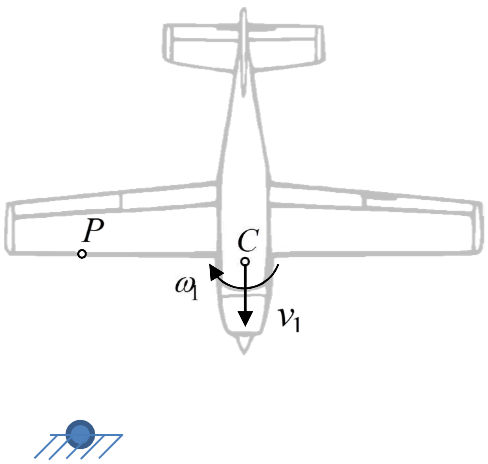
$Q(\varphi) =$ ______________________

Aufgabe 4 (13 Punkte)

Beim Ausrollen nach einer Landung prallt ein Motorflugzeug (Masse m, Massenträgheitsmoment I_C bezüglich seines Schwerpunkts C) mit dem Flügel an einen festen Pfosten. Unmittelbar vor dem Stoß (Stoßzahl ε) rollt das Segelflugzeug mit der Geschwindigkeit v_0 geradeaus.



a) Zeichnen Sie in das Freischnittbild die auftretenden Kraftstöße ein und bezeichnen Sie diese.



b) Welchen Geschwindigkeitszustand hat das Flugzeug vor dem Stoß?

$v_1^- =$ _____ , $\omega_1^- =$ _____

c) Formulieren Sie die Impulsbilanz in Flugzeuglängsrichtung und die Drallbilanz für das Flugzeug.

____

____

d) Welcher kinematische Zusammenhang besteht zwischen den Geschwindigkeiten v_{P1} und v_1 in den Punkten P und C sowie der Winkelgeschwindigkeit des Flugzeugs ω_1 vor und nach dem Stoß?

$v_{P1}^- =$ _____ $v_{P1}^+ =$ ____________

e) Welche Stoßrelation ergibt sich damit im Stoßpunkt P ?

____

f) Wie groß sind Geschwindigkeit und Winkelgeschwindigkeit des Flugzeugs nach dem Stoß?

☐ $\omega_1^+ = \dfrac{(1-\varepsilon)ma}{I_C - ma^2} v_0$ ☐ $\omega_1^+ = \dfrac{(1-\varepsilon)ma}{I_C + ma^2} v_0$

☐ $\omega_1^+ = \dfrac{(1+\varepsilon)ma}{I_C - ma^2} v_0$ ☐ $\omega_1^+ = \dfrac{(1+\varepsilon)ma}{I_C + ma^2} v_0$

☐ $v_1^+ = \dfrac{\varepsilon I_C - ma^2}{I_C - ma^2} v_0$ ☐ $v_1^+ = \dfrac{\varepsilon I_C + ma^2}{I_C + ma^2} v_0$

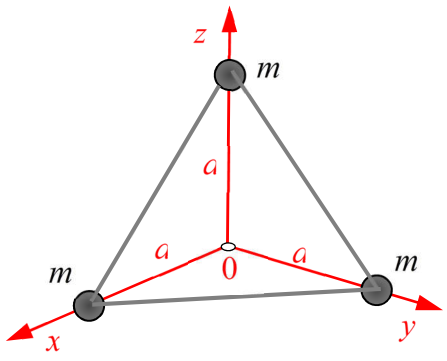
☐ $v_1^+ = \dfrac{-\varepsilon I_C - ma^2}{I_C - ma^2} v_0$ ☐ $v_1^+ = \dfrac{-\varepsilon I_C + ma^2}{I_C + ma^2} v_0$

g) Welcher Kraftstoß ergibt sich damit auf das Flugzeug in Längsrichtung?

____

Aufgabe 5 (9 Punkte)

Drei Punktmassen (jeweils Masse m) sind durch drei masselose Stäbe (jeweils Länge $\sqrt{2}a$) miteinander verbunden. Von dieser Dreiecksanordnung soll zunächst der Massenträgheitstensor bezüglich der Koordinatenachsen ausgerechnet werden.



a) Wie groß sind das Massenträgheitsmoment bezüglich der x-Achse und das Deviationsmoment I_{xy} dieser Dreiecksanordnung?

$I_{xx}^{O} =$ __________ $\quad$ $I_{yz}^{O} =$ __________

b) Um die Trägheitsmomente auf den Schwerpunkt zu beziehen, benötigt man zunächst den Schwerpunkt der Dreiecksanordnung. Mit welcher Formel lässt sich die x-Koordinate des Schwerpunkts beispielhaft berechnen, wenn x_i^C die x-Koordinate des i-ten Massepunkts bezeichnet?

☐ $x^C = \sum_{i=1}^{3} m x_i^C$ $\quad$ ☐ $x^C = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3} m x_i^C$ $\quad$ ☐ $x^C = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{3} m x_i^C$

☐ $x^C = \sum_{i=1}^{3} x_i^C$ $\quad$ ☐ $x^C = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3} x_i^C$ $\quad$ ☐ $x^C = \frac{1}{3m}\sum_{i=1}^{3} x_i^C$

c) Wo liegt Schwerpunkt C im vorliegenden Fall?

$x^C = y^C = z^C =$ ________

d) Wie lauten die Transformationsbeziehungen zwischen den Trägheitsgrößen bezogen auf den Koordinatenursprung O und den Schwerpunkt C?

☐ $I_{xx}^{C} = I_{xx}^{O} + 3m\left(\left(y^C\right)^2 + \left(z^C\right)^2\right)$ $\quad$ ☐ $I_{yz}^{C} = I_{yz}^{O} + 3my^C z^C$

☐ $I_{xx}^{C} = I_{xx}^{O} - 3m\left(\left(y^C\right)^2 + \left(z^C\right)^2\right)$ $\quad$ ☐ $I_{yz}^{C} = I_{yz}^{O} - 3my^C z^C$

☐ $I_{xx}^{C} = I_{xx}^{O} - m\left(\left(y^C\right)^2 + \left(z^C\right)^2\right)$ $\quad$ ☐ $I_{yz}^{C} = I_{yz}^{O} - my^C z^C$

e) Welches Massenträgheitsmoment und welches Deviationsmoment ergibt sich im vorliegenden Fall bezüglich des Schwerpunkts C?

$I_{xx}^{C} =$ ________ $\quad$ $I_{yz}^{C} =$ ________

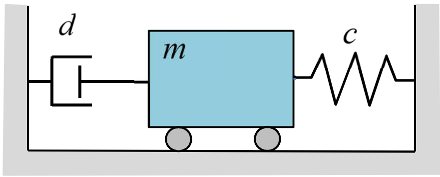
f) Welcher Massenträgheitstensor ergibt sich für die Dreiecksanordnung bezüglich des Schwerpunkts C?

☐ $\boldsymbol{I}^C = \frac{ma^2}{3}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ $\quad$ ☐ $\boldsymbol{I}^C = \frac{ma^2}{3}\begin{bmatrix} 4 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 4 \end{bmatrix}$

☐ $\boldsymbol{I}^C = \frac{ma^2}{3}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 4 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ $\quad$ ☐ $\boldsymbol{I}^C = \frac{ma^2}{3}\begin{bmatrix} 4 & 1 & 1 \\ 1 & 4 & 1 \\ 1 & 1 & 4 \end{bmatrix}$

Aufgabe 6 (11 Punkte)

Das Lehr'sche Dämpfungsmaß eines Schwingers $m\ddot{x}+d\dot{x}+cx=0$ hat den Wert $D=1$.



a) Wie nennt man diesen Schwingungsfall?

☐ ungedämpft ☐ schwach gedämpft

☐ Dämpfungsgrenzfall ☐ stark gedämpft

b) Welche Dämpfung hat dieser Schwinger in der Standartform?

☐ $\delta=\sqrt{cm}$ ☐ $\delta=\sqrt{\frac{c}{m}}$ ☐ $\delta=\frac{1}{\sqrt{cm}}$

c) Welche Form hat dann die Lösung der Schwingungsgleichung?

☐ $x(t) = A\cos(\omega t - B)$ ☐ $x(t)=Ae^{-\delta t}\cos(\omega t-B)$

☐ $x(t)=e^{-\delta t}(At+B)$ ☐ $x(t)=Ae^{\delta t}+B$

d) Der Schwinger wird mit der Anfangsauslenkung $x(0)=x_0$ und der Anfangsgeschwindigkeit $\dot{x}(0)=v_0$ in Bewegung gesetzt. Um die Konstanten A und B zu bestimmen benötigt man folgende Größen:

$\dot{x}(t)=$ ___________________________

$\Rightarrow\ x(0)=$ _________ $\overset{!}{=}x_0$, $\dot{x}(0)=$ ___________ $\overset{!}{=}v_0$

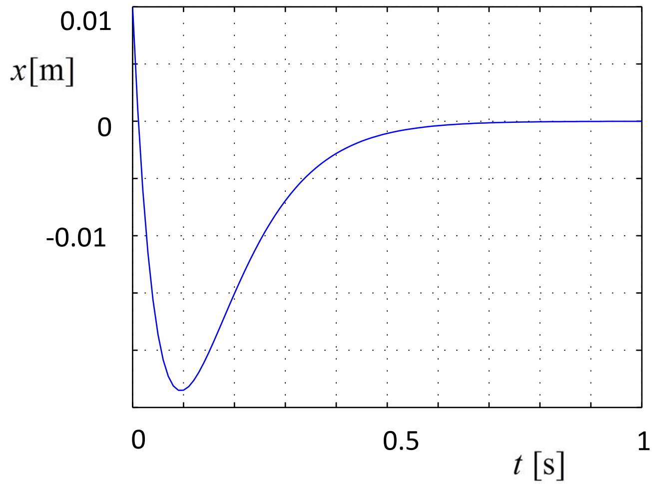
e) Wie groß müssen A und B sein, um die Anfangsbedingungen zu erfüllen?

$A=$ __________ $B=$ __________

f) Wie lautet damit die Schwingung?

$x(t)=$ ___________________________

g) Mit den Parametern $m=2\text{kg}$ und $c=288\text{N/m}$ ergibt sich das abgebildete Schwingverhalten.



Welche Anfangsbedingungen führen zu dieser Bewegung?

$x_0=$ _____

☐ $v_0=-1\text{m/s}$ ☐ $v_0=0$ ☐ $v_0=1\text{m/s}$

ENDE