

KULTUSMINISTERIUM DES LANDES SACHSEN-ANHALT



Abitur
April/Mai 2003

Physik
(Leistungskurs)

Einlesezeit: 30 Minuten
Arbeitszeit: 300 Minuten

Thema 1

Experimente in der Physik

Thema 2

Wärmekraftmaschinen und Rotation

Thema 3

Bewegung bei Sport und Spiel

Thema 1: Experimente in der Physik

1 Wechselstromkreis (Aufgabe mit Schülerexperiment)

- 1.1 Erläutern Sie die Entstehung der Phasenverschiebung zwischen den Momentanwerten von Spannung und Stromstärke, die jeweils an einer idealen Spule bzw. an einem idealen Kondensator im Wechselstromkreis auftritt.

In einem Wechselstromkreis ($f = 50 \text{ Hz}$) werden eine Spule der Induktivität $L = 1,2 \text{ H}$ und ein Kondensator der Kapazität $C = 4 \text{ }\mu\text{F}$ in Reihe geschaltet. Der Ohm'sche Widerstand der Schaltung beträgt $R = 150 \text{ }\Omega$.

Bestimmen Sie die in der Reihenschaltung auftretende Phasenverschiebung und erstellen Sie das dazu gehörende Zeigerdiagramm für die Widerstände.

- 1.2 Bestimmen Sie experimentell die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Stromstärke einer gegebenen Spule mit Eisenkern und deren Induktivität.

Zur Spule wird ein Kondensator bekannter Kapazität in Reihe geschaltet.

Berechnen Sie die sich damit ergebende Phasenverschiebung zwischen Spannung und Stromstärke unter Verwendung der Messergebnisse.

Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

- 1.3 Der Leistungsfaktor $\cos \varphi$ ist auf den Typenschildern vieler elektrischer Geräte wie z. B. Elektromotoren vermerkt.

Erläutern Sie die praktische Bedeutung des Leistungsfaktors.

2 Äußerer lichtelektrischer Effekt

- 2.1 Der äußere lichtelektrische Effekt wurde 1887 von H. Hertz und 1888 von W. Hallwachs gefunden.

Beschreiben Sie den Aufbau und die Durchführung des Experiments nach Hallwachs. Nennen Sie die experimentellen Befunde.

In weiteren Experimenten mit Photozellen, bei denen u. a. die Intensität des verwendeten Lichts variiert wurde, ergaben sich weitere Befunde.

Beschreiben Sie Probleme, die beim Deuten dieser Befunde mithilfe des Wellenmodells des Lichtes auftraten und erläutern Sie diese Befunde mithilfe des Photonenmodells des Lichtes.

- 2.2 Erläutern Sie eine Messmethode zur Bestimmung der kinetischen Energie der schnellsten Photoelektronen.

Experimentell konnten bei der Bestrahlung einer Photozelle folgende Spannungen bei verschiedenen Wellenlängen ermittelt werden:

λ in nm	578	546	436	405
U in V	0,13	0,27	0,81	1,02

Stellen Sie die kinetische Energie in Abhängigkeit von der Frequenz graphisch dar.

Bestimmen Sie aus dem Diagramm die Grenzfrequenz und die Ablösearbeit der Photokathode.

Berechnen Sie anhand der Messwerte das Planck'sche Wirkungsquantum.

3 Moleküldurchmesser und Avogadrokonstante

Mit einem Ölfleckversuch ist es möglich, den Durchmesser von Molekülen und die Avogadrokonstante abzuschätzen. Dabei lässt man einen Tropfen einer Lösung aus Ölsäure ($C_{17}H_{33}COOH$) und Leichtbenzin auf eine mit Bärlappsamen bestreute Wasseroberfläche fallen. Durch das sehr schnelle Verdunsten des Benzins befindet sich nach kurzer Zeit nur noch die Ölsäure in einer monomolekularen kreisförmigen Schicht auf der Wasseroberfläche, was durch die weggeschobenen Samen sichtbar wird.

Bei einem Ölfleckversuch wird eine Ölsäure-Benzinlösung mit dem Volumenverhältnis $\frac{V_{\text{Ölsäure}}}{V_{\text{Benzin}}} = \frac{1}{1000}$ verwendet, wobei 20 Tropfen 1 cm^3 ergeben. Im weiteren Vorgehen erzeugt ein Tropfen auf der Wasseroberfläche einen Kreis vom Durchmesser 27,5 cm. Die Dichte von Ölsäure beträgt $0,89 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Bestimmen Sie aus diesen Angaben einen Näherungswert für den Durchmesser der Ölsäuremoleküle und einen Wert für die Avogadrokonstante.

Thema 2: Wärmekraftmaschinen und Rotation

1 Kreisprozesse

Erläutern Sie anhand eines Energieflussdiagramms die prinzipielle Arbeitsweise einer Wärmekraftmaschine und stellen Sie die Energiebilanz einer idealen Wärmekraftmaschine auf.

Zur Erfassung der thermodynamischen Prozesse in einer realen Wärmekraftmaschine werden Prozessdiagramme aufgenommen, deren Untersuchung mittels angenäherter idealisierter Kreisprozesse erfolgen könnte.

Erläutern Sie Leistungsfähigkeit und Grenzen der idealisierten thermischen Kreisprozesse bei der Anwendung auf reale Wärmekraftmaschinen.

2 Kreisprozesse und ihre technische Anwendung

Der Kreisprozess eines idealen Heißluftmotors kann durch den Stirlingprozess dargestellt werden. Hierbei soll gelten, dass die bei der Zustandsänderung von B nach C abgegebene Wärme vollständig der Zustandsänderung von D nach A zugeführt wird.

2.1 Nennen Sie die dargestellten vier Zustandsänderungen und wenden Sie auf diese den 1. Hauptsatz der Thermodynamik an.

Zeigen Sie, dass der unter diesen Bedingungen arbeitende Heißluftmotor den idealen Wirkungsgrad

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \text{ besitzt.}$$

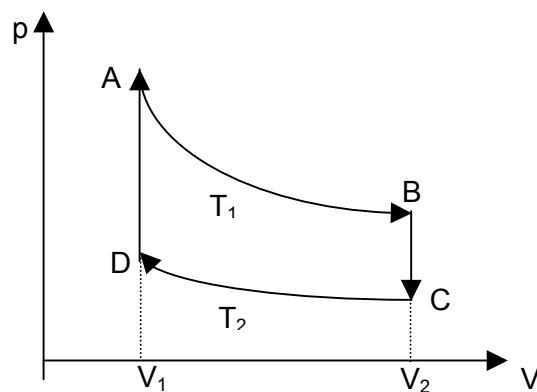


Bild 1

2.2 Für den dargestellten Kreisprozess sind folgende Daten bekannt:
 $V_1 = 48 \text{ cm}^3$; $V_2 = 240 \text{ cm}^3$; $T_1 = 400 \text{ K}$; $T_2 = 350 \text{ K}$; $p_A = 0,60 \text{ MPa}$.

Ermitteln Sie die Werte des Druckes in den Zuständen B, C, D und die Stoffmenge des Arbeitsmittels. Stellen Sie für diesen Kreisprozess $V(T)$ in einem Diagramm dar.

Berechnen Sie die notwendige Drehzahl des ideal arbeitenden Heißluftmotors, damit er eine Leistungsabgabe von 300 W aufweist.

2.3 Vergleichen Sie die Entropieänderung für den im Bild 1 dargestellten idealen Kreisprozess mit der eines real arbeitenden Motors und begründen Sie ihre Aussagen.

3 Rotationen

3.1 Das Trägheitsmoment eines Rotationskörpers soll durch ein Experiment bestimmt werden. Dazu wurde der in Bild 2 dargestellte Aufbau verwendet. An einem Faden mit vernachlässigbarer Masse bewegt sich ein Hakenkörper ($m = 10 \text{ g}$) abwärts. Der Faden läuft über eine Scheibe mit dem Durchmesser $d = 20 \text{ mm}$ ab. Scheibe und Rotationskörper sind auf einer gemeinsamen Achse befestigt. Zu bestimmten Wegen s , die der Hakenkörper zurücklegt, wurde jeweils die Zeit t ermittelt. Die Messungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

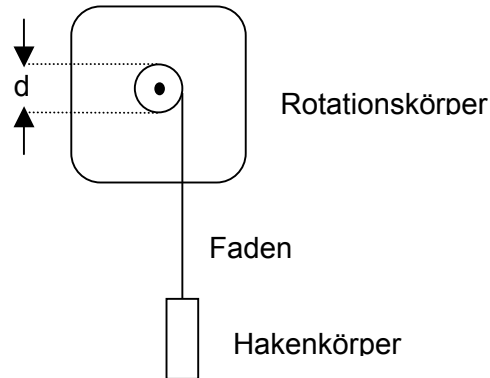


Bild 2

s in m	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
t in s	16,1	23,0	28,2	32,8	36,4

Beschreiben Sie qualitativ und quantitativ die physikalische Größe „Trägheitsmoment“.

Bestimmen Sie aus den Messwerten das Trägheitsmoment des Rotationskörpers in Bild 2.

3.2 Die von einem Dieselmotor bereitgestellte Leistung wird durch einen Riementrieb rutschfrei übertragen (Bild 3). Der Motor besitzt bei einer Drehzahl von 3000 min^{-1} eine konstante Leistung von 12 kW . Die Riemenscheibe am Motor hat einen Durchmesser von $d_{MS} = 30 \text{ cm}$.

Riemenscheibe des Motors

Berechnen Sie das an der Riemenscheibe des Motors zur Verfügung stehende Drehmoment.

Stellen Sie in jeweils einem Diagramm für die angegebene Variation des Durchmessers ($5 \text{ cm} \leq d_{AS} \leq 30 \text{ cm}$) der angetriebenen Riemenscheibe die Abhängigkeit des übertragenen Drehmomentes sowie der Winkelgeschwindigkeit dieser Riemenscheibe dar.

angetriebene Riemenscheibe



Bild 3

- 3.3 Eine weitere Übertragungsmöglichkeit von Drehmomenten stellen z.B. Reibkupplungen dar. Sie verbinden zwei Wellen durch Zusammenpressen der Kupplungsteile (Prinzip-skizze Bild 4). Die Welle W_1 (Trägheitsmoment $J_1 = 0,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$) dreht mit einer Drehzahl $n_1 = 2100 \text{ min}^{-1}$, die anzutreibende Welle W_2

(Trägheitsmoment $J_2 = 0,135 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$) dreht sich gleichsinnig mit $n_2 = 1500 \text{ min}^{-1}$. Durch Verschiebung entlang der gemeinsamen Rotationsachse werden die rotierenden Teile mittels Reibkupplung auf eine gemeinsame Drehzahl gebracht. Dabei sind beide Wellen als antriebslos zu betrachten.

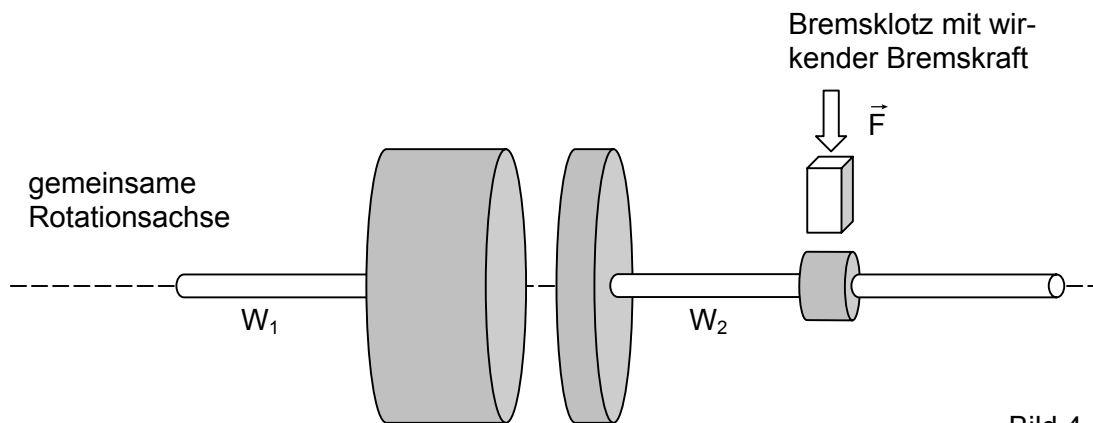


Bild 4

Berechnen Sie die gemeinsame Winkelgeschwindigkeit der gekoppelten Wellen und vergleichen Sie die kinetischen Energien vor und nach der Kopplung durch Rechnung. (Ergebnis zur Kontrolle: $\omega_G = 204 \text{ s}^{-1}$)

Ermitteln Sie die notwendige Bremskraft am Umfang der Welle W_2 ($r_2 = 1,5 \text{ cm}$), um eine vollständige Abbremsung des gekoppelten Systems innerhalb von 5 s zu ermöglichen.

Thema 3: Bewegung bei Sport und Spiel

1 Modelle in der Physik

Modelle haben in der Wissenschaft eine große Bedeutung für die Entwicklung von Theorien.

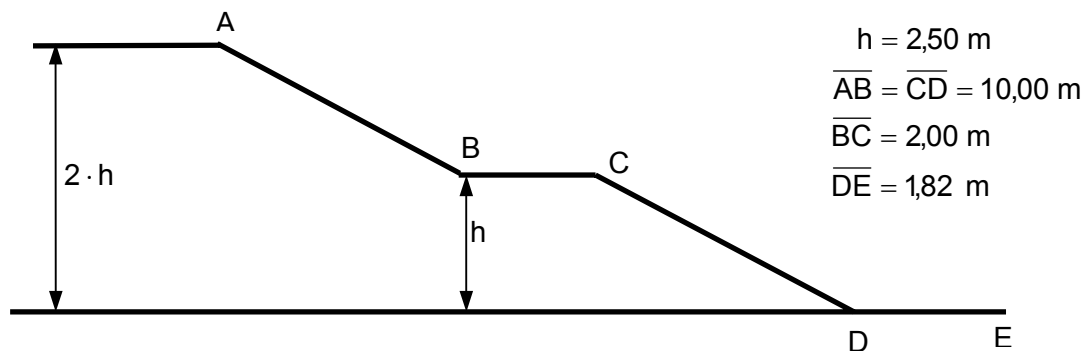
Erläutern Sie den Modellbegriff in der Physik.

Nennen Sie wesentliche Merkmale der Modelle „Massepunkt“ und „starrer Körper“.

2 Modell „Massepunkt“

2.1 Auf der Rutsche

In einem Vergnügungspark befindet sich eine Rutsche, die aus mehreren geneigten und waagerechten Abschnitten besteht (Bild 1). Die Personen setzen sich am Startpunkt A auf eine Matte aus Gewebe und rutschen bis zum Zielpunkt E. Der Belag der Bahn ist vom Punkt A bis zum Punkt D aus einem Material ($\mu_1 = 0,2$) und zwischen D und E aus einem anderen Material ($\mu_2 = 0,4$). Für die folgenden Aufgaben ist davon auszugehen, dass die Personen sich weder zusätzlich anschieben noch abbremsen und der Luftwiderstand vernachlässigt wird.



(Skizze nicht maßstäblich)

Bild 1

Nennen und begründen Sie die Bewegungsarten vom Startpunkt A bis zum Stillstand im Zielpunkt E.

Berechnen Sie die Geschwindigkeiten in den Punkten B, C und D.

(Ergebnisse zur Kontrolle: $v_B = 3,33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $v_C = 1,79 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $v_D = 3,78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Berechnen Sie die Zeiten, die zum Passieren der Abschnitte \overline{CD} bzw. \overline{DE} benötigt werden.

(Ergebnisse zur Kontrolle: $t_{\overline{CD}} = 3,58 \text{ s}$; $t_{\overline{DE}} = 0,96 \text{ s}$).

Zeichnen Sie für die Bewegungsabschnitte vom Punkt C bis zum Punkt E die zugehörigen v-t-, a-t- und s-t-Diagramme. Beginnen Sie beim Zeichnen im Punkt C mit $t = 0 \text{ s}$.

2.2 Auf dem Kettenkarussell und auf der Schaukel

Begründen Sie ausführlich folgende Beobachtungen:

Bei einem stehenden Kettenkarussell haben alle Gondeln den gleichen Abstand vom Mittelpunkt. Dreht sich das Karussell so stellt sich bei allen Gondeln unabhängig von der Masse die gleiche Auslenkung ein.

Beim vertikalen Überschlag einer Luftschaukel mit ausreichend großer Geschwindigkeit fällt die Person nicht aus der Schaukel.

Geben Sie eine Gleichung zur Berechnung dieser Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Länge der Schaukelstangen an. Dabei wird angenommen, dass der gemeinsame Massenmittelpunkt Schaukel-Person am unteren Ende der Schaukelstangen liegt.

3 Modell „starrer Körper“

3.1 Drehschemelexperimente

Eine auf einem drehbaren Schemel sitzende, sich zunächst in Ruhe befindliche Person erhält von außen ein sich drehendes Rad zugereicht (vgl. Bild 3). Anschließend schwenkt Sie das sich drehende Rad in die in Bild 4 dargestellte Position.

Beschreiben und begründen Sie die Bewegungen der Person mit dem Drehschemel, die sich als Folge der im Bild 3 bzw. 4 beschriebenen Aktionen ergeben mithilfe des Drehimpulserhaltungssatzes.



Bild 3



Bild 4

Quelle: Oberstufe Physik,
Cornelsen Verlag Berlin, 2001

3.2 Eiskunstlauf und Turnen

Erklären Sie den Übergang vom schnellen zum langsamen Drehen bei einer Pirouette oder einem Salto.

4 Laser (Themaufgabe)

Zur Bestimmung von Weiten und Zeiten im Sport wird auch Laserlicht eingesetzt.

Stellen Sie in einer sprachlich zusammenhängenden Form die Erzeugung und Anwendungen von Laserlicht dar. Gehen Sie dabei u. a. auf folgende Schwerpunkte ein:

- prinzipieller Aufbau eines Lasers,
- Wirkungsweise (induzierte Emission, Besetzungsinversion, metastabiler Zustand),
- Eigenschaften des Laserlichts.

Thema 1: Experimente in der Physik

Aufgabe 1	BE 30
------------------	------------------------

- 1.1 Erläuterung der Entstehung der Phasenverschiebung

$$\tan\varphi = \frac{X_L - X_C}{R}; \varphi = -70,3^\circ$$

Zeigerdiagramm

- 1.2 vollständiges Protokoll
1.3 Bedeutung des Leistungsfaktors

Aufgabe 2	25
------------------	-----------

- 2.1 Beschreiben des Aufbaus und der Versuchsdurchführung
Nennen der Befunde
Beschreiben der Probleme mit dem Wellenmodell
Erläuterung mit Photonenmodell

- 2.2 Erläutern der Messmethode
Diagramm

$$\text{Grenzfrequenz } f_g \approx 4,8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\text{Ablösearbeit } W_A \approx 2 \text{ eV}$$

$$\text{z. B. } h = \frac{e \cdot U_4 - e \cdot U_1}{f_2 - f_1} \approx 6,4 \cdot 10^{-34} \text{ Ws}^2$$

Aufgabe 3	15
------------------	-----------

$$M_{\text{Öl}} = 282 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Moleküldurchmesser: } d_{\text{Mol.}} = h_{\text{Schicht}} = \frac{4 \cdot V_{\text{Schicht}}}{\pi \cdot d_{\text{Kreis}}^2} = 8,42 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Avogadro:

$$m_{\text{Schicht}} = 4,45 \cdot 10^{-5} \text{ g}$$

$$n_{\text{Schicht}} = 1,578 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$$

Würfelpackung:

$$N_A = \frac{V_{\text{Schicht}}}{h_{\text{Schicht}}^3 \cdot n_{\text{Schicht}}} = 5,31 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \text{ oder}$$

Kugelpackung:

$$N_A = \frac{4 \cdot V_{\text{Schicht}}}{\pi \cdot h_{\text{Schicht}}^3 \cdot n_{\text{Schicht}}} = 6,76 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Thema 2: Wärmekraftmaschinen und Rotation

Aufgabe 1	BE 10
------------------	------------------------

Arbeitsweise erläutern und Energiebilanz angeben

Leistungsfähigkeit und Grenzen erläutern

Aufgabe 2	27
------------------	-----------

- 2.1 Charakterisierung der Zustandsänderungen und Anwendung des 1. Hauptsatzes

Zeigen, dass gilt $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

- 2.2 $p_B = 0,12 \text{ MPa}$; $p_C = 0,105 \text{ MPa}$; $p_D = 0,525 \text{ MPa}$, $n = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
Diagramm

$$n = \frac{P}{W} \approx 3110 \text{ min}^{-1}$$

- 2.3 Unterscheidung der Entropieänderung
mögliche Begründung z. B:

$$\text{idealer Kreisprozess: } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{Q_{CD}}{Q_{AB}} \Rightarrow \frac{Q_{CD}}{T_2} - \frac{Q_{AB}}{T_1} = 0 \Rightarrow \Delta S = 0$$

$$\text{real arbeitender Motor: } \eta_{\text{real}} < \eta_{\text{ideal}} \Rightarrow 1 - \frac{Q_K}{Q_H} < 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{Q_K}{T_2} > \frac{Q_H}{T_1} \Rightarrow \Delta S > 0$$

Aufgabe 3	33
------------------	-----------

- 3.1 Beschreibung der Größe Trägheitsmoment

$$\text{mit } J = m \cdot r^2 \cdot \left(\frac{g \cdot t^2}{2s} - 1 \right) \text{ folgt } \bar{J} = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$$

- 3.2 $M_{MS} = \frac{P}{\omega} = 38,2 \text{ Nm}$;

$$F_{MS} = F_{AS} \Rightarrow M_{AS} = r_{AS} \cdot \frac{M_{MS}}{r_{MS}} \Rightarrow M_{AS} \sim r_{AS} \quad \text{Diagramm}$$

$$\omega_{AS} = \frac{\omega_{MS} \cdot r_{MS}}{r_{AS}} = \frac{15\pi \cdot m \cdot s^{-1}}{r_{AS}} \quad \text{Diagramm}$$

- 3.3 $\omega_G = \frac{J_1 \cdot \omega_1 + J_2 \cdot \omega_2}{J_1 + J_2} = 204 \text{ s}^{-1}$

$$\Delta E = \frac{1}{2} J_G \cdot \omega_G^2 - \frac{1}{2} (J_1 \cdot \omega_1^2 + J_2 \cdot \omega_2^2) = -199,2 \text{ J (Energieverlust beim Kuppeln)}$$

$$M_{\text{Brems}} = F_{\text{Brems}} \cdot r = J_{\text{Gesamt}} \cdot \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \Rightarrow F_{\text{Brems}} = 1,34 \text{ kN}$$

Thema 3: Bewegung bei Sport und Spiel

Aufgabe 1	BE 7
------------------	-----------------------

Modellbegriff erläutern

Nennen wesentlicher Merkmale der Modelle „Massepunkt“ und „starrer Körper“

Aufgabe 2	36
------------------	-----------

- 2.1 A → B gleichmäßig beschleunigt, $F_B = \text{konst.}$, $F_r = \text{konst.}$
 B → C gleichmäßig verzögert, $F_r = \text{konst.}$
 C → D gleichmäßig beschleunigt, $F_B = \text{konst.}$, $F_r = \text{konst.}$
 D → E gleichmäßig verzögert, $F_r = \text{konst.}$

z. B.:

$$E_{\text{kinB}} = E_{\text{potA}} - E_{\text{potA}} - W_{r1} \Rightarrow v_B = 3,33 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$E_{\text{kinC}} = E_{\text{kinB}} - W_{r2} \Rightarrow v_C = 1,80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$E_{\text{kinD}} = E_{\text{potC}} + E_{\text{kinC}} - W_{r3} \Rightarrow v_D = 3,78 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$C \rightarrow D \text{ aus } s_{\overline{CD}} = \frac{a_{\overline{CD}}}{2} \cdot t_{\overline{CD}}^2 + v_C \cdot t_{\overline{CD}} \text{ und } a_{\overline{CD}} = \frac{v_D - v_C}{t_{\overline{CD}}}; t_{\overline{CD}} = 3,58 \text{ s}$$

$$D \rightarrow E \text{ aus } s_{\overline{DE}} = \frac{a_{\overline{DE}}}{2} \cdot t_{\overline{DE}}^2 + v_D \cdot t_{\overline{DE}} \text{ und } a_{\overline{DE}} = \frac{v_E - v_D}{t_{\overline{DE}}}; t_{\overline{DE}} = 0,96 \text{ s}$$

Diagramme

- 2.2 Begründen

$$\text{Kettenkarussell: } \tan \alpha = \frac{v^2}{r \cdot g} \Rightarrow \alpha = f(v, r, g)$$

$$\text{Schaukel: } v = \sqrt{g \cdot r}$$

Aufgabe 3	9
------------------	----------

- 3.1 Beschreiben und Begründen der Bewegungen

- 3.2 Erklärung

Aufgabe 4	18
------------------	-----------

Darstellung