Aufgaben Physik 11
(Dr. Meyer)

Datum: 09.11.2020

Liebe Physikerinnen und Physiker,

leider muss ich mich vorerst bis Donnerstag in Quarantäne begeben, aber bis jetzt haben ich keine Symptome. Da schon ein paar Anfragen zu Edupage kamen: die meisten Aufgaben werden über die Homepage der Schule www.gymba.de verteilt und Edupage wird von den Lehrern für die Noten und mögliche Konferenzen benutzt. Also sollte euer erster Blick immer auf die Homepage gehen. Bei wichtigen Fragen könnt ihr mich auch gern anschreiben.

Jetzt aber zu den schönen Dingen des Lebens - nämlich der Physik ☺

Wir hatten in der letzten Stunden uns die Atwoodsche Fallmaschine angesehen und verschiedene Formeln hergeleitet. Im Abi kommen dazu auch gern Aufgaben dran, daher habe ich euch mal ein Beispiel aus dem Jahr 2006 „mitgebracht". Logischerweise könnt ihr das Experiment nicht durchführen, daher sollt ihr im ersten Teil der Stunde nur die Vorbetrachtung bearbeiten.

Im zweiten Teil der Stunde sollt ihr euch mit den Kreisbewegungen beschäftigen – das also euer neues Thema ist -> Überschrift: „Die gleichförmige Kreisbewegung"

Bearbeitet dazu die Seiten 64 und 65 im Lehrbuch „Fokus Physik" (euer Lehrbuch). Wer das Lehrbuch nicht dabei haben sollte, findet die entsprechenden Seiten weiter hinten im Dokument.

Kleine Frage dazu: Warum heißt es gleichförmige Kreisbewegung und ist eine gleichförmige Kreisbewegung eine beschleunigte Bewegung? Begründet eure Antwort im Satz.

Das sollte für diese Stunde reichen.

Viel Erfolg und bleibt gesund!
H.T. Meyer

Bestimmung der Fallbeschleunigung g (Schülerexperiment)

In dieser Aufgabe ist ein Experiment durchzuführen und auszuwerten. Beantworten Sie dazu die Fragen zur Vorbetrachtung und führen Sie das Experiment durch. Die Auswertung erfolgt nach den angegebenen Vorgaben. Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

Auftrag

Bestimmen Sie die Größe der Fallbeschleunigung g an Ihrem Schulort mithilfe der Atwood'schen Fallmaschine.

Vorbetrachtungen

1 Nennen Sie zwei Bedingungen, die den Wert der Fallbeschleunigung im Allgemeinen beeinflussen.

2 Das Experiment wird Ihnen entsprechend dem im Bild 1 dargestellten Aufbau zur Verfügung gestellt. Durch die Masse m_R soll die Reibung ausgeglichen werden. Durch die Masse m_B werden die über einen Faden verbundenen, gleich großen Massen m_1 und m_2 in Bewegung gesetzt. Aus der Zeit t, die zum Durchlaufen der Strecke s benötigt wird, kann die Fallbeschleunigung ermittelt werden.

Zeigen Sie, dass zur Berechnung von g aus den Messwerten folgende Gleichung gilt:

$$g = \frac{2\,s}{t^2} \cdot \frac{m_1 + m_2 + m_R + m_B}{m_B} \quad .$$

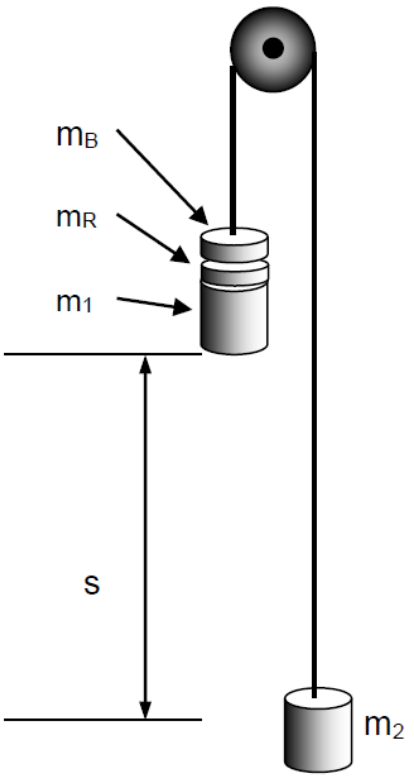


Bild 1

Ablauf des Experiments

1 Wählen Sie für die Massen m_1 und m_2 jeweils mindestens 100 g sowie für die Ablaufstrecke s mindestens 0,50 m.

2 Ermitteln Sie aus den bereitgestellten Massestücken eine geeignete Masse m_R so, dass sich die über den Faden verbundenen Massen nach dem einmaligen Anschieben annähernd gleichförmig bewegen.

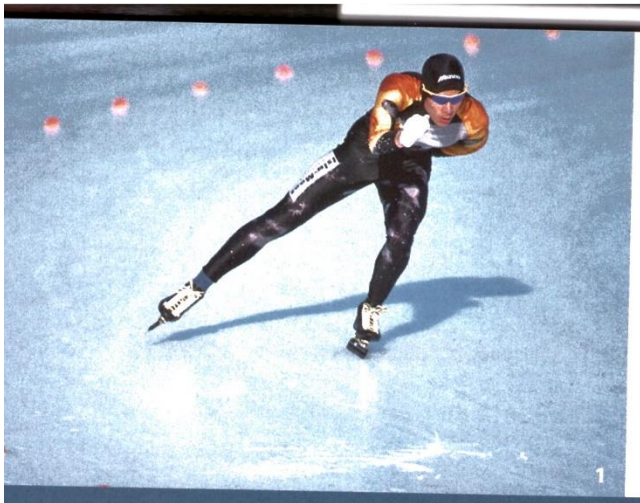
3 Messen Sie für drei verschiedene Massen m_B die jeweiligen Durchlaufzeiten. Wiederholen Sie die Einzelmessungen noch mindestens zweimal.

Auswertung

1 Berechnen Sie aus den Messwerten den Mittelwert $\bar{g}$ für die Fallbeschleunigung.

2 Vergleichen Sie den von Ihnen ermittelten Wert mit dem Tabellenwert für g und gehen Sie auf systematische und zufällige Fehler bei der Durchführung des Experiments ein.

3 Beschreiben Sie kurz ein weiteres Experiment zur Ermittlung der Fallbeschleunigung.



Besonders in der Kurve laufen Eisschnellläufer äußerst konzentriert und setzen ihre Schritte sehr präzise, Körperneigung und Schrittfolge sind genau aufeinander abgestimmt. Der rechte Fuß muss am linken vorbei nach innen versetzt werden. Mit jedem Schritt wird der ganze Körper zur Kurvenlinie hin bewegt. Wem das nicht gelingt, der stürzt und rutscht geradeaus in die Bande.

3.1 Kreisbewegung

Die Bewegungen realer Objekte verlaufen in der Regel nicht auf geradlinigen, sondern meist auf krummlinigen Bahnen. Die einfachste Bewegung auf gekrümmter Bahn ist die gleichförmige Bewegung im Kreis: Bei jedem vollständigen Umlauf in der Zeit T legt das Objekt den Umfang des Kreises mit dem Radius r zurück. Seine Bahngeschwindigkeit v_B beträgt:

$$v_B = 2\pi \cdot \frac{r}{T} = \omega \cdot r. \qquad (1)$$

Dabei ist ω die Kreisfrequenz: $\omega = 2\pi/T$. Der Vektor der Bahngeschwindigkeit $\vec{v}_B$ beschreibt die Geschwindigkeit des Körpers zu einem bestimmten Zeitpunkt. Der Betrag der Bahngeschwindigkeit bleibt während der Kreisbewegung konstant, aber die Richtung von $\vec{v}_B$ ändert sich fortwährend und gleichmäßig.

Diese Geschwindigkeitsänderung erfolgt senkrecht zur momentanen Bahnbewegung: Die gleichförmige Kreisbewegung eines Objekts ist eine gleichmäßig zum Zentrum hin beschleunigte Bewegung.

Je schneller das Objekt mit der Kreisfrequenz ω umläuft und je größer dabei der Bahnradius r ist, desto größer ist die Zentralbeschleunigung a_Z:

$$a_Z = \omega^2 \cdot r. \qquad (2)$$

Kreisbewegung und Rotation

Wer mit dem Fahrrad auf gerader, ebener Straße mit gleichförmiger Geschwindigkeit unterwegs ist, muss gleichmäßig in die Pedale treten, um die Reibung zu überwinden. Aus der gleichförmigen Kreisbewegung der Füße auf den Pedalen wird eine gleichförmige Rotation des Hinterrads und schließlich eine konstante lineare Bewegung des Fahrrads. Kreisbewegungen und Rotationen von Objekten werden mit Begriffen beschrieben, die den Begriffen geradliniger Bewegungen ähnlich sind.

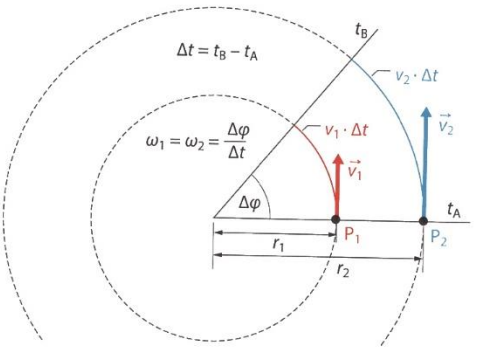
Winkelgeschwindigkeit Bei einer Drehung bewegen sich alle Punkte eines rotierenden Körpers im gleichen Zeitabschnitt Δt um denselben Winkel $\Delta\varphi$. Alle Punkte haben deshalb dieselbe *Winkelgeschwindigkeit* ω (Abb. 2). Analog der Translationsgeschwindigkeit $v = \Delta s/\Delta t$ bzw. $v = \dot{s}$ wird die Winkelgeschwindigkeit definiert als:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad \text{bzw.} \quad \omega = \dot{\varphi}. \qquad (3)$$

Bei einer vollständigen Drehung hat jeder Punkt des gleichförmig rotierenden Körpers in der Zeit T einen vollständigen Kreisbogen von $\Delta\varphi = 2\pi$ vollzogen. Für die Winkelgeschwindigkeit gilt daher:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}. \qquad (4)$$

In Analogie zur Frequenz $f = 1/T$ wird die Größe ω auch als *Kreisfrequenz* bezeichnet: $\omega = 2\pi \cdot f$.



2 Zwei Punkte auf einer rotierenden Kreisscheibe bewegen sich mit gleicher Winkelgeschwindigkeit ω.

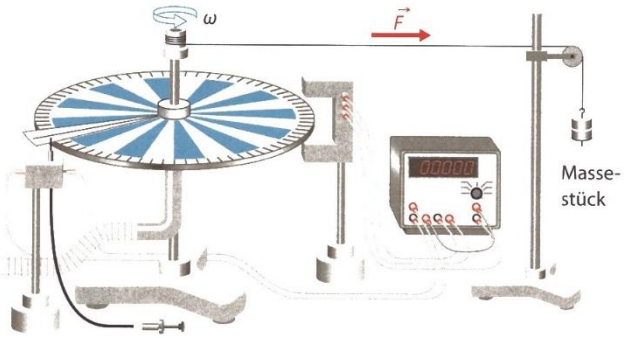
Winkelbeschleunigung Im Fall der geradlinigen Bewegungen wird die Änderung der Geschwindigkeit in einer bestimmten Zeit als Beschleunigung bezeichnet: $a = \Delta v/\Delta t$ bzw. $a = \dot{v}$. Entsprechend wird bei der Kreisbewegung die Änderung der Winkelgeschwindigkeit $\Delta\omega$ in der Zeit Δt als *Winkelbeschleunigung* α definiert:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad \text{bzw.} \quad \alpha = \dot{\omega}. \qquad (5)$$

Um ein geladenes Teilchen auf eine perfekte Kreisbahn zu zwingen, braucht man lediglich ein homogenes Magnetfeld. → 6.6

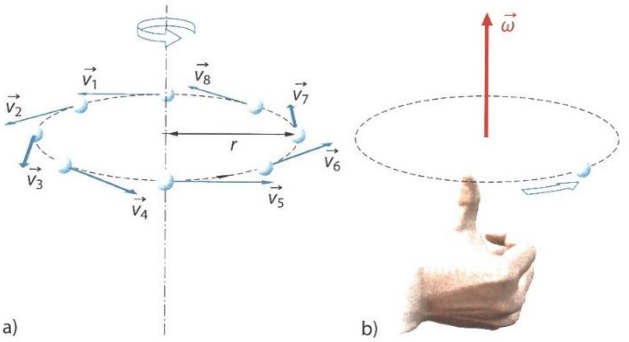
Extrem schnelle Kreisbewegungen finden im Synchrotron statt: Elektronen werden dort so stark beschleunigt, dass sie Röntgenstrahlung aussenden. → 10.13

Für einen Gegenstand, der sich mit konstanter Kreisfrequenz ω dreht, ist die Winkelbeschleunigung $\alpha = 0$. Abbildung 3 zeigt einen Metallreifen, der durch ein Massestück in Rotation versetzt wird. Das Massestück sinkt mit konstanter Beschleunigung nach unten – die Winkelgeschwindigkeit ω des Reifens nimmt gleichmäßig zu, seine Winkelbeschleunigung α ist konstant.



3 Erzeugen einer gleichmäßigen Winkelbeschleunigung

Bahngeschwindigkeit Ein Punkt im Abstand r vom Mittelpunkt seiner kreisförmigen Bahn legt bei einem vollständigen Umlauf einen Weg der Länge $s = 2\pi \cdot r$ zurück. Für seine *Bahngeschwindigkeit* v_B gilt damit: $v_B = 2\pi \cdot r/T = \omega \cdot r$ (Gl. 1). Die Bahngeschwindigkeit $\vec{v}_B$ ist ein Vektor, der in jedem Moment tangential zur Bahn gerichtet ist (Abb. 4 a).



4 Die Bahngeschwindigkeit ist tangential zur Bahn gerichtet.

Zentralbeschleunigung Bei der Kreisbewegung legt ein Punkt in der Zeit Δt die Strecke $\Delta s_B = v_B \cdot \Delta t$ zurück. Er wird dabei um den Betrag $\Delta s_h = \frac{1}{2} a_Z \cdot \Delta t^2$ von der geradlinigen Bahn abgelenkt (Abb. 5). a_Z stellt dabei eine mittlere Beschleunigung im Zeitintervall Δt dar und ist für kleine Intervalle Δt zum Zentrum Z hin gerichtet. In dem rechtwinkligen Dreieck AZT gilt dann:

$$\overline{ZA}^2 + \overline{AT}^2 = \overline{ZT}^2.$$

Daraus ergibt sich:

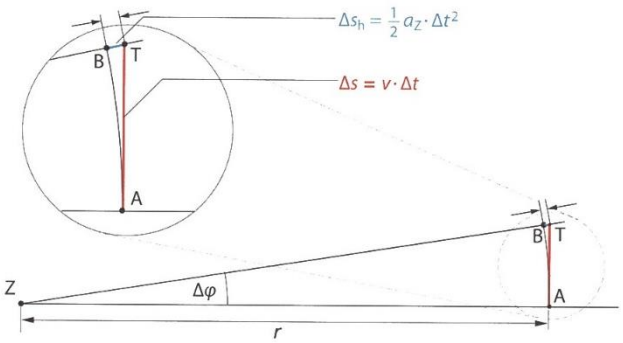
$$r^2 + v^2 \cdot \Delta t^2 = \left(r + \frac{1}{2} a_Z \cdot \Delta t^2\right)^2$$

$$= r^2 + a_Z \cdot r \cdot \Delta t^2 + \frac{1}{4} a_Z^2 \cdot \Delta t^4 \qquad (6)$$

Durch Umformen erhält man:

$$v^2 = a_Z \cdot r + \frac{1}{4} a_Z^2 \cdot \Delta t^2. \qquad (7)$$

Für kleiner werdende Zeitintervalle mit $\Delta t \to 0$ lässt sich daraus der Momentanwert der Beschleunigung berechnen: $v^2 = a_Z \cdot r$. Damit gilt für die Zentripetalbeschleunigung bei der gleichförmigen Kreisbewegung die Gleichung (2).



5 Geschwindigkeitsänderung in einem kleinen Zeitintervall Δt

Bei konstanter Winkelgeschwindigkeit ist die Zentralbeschleunigung $\dot{\omega}$ proportional zu r: Der Punkt P_2 in Abb. 2 hat eine größere Bahngeschwindigkeit als P_1. Daher ist auch seine Geschwindigkeitsänderung im Zeitintervall Δt größer als diejenige von P_1.

Vektor der Winkelgeschwindigkeit Ähnlich wie für die Geschwindigkeit $\vec{v}$ kann auch für die Winkelgeschwindigkeit ein Vektor $\vec{\omega}$ definiert werden: Die Richtung dieses Vektors fällt mit der Drehachse zusammen, geht also durch den Mittelpunkt des Kreises und steht senkrecht auf der Bahnebene (Abb. 4 b). Mit der Richtung des Vektors $\vec{\omega}$ wird zugleich der Drehsinn der Kreisbewegung festgelegt: Weisen die Finger der rechten Hand in die Richtung von $\vec{v}$, so gibt der Daumen die Richtung von $\vec{\omega}$ an.

AUFGABEN

1 Die Scheibe eines Winkelschleifers dreht sich mit 10 000 Umdrehungen pro Minute. Der Scheibendurchmesser beträgt 115 mm. Berechnen Sie die Geschwindigkeit, mit der sich abgelöste Partikel fortbewegen.

2 Ein Radfahrer fährt auf regennasser Straße. Dabei entfernen sich Tropfen von seinem Hinterreifen.

a Einige Tropfen lösen sich im höchsten Punkt der Kreisbewegung. Beschreiben Sie deren weitere Bewegung in den Bezugssystemen Fahrrad und Straße.

b Andere Tropfen lösen sich in Höhe der Nabe, wenn sie sich senkrecht nach oben bewegen. Beschreiben Sie ihre weitere Bewegung in beiden Bezugssystemen.

3 Beschreiben Sie den Unterschied zwischen den Größen Radialbeschleunigung und Winkelbeschleunigung. Geben Sie auch die jeweiligen Einheiten an.