NICHT umblättern!

(Dies zählt als Täuschungsversuch)

Hinweise zur Prüfung Technische Mechanik III

- Sollten Sie aus gesundheitlichen Gründen nicht in der Lage sein an der Prüfung teilzunehmen, müssen Sie jetzt den Saal verlassen und umgehend das Studierendenbüro darüber unterrichten.
- Fragen sind nur zur Aufgabenstellung zulässig, nicht jedoch zum Lösungsweg.
- Die Bearbeitungszeit beträgt 90 Minuten.
- Die Klausur ist mit nichtradierbarem, dokumentenechtem Stift zu bearbeiten.
- Schreiben Sie NICHT in rot oder grün (Korrekturfarben).
- Schreiben Sie auf eigene Blätter.
- Schreiben Sie Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer auf jedes Ihrer Blätter sowie das Deckblatt.
- Beginnen Sie für jede Aufgabe ein neues Blatt.
- Die Reihenfolge der Aufgaben ist zufällig und nicht nach dem Schwierigkeitsgrad geordnet.
- Es gelten die Bestimmungen der Prüfungsordnung der TU Darmstadt bezüglich Betrug und Täuschung. Schon der Täuschungsversuch führt zur vorzeitigen Beendigung der Prüfung und die Klausur wird eingezogen.
- Zulässige Hilfsmittel sind:
  - eine Formelsammlung im Umfang von zwei beidseitig handbeschriebenen DIN A4-Blättern (nicht gedruckt/kopiert),
  - ein Taschenrechner.
  - Weitere Hilfsmittel, insbesondere Handys, Smartwatches und Laptops, sind nicht erlaubt.
  - Das Hilfsblatt zum Thema Schwingungen ist auf der letzten Seite der Klausur zu finden.
- Legen Sie Ihren Studierendenausweis und behördlichen Lichtbildausweis (z.B. Personalausweis, Reisepass...) an den freien Platz rechts neben sich bereit.
- Legen Sie bearbeitete Blätter nur vor sich oder unmittelbar neben sich auf den Tisch.
- Handys sind auszuschalten und dürfen nicht am Körper getragen werden.
- Toilettengänge sind einzeln nach Abmeldung bei der Aufsicht gestattet.
- Bleiben Sie nach der Prüfung sitzen, bis Sie zum Gehen aufgefordert werden. Die Prüfung und alle Ihre Lösungen werden zuvor eingesammelt.
- Wir wünschen viel Erfolg!

NICHT umblättern!

Prüfung - Technische Mechanik III

WiSe 2023/24

18. März 2024

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FB 13, Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. Dominik Schillinger

Name, Vorname: ______________________

Matrikelnummer: ______________________

Studiengang: ______________________

Die Aufgaben sind nicht nach ihrem Schwierigkeitsgrad geordnet. Bitte beginnen Sie für jede Aufgabe ein neues Blatt und nummerieren Sie die Blätter. Die Bearbeitungszeit beträgt 90 Minuten. Der Lösungsweg muss klar erkennbar sein, die Ergebnisse müssen deutlich hervorgehoben werden. Bei den Kurzfragen wird lediglich das auf den hierfür vorgesehenen Arbeitsblättern eingetragene Ergebnis gewertet.

Es ist erlaubt, eine handgeschriebene Formelsammlung im Umfang von zwei beidseitig beschriebenen DIN A4-Blättern sowie einen Taschenrechner zu benutzen. Andere Hilfsmittel sind nicht erlaubt. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass keinerlei elektronische Hilfsmittel benutzt werden dürfen. Hierzu zählen insbesondere Taschenrechner, Laptops und Handys.

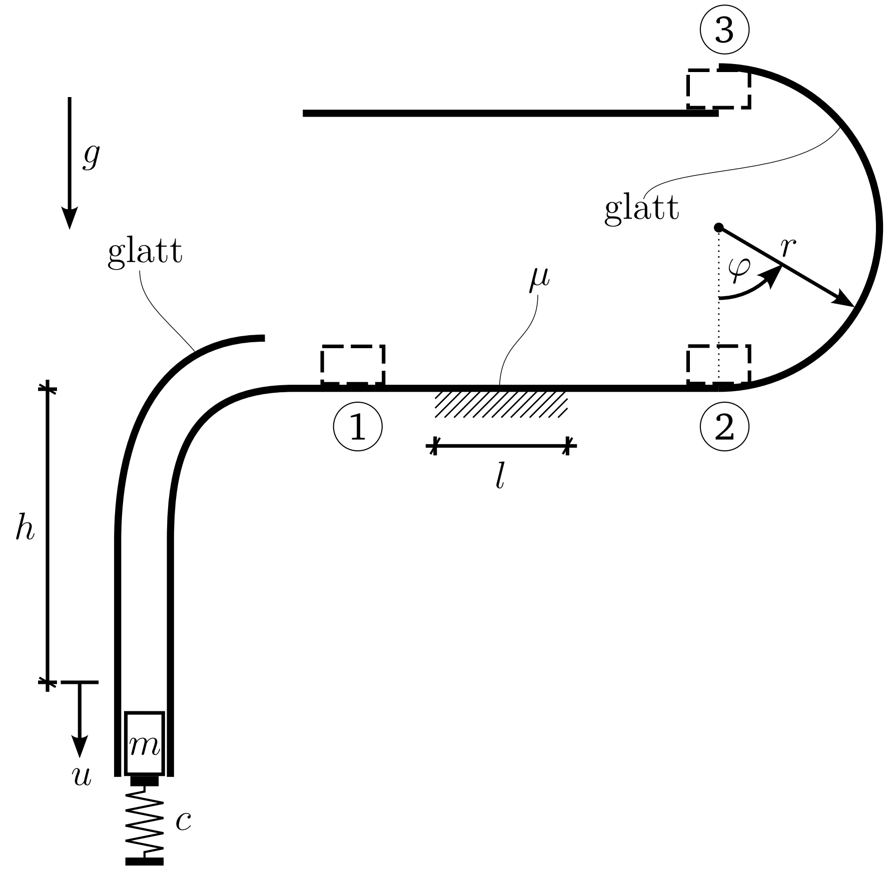
Viel Erfolg!

Aufgabe	1	2	3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	$\sum$	Note
max. Punkte	18	18	21	5	6	4	4	4	4	6	90	
erreichte Punkte												
Handzeichen												

	1. Prüfer	2. Prüfer	Prüfungskommissions-vorsitzender [1]
Name	Prof. Dr.-Ing. D. Schillinger	Prof. Dr.-Ing. R. Müller	Prof. Dr.-Ing. A. Eichhorn
Korrekturfarbe			
Bewertung			
Unterschrift			

[1] Nach § 26 Abs. 1 S. 3 Allgemeine Prüfungsbestimmungen der TU Darmstadt (APB) legt die Prüfungskommission die endgültige Bewertung fest, falls die Bewertungen der beiden Prüfenden mehr als 0,7 Notenwerte voneinander abweichen.

Aufgabe 1 [18 Punkte]



Auf einer um die Strecke u zusammengedrückten und verriegelten Feder (Federsteifigkeit c) liegt eine Punktmasse (Masse m). Der Abstand zwischen dem Ende der Feder und der unteren Ebene mit dem rauen Abschnitt ist im entspannten Zustand h. Nach dem Entriegeln der Feder gleitet die Punktmasse entlang einer glatten Bahn und wird auf die untere Ebene geführt. Sie bewegt sich dann über einen rauen Abschnitt (Reibungskoeffizient $\mu = \frac{1}{2}$, Länge l). Auf den rauen Abschnitt folgt eine glatte, halbkreisförmige Bahn (Radius r), die die Punktmasse auf eine um $2r$ höhere Ebene führt.

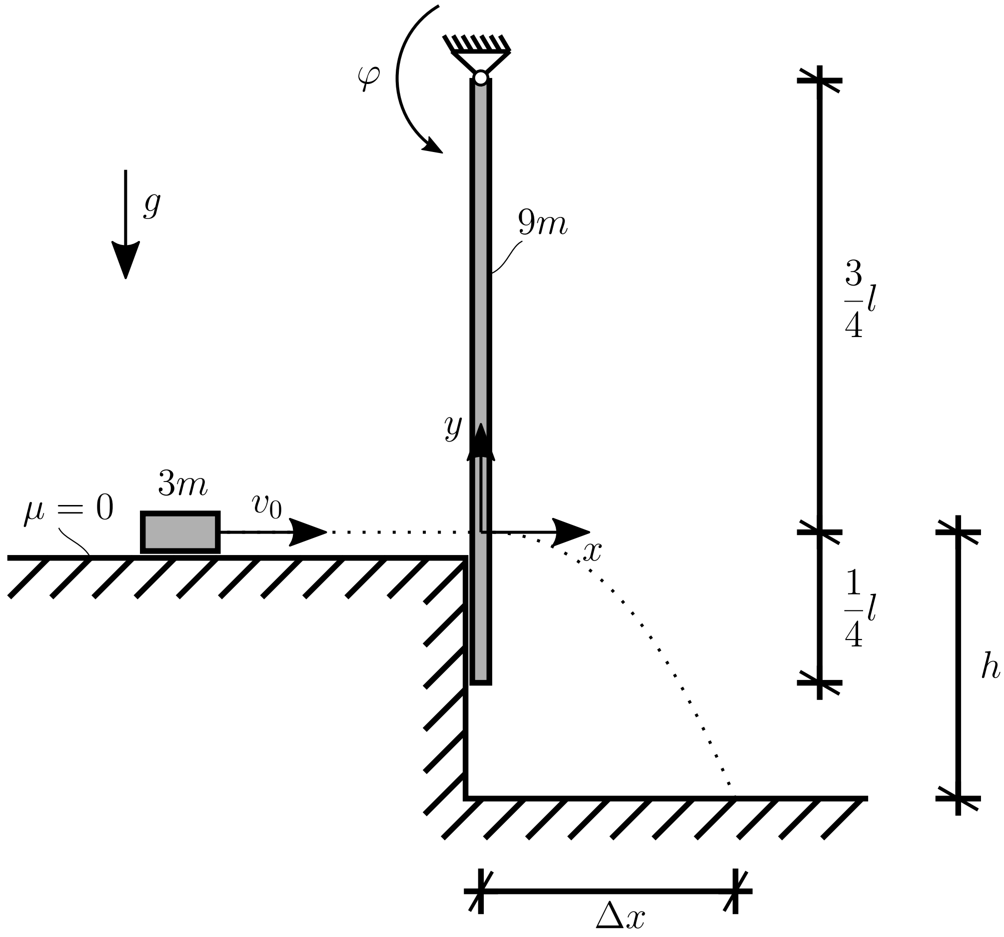
a) Berechnen Sie die Geschwindigkeiten der punktförmigen Masse an den Positionen 1 und 2. Nehmen Sie für diesen Aufgabenteil an, dass die Auslenkung u der Feder groß genug ist, sodass die Punktmasse die Position 2 erreicht, und nehmen sie diese Auslenkung als gegeben an.

b) Berechnen Sie die Tangentialgeschwindigkeit $v(\varphi)$ der Punktmasse zwischen den Positionen 2 und 3 in Abhängigkeit der Vorspannung u unter der Annahme, dass die Punktmasse die halbkreisförmige Bahn nicht verlässt.

c) Ermitteln Sie die minimale Vorspannung $u_{\min}$ der Feder, sodass die Masse die Position 3 und damit die obere Ebene erreicht.

Gegeben: m, g, h, c, l, r, $\mu = \frac{1}{2}$; außerdem für a) und b): u

Aufgabe 2 [18 Punkte]



Eine Kiste (Masse $3m$) gleitet reibungsfrei auf einer Ebene und stößt (Stoßzahl e) mit der Geschwindigkeit v_0 gegen einen ruhenden Stab (Länge l, Masse $9m$) in einem Abstand von $\frac{3}{4}l$ von dessen Lager. Nach dem Stoß fällt die Kiste eine Stufe (Höhe h) hinunter. Bei diesem freien Fall kann der Luftwiderstand vernachlässigt werden.

a) Ermitteln Sie die Geschwindigkeit $\bar{v}$ der Kiste und die Winkelgeschwindigkeit $\bar{\omega} = \dot{\bar{\varphi}}$ des Stabs unmittelbar nach dem Stoß.

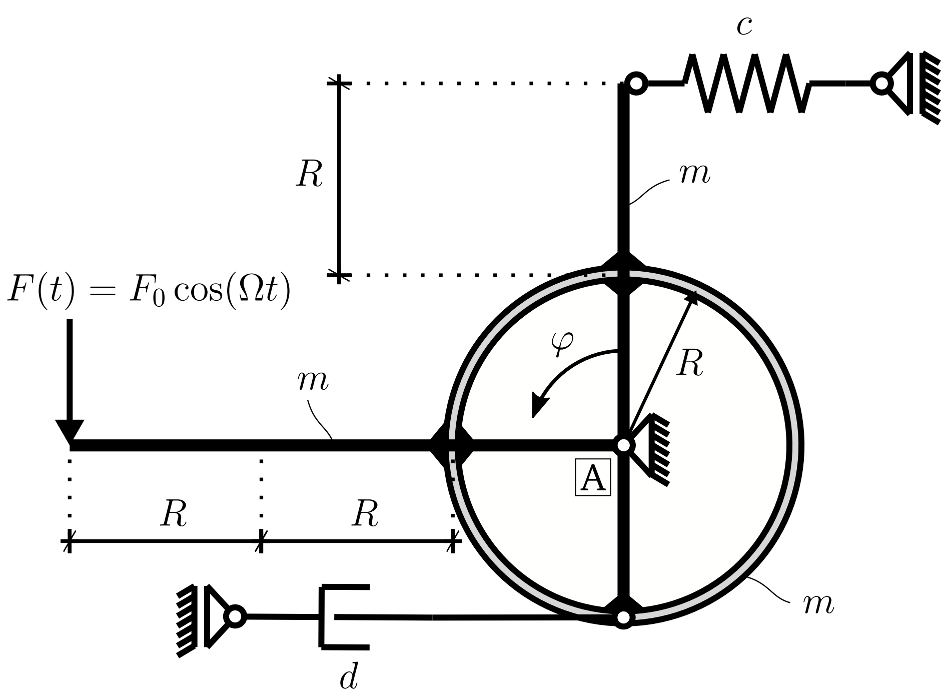
b) Ermitteln Sie die Bahnkurve $y(x)$ der Kiste nach dem Stoß. Nehmen Sie hierfür die Geschwindigkeit $\bar{v}$ der Kiste nach dem Stoß als gegeben an.

c) Ermitteln Sie die Distanz Δx, die die Kiste im freien Fall in x-Richtung zurücklegt, bis sie auf den Boden trifft.

Hinweis zu b) und c): Es kann davon ausgegangen werden, dass die Kiste und der Stab sich kein zweites Mal berühren und dass $\bar{v} > 0$ gilt.

Gegeben: m, g, l, h, v_0, e, $\mu = 0$; außerdem für b): $\bar{v}$

Aufgabe 3 [21 Punkte]



Ein Ring (Masse m, Radius R) und zwei Stäbe (beide Masse m, Länge $l = 3R$) sind fest miteinander verbunden und drehen sich zusammen um den Punkt $\boxed{\text{A}}$. Am System ist eine Feder (Federsteifigkeit c) sowie ein Dämpfer (Dämpfungskonstante d) befestigt. Das System wird durch eine periodische Kraft $F(t) = F_0 \cos(\Omega t)$ angeregt. $\varphi = 0$ beschreibt die Ruhelage des Systems ohne Erregung.

Bestimmen Sie:

a) die Bewegungsgleichung des Systems bezüglich der Koordinate φ um die Ruhelage unter der Annahme kleiner Winkel,

b) die Eigenkreisfrequenz ω der ungedämpften Schwingung und den Abklingkoeffizienten δ,

c) $\varphi(t)$ im eingeschwungenen Zustand für $\Omega = \omega$ in Abhängigkeit von den gegebenen Größen.

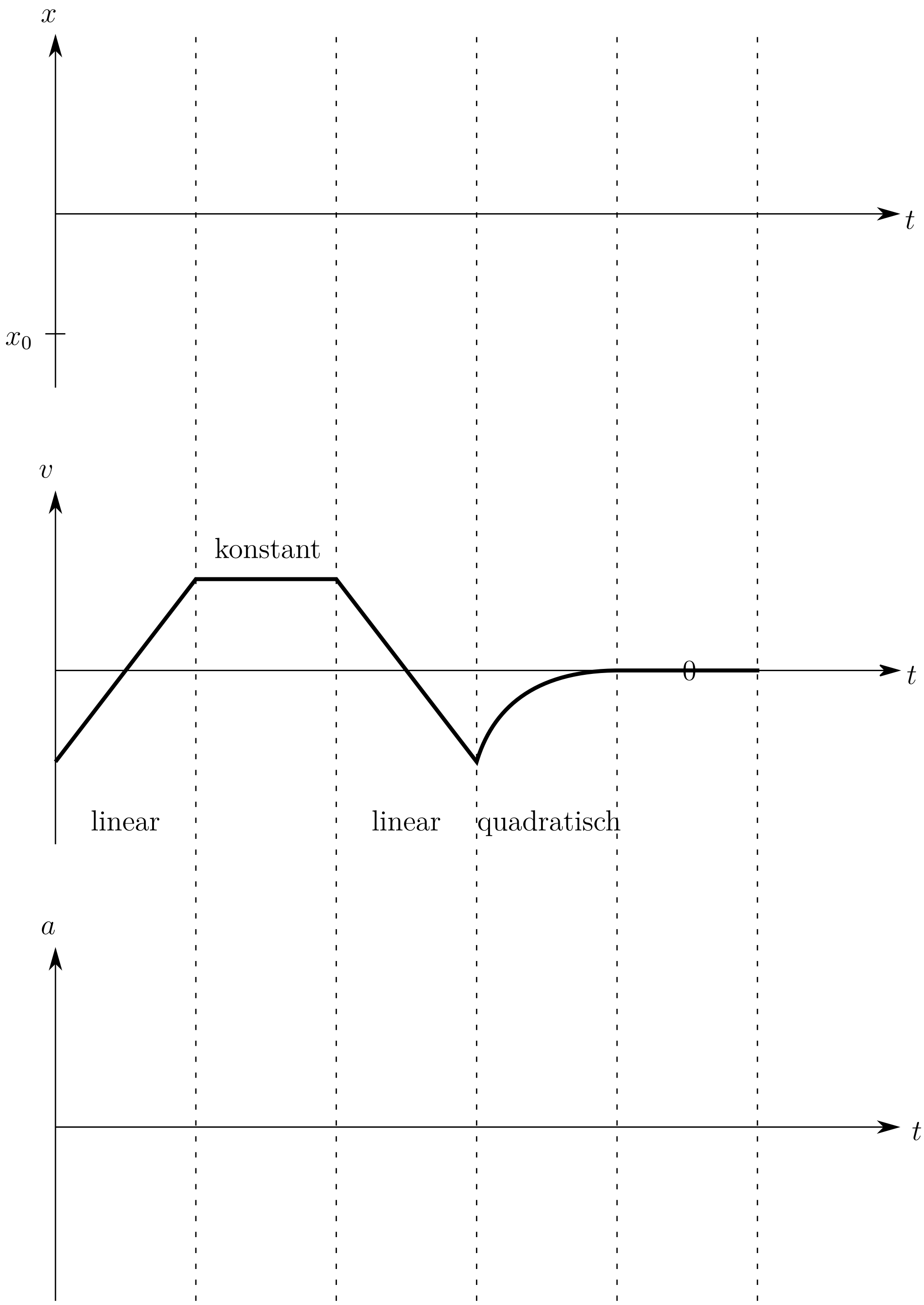
Hinweis: Es kann von kleinen Winkeln ausgegangen werden.

Gegeben: m, R, c, d, $F(t) = F_0 \cos(\Omega\, t)$

Kurzfrage 1 [5 Punkte]

Gegeben ist das skizzierte Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm $v(t)$. Skizzieren Sie qualitativ das zugehörige Weg-Zeit-Diagramm $x(t)$ und das Beschleunigungs-Zeit-Diagramm $a(t)$ in die folgende Abbildung. Beschriften Sie zudem die Art der Verläufe (Null, konstant, linear, quadratisch, $\ldots$).

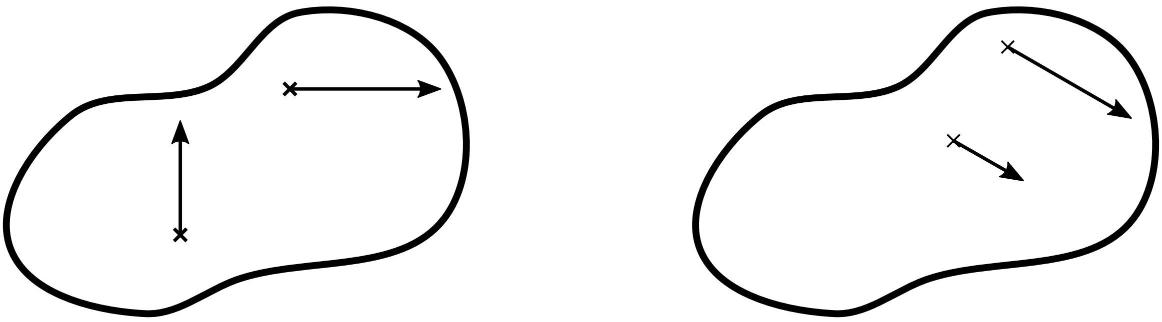
Gegeben: $x(t = 0) = x_0$



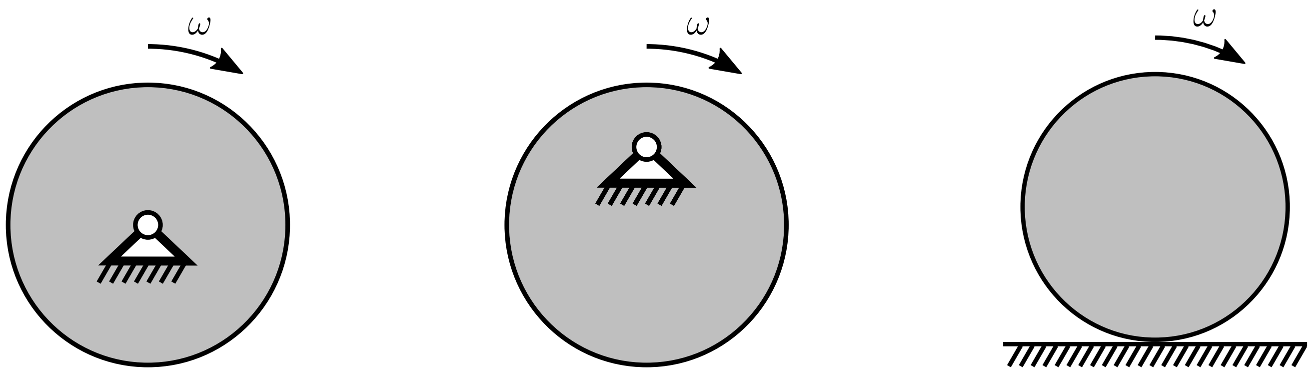
Kurzfrage 2 [6 Punkte]

Bekannt sind die Geschwindigkeitsvektoren einzelner Punkte eines Körpers. Zeichnen Sie jeweils den Momentanpol Π ein.

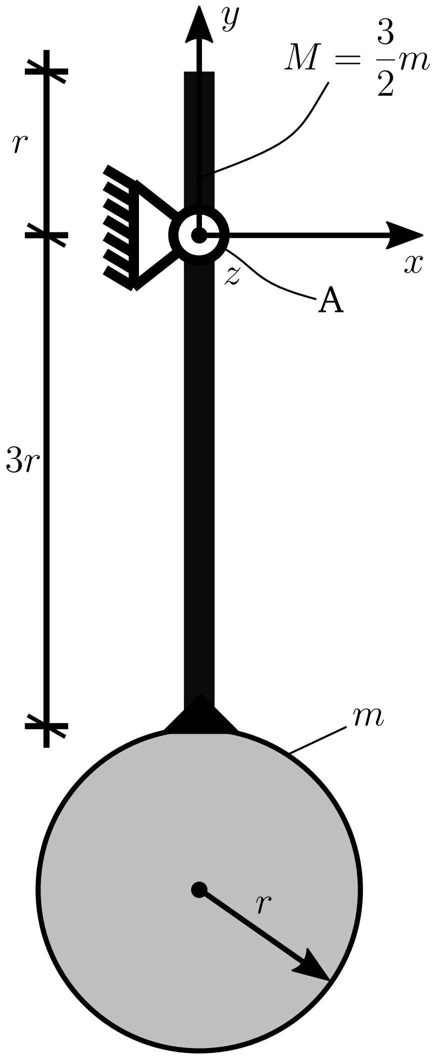
Markieren Sie rechte Winkel eindeutig: 



Zeichnen Sie die Momentanpole Π der folgenden Walzen ein, die jeweils mit der Winkelgeschwindigkeit ω rotieren. Die linke und die mittlere Walze sind gelenkig gelagert. Die rechte Walze rollt auf einer Oberfläche, ohne zu rutschen.



Kurzfrage 3 [4 Punkte]

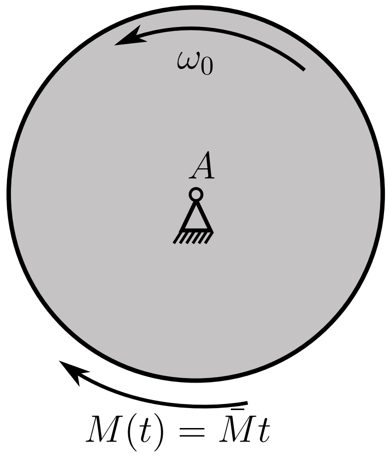


Eine Scheibe (Masse m, Radius r) ist fest mit einem Stab (Masse $M = \frac{3}{2}m$, Länge $4r$) verbunden, der eine Länge $3r$ von der Scheibe entfernt am Lager A befestigt ist. Berechnen Sie das Massenträgheitsmoment Θ_A des Gesamtkörpers bezüglich der z-Achse des gegebenen Koordinatensystems.

Gegeben: m, $M = \frac{3}{2}m$, r

$\Theta_A =$

Kurzfrage 4 [4 Punkte]



Eine Walze (Massenträgheitsmoment Θ_A) rotiert mit der Winkelgeschwindigkeit ω_0 um den gelagerten Mittelpunkt A. Das System wird von außen durch das sich zeitlich verändernde Moment $M(t) = \bar{M}t$ gebremst.

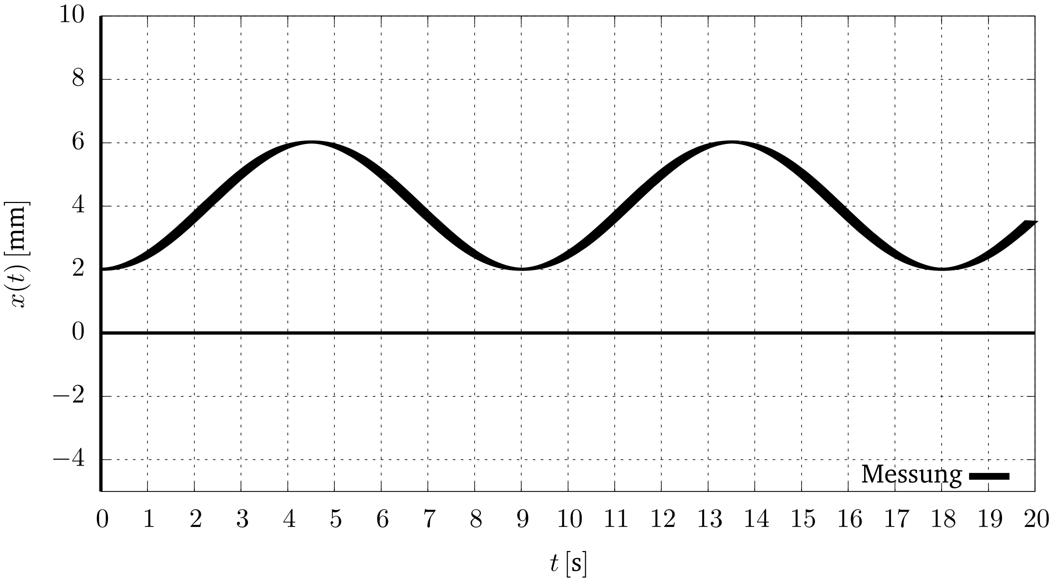
Gegeben: $\omega(t = 0) = \omega_0$, Θ_A, $\bar{M}$

a) Geben Sie die Bewegungsgleichung des Systems an.

b) Bestimmen Sie die Zeit Δt bis zum Stillstand der Walze.

$\Delta t =$

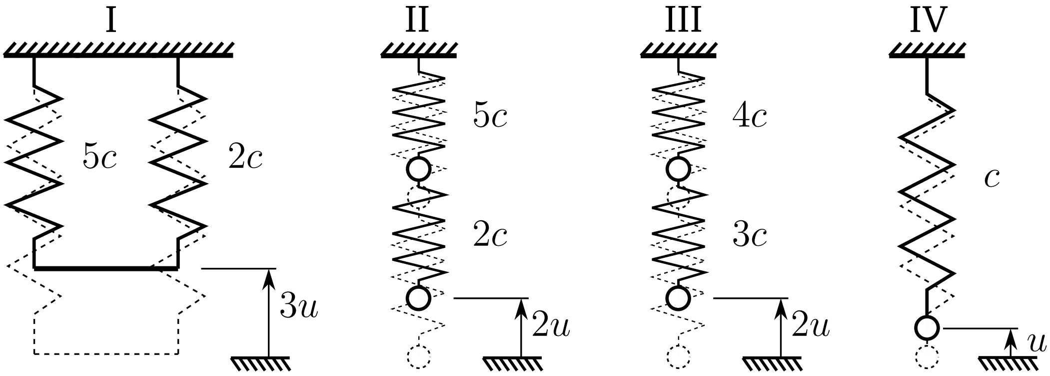
Kurzfrage 5 [4 Punkte]



Für eine harmonische Schwingung wurde das oben dargestellte Signal gemessen. Geben Sie für diese Schwingung die Amplitude in mm, den Phasenwinkel in rad, die Periodendauer in s und die Frequenz in Hz an.

Amplitude:	$A =$
Phasenwinkel:	$\varphi =$
Periodendauer:	$T =$
Frequenz:	$f =$

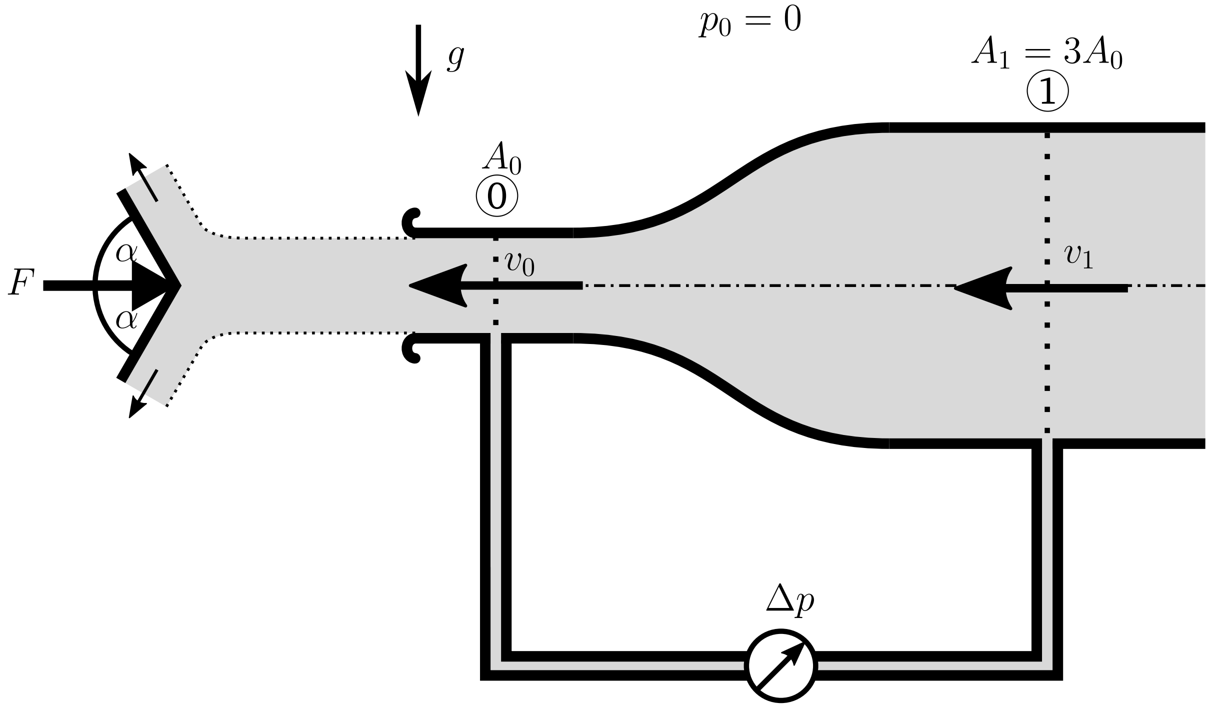
Kurzfrage 6 [4 Punkte]



Sortieren Sie die gespeicherten potentiellen Energien E_{I}, E_{II}, E_{III} und E_{IV} der in ausgelenkter Lage dargestellten Systeme nach der Größe, indem Sie die zugehörigen Indizes in die Ungleichung unten eintragen.
Gegeben: u, c

$$\boxed{E\quad} > \boxed{E\quad} > \boxed{E\quad} > \boxed{E\quad}$$

Kurzfrage 7 [6 Punkte]



Ein Rohr, durch das eine Flüssigkeit (Dichte ρ) fließt, hat die dreifache Querschnittsfläche der daran montierten Düse (Querschnittsfläche A_0). Zwischen dem Rohr und der Düse wird eine Druckdifferenz $\Delta p = p_1 - p_0$ gemessen. Der Umgebungsdruck ist zu vernachlässigen ($p_0 = 0$). Unmittelbar nach der Düse trifft der Freistrahl auf eine Platte, die durch die Kraft F gehalten wird. Der Freistrahl wird um den Winkel $\alpha = 60°$ abgelenkt und teilt sich dabei gleichmäßig nach oben und unten auf.

Gegeben: A_0, $A_1 = 3A_0$, ρ, g, Δp, $p_0 = 0$

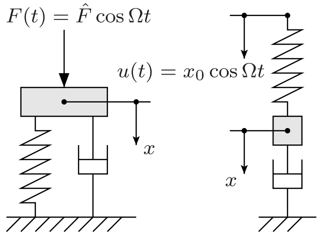
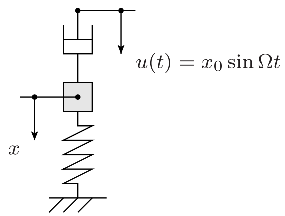
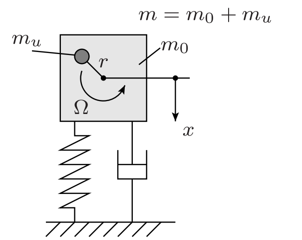
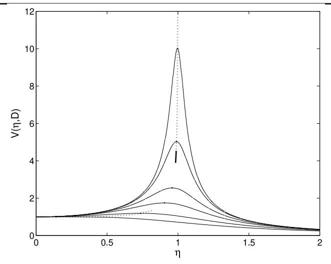
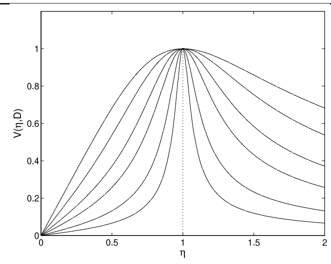
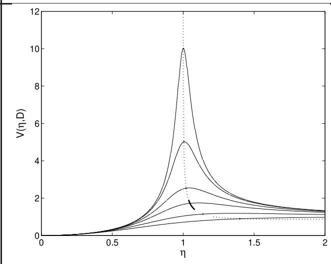
Geben Sie die Geschwindigkeit v_0 bzw. v_1 an der Stelle 0 bzw. 1 an.

$v_0 =$

$v_1 =$

Geben Sie die horizontale Kraft F infolge des Freistrahls an.

$F =$

Art der Anregung (Ω - Anregungsfrequenz)	konstante Kraftamplitude/ Wegerregung über Feder 	Weganregung über Dämpfer 	veränderliche Kraftamplitude (Unwucht) 
$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega^2 x = ...$	$= \omega^2 x_0 \cos\Omega t \quad (x_0 = \frac{\hat{F}}{c})$	$= 2D\eta\omega^2 x_0 \cos\Omega t$	$= \omega^2\eta^2 x_0 \cos\Omega t \quad (x_0 = \frac{m_u}{m} r)$
Vergrößerungsfunktion V	$V(\eta, D) = \frac{1}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + 4D^2\eta^2}}$	$V(\eta, D) = \frac{2D\eta}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + 4D^2\eta^2}}$	$V(\eta, D) = \frac{\eta^2}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + 4D^2\eta^2}}$
Phasenverschiebung φ	$\tan\varphi = \frac{2D\eta}{1-\eta^2}$	$\tan\varphi = \frac{2D\eta}{1-\eta^2}$	$\tan\varphi = \frac{2D\eta}{1-\eta^2}$
Resonanzfrequenz $\eta_{\text{res}} = \frac{\Omega_{\text{res}}}{\omega}$	$\eta_{\text{res}} = \sqrt{1 - 2D^2}$	$\eta_{\text{res}} = 1$	$\eta_{\text{res}} = \frac{1}{\sqrt{1-2D^2}}$
$V_0 = V(0, D) = ...$ $V_{\max} = V_{\text{res}} = V(\eta_{\text{res}}, D) = ...$ $V_\infty = \lim_{\eta\to\infty} V(\eta, D) = ...$	$= 1$ $= \frac{1}{2D\sqrt{1-D^2}}$ $= 0$	$= 0$ $= 1$ $= 0$	$= 0$ $= \frac{1}{2D\sqrt{1-D^2}}$ $= 1$
Vergrößerungsfunktion für unterschiedliche Werte von D			

Abkürzungen: $2\delta = \frac{d}{m}, \quad \omega^2 = \frac{c}{m}, \quad D = \frac{\delta}{\omega}, \quad \eta = \frac{\Omega}{\omega}$