

KULTUSMINISTERIUM DES LANDES SACHSEN-ANHALT



Abitur
April/Mai 2002

Physik
(Leistungskurs)

Einlesezeit: 30 Minuten
Bearbeitungszeit: 300 Minuten

Thema 1

Bewegungen auf gekrümmten Bahnen

Thema 2

Zustands- und Prozessgrößen

Thema 3

Experimente in der Physik

Thema 1: Bewegungen auf gekrümmten Bahnen

1 Satelliten- und Planetenbewegungen

Bild 1 zeigt die verschiedenen Bahnformen von Satelliten und Raumsonden, wie sie sich ergeben, wenn der Flugkörper mit der jeweils entsprechenden Anfangsgeschwindigkeit v_0 aus einer Höhe h über der Erdoberfläche horizontal gestartet wird und sich dann antriebslos weiterbewegt.

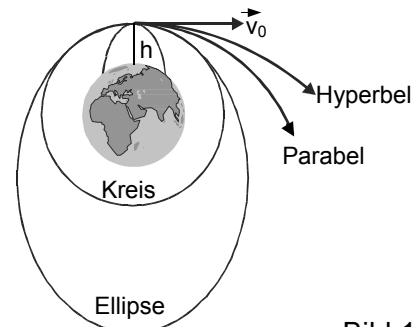


Bild 1

- 1.1 Entwickeln Sie jeweils für die Kreis- bzw. Parabelbahn aus einem geeigneten Ansatz eine Gleichung zur Berechnung der Anfangsgeschwindigkeit und berechnen Sie diese für die Höhe $h = 0$. Ordnen Sie den Ergebnissen die Begriffe „erste“ bzw. „zweite kosmische Geschwindigkeit“ zu und erläutern Sie deren Bedeutung. Nennen Sie die jeweiligen Bedingungen für Anfangsgeschwindigkeiten, bei denen eine Ellipse bzw. Hyperbel als Bahnform entstehen.
- 1.2 Ein Satellit umkreist die Erde in einer Höhe von $h = 260$ km über der Erdoberfläche. Berechnen Sie die Bahngeschwindigkeit dieser Bewegung. In welcher Höhe muss er kreisen, damit er über einem Punkt der Erde scheinbar steht? Beschreiben Sie eine Einsatzmöglichkeit solcher Satelliten. Warum können solche Satelliten die Erde nur auf einer äquatorialen Bahn antriebslos umkreisen?
- 1.3 Die internationale Raumstation ISS umkreiste am 15.12.2000 die Erde in einer Höhe von 374 km mit einer Bahngeschwindigkeit von $v = 27658 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Berechnen Sie mit diesen Daten die Umlaufzeit der ISS und die Masse der Erde. Leiten Sie die dazu notwendigen Gleichungen her. Es ist nur die Wechselwirkung der Erde mit der Raumstation zu berücksichtigen.

Loopingbewegung

- 2.1 Ein Körper gleitet zunächst reibungsfrei entlang einer in einer senkrechten Ebene verlaufenden Loopingbahn (Bild 2). Von welcher Mindesthöhe h_1 muss er aus der Ruhe heraus starten, um die Loopingbahn zu passieren (Bewegungsradius $r_L = 4,5$ m)? (Ergebnis zur Kontrolle: $h_1 = 2,5 \cdot r_L$)

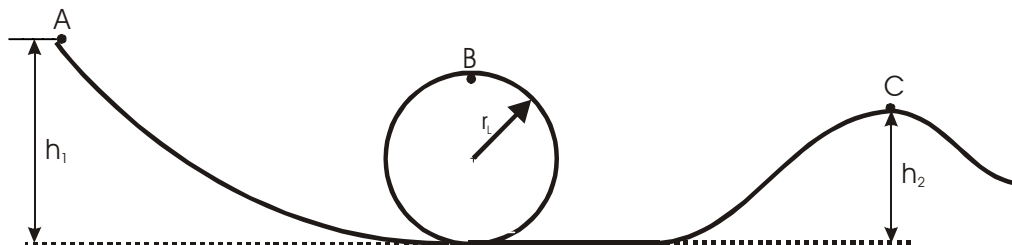


Bild 2

- 2.2 Nun tritt Reibung auf. Diese ist zwar energetisch zu vernachlässigen, lässt jedoch den kugelförmigen Körper rollen. Von welcher Mindestanfangshöhe aus muss nun der Start erfolgen, damit die Loopingbahn durchlaufen werden kann? Welche Geschwindigkeit hat dann der Körper beim Passieren des Punktes C mit der Höhe $h_2 = 3$ m?

1 Bewegung von Ionen im Vakuum

Zur Bestimmung der spezifischen Ladung von Ionen soll die skizzierte Anordnung (Bild 3) dienen, die sich ganz im Vakuum befindet. Die Ionen gleicher Masse und gleicher Ladung treten mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten v_0 senkrecht aus der Ionenquelle IQ aus und bewegen sich anschließend bei S_1 senkrecht zu den Feldlinien in ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte B hinein und verlassen es bei S_2 bei entsprechender Geschwindigkeit.

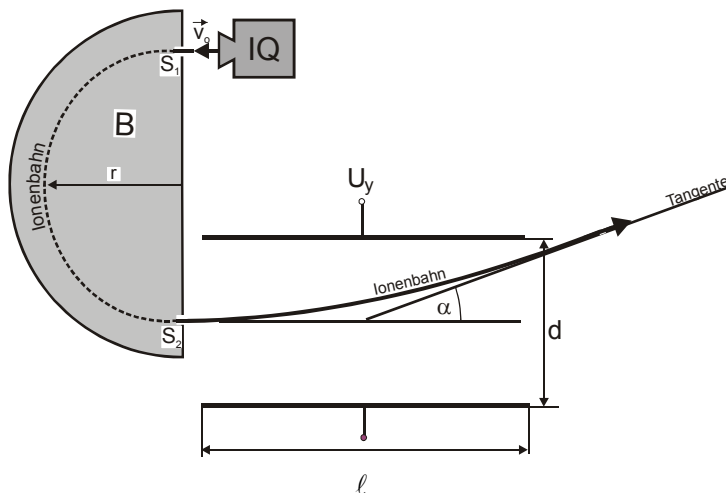


Bild 3

- 3.1 Zeigen Sie, dass das Magnetfeld zusammen mit den beiden Spaltblenden S_1 und S_2 als Geschwindigkeitsfilter für die Ionen fungiert.

Die Ionen treten nun senkrecht in das homogene elektrische Feld des Plattenkondensators ein und verlassen ihn unter einem Winkel α gegenüber der Einschussrichtung. Der Kondensator habe den Plattenabstand d , die Plattenlänge l und die Spannung U_y . Zeigen Sie, dass sich der Ablenkwinkel α nach folgender

Gleichung berechnen lässt:
$$\tan \alpha = \frac{q U_y l}{m d v_0^2}.$$

- 3.2 In einem Experiment mit obiger Versuchsanordnung werden folgende Daten ermittelt:

Plattenabstand des Kondensators:	$d = 3,39 \text{ cm}$
Plattenlänge des Kondensators:	$l = 15 \text{ cm}$
Spannung am Kondensator:	$U_y = 3,23 \text{ kV}$
Bahnradius im Magnetfeld:	$r = 34 \text{ cm}$
Flussdichte des Magnetfeldes:	$B = 0,28 \text{ T}$
Ablenkwinkel im Kondensator:	$\alpha = 13^\circ$

Berechnen Sie daraus die spezifische Ladung $\frac{q}{m}$ der Ionen.

Thema 2: Zustands- und Prozessgrößen

1 Das Verhalten von Gasen

Zur Untersuchung des thermischen Verhaltens von Gasen wählt man die Bedingungen so, dass diese Gase mit guter Näherung als ideale Gase betrachtet werden können.

- 1.1 In einem Zylinder (Bild 1) befinden sich $4,5 \text{ l}$ Sauerstoff. Der bewegliche Kolben, dessen Masse $2,5 \text{ kg}$ beträgt und der eine Fläche von 100 cm^2 hat, sorgt dafür, dass der Druck des eingeschlossenen Gases anfangs dem Umgebungsdruck von 101 kPa entspricht. Das eingeschlossene Gas hat eine Temperatur von 28 °C .

Die Anordnung wird so langsam um 90° gedreht (Bild 2), dass der Vorgang als isotherme Zustandsänderung betrachtet werden kann.

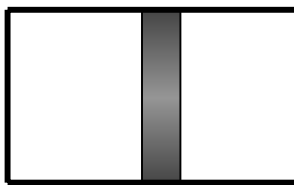


Bild 1

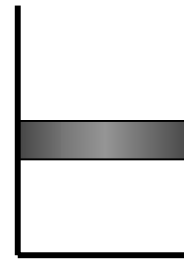


Bild 2

Berechnen Sie den Druck des Gases nach der Drehung des Zylinders und die Masse des eingeschlossenen Gases.

- 1.2 Ein nach außen gut wärmeisolierter Zylinder (Bild 3) erhält eine wärmeisolierende Trennwand, die den Zylinderinnenraum in zwei Raumgebiete mit je $0,50 \text{ m}^3$ Volumen teilt. In der feststehenden Trennwand befindet sich ein Überströmkanal, der zu Beginn des Vorganges geschlossen ist.

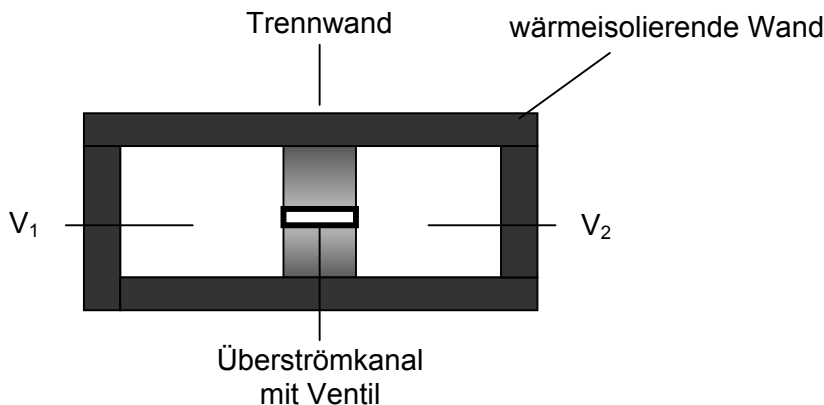


Bild 3

In beiden Raumgebieten befindet sich Helium. Während die eine Gasmenge bei einer Temperatur von -30 °C unter einem Druck von 150 kPa steht, hat die andere Gasmenge bei einer Temperatur von 50 °C einen Druck von 100 kPa . Der Überströmkanal in der Trennwand wird geöffnet.

Berechnen Sie die innere Energie, die Temperatur des Gases und die mittlere kinetische Energie der Gasteilchen nach dem Öffnen der Trennwand.
(Ergebnis zur Kontrolle: $U = 187,5 \text{ kJ}$)

- 1.3 Bild 4 zeigt einen Zylinder, in dem man zwei verschiedene Gase durch eine Wand trennt, die aus porösem Ton zwischen zwei undurchlässigen Schichten besteht. In

einem Raumgebiet befindet sich Sauerstoff, in dem anderen Wasserstoff. Beide Gase stehen anfangs bei gleicher Temperatur unter gleichem Druck.

Beschreiben Sie den Druckverlauf in beiden Raumgebieten unmittelbar nach dem Entfernen der undurchlässigen Trennwandschichten und einige Zeit danach. Begründen Sie das Verhalten der Gase unter Einbeziehung grundlegender Zusammenhänge der kinetischen Gastheorie.

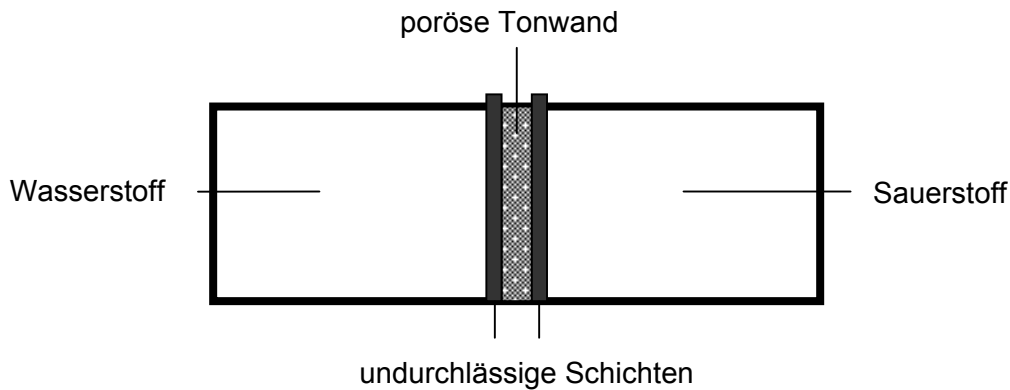


Bild 4

2 Mechanische Energie und Wärme

Bei vielen Vorgängen in Natur und Technik wird Wärme in mechanische Energie oder mechanische Energie in Wärme umgesetzt.

- 2.1 Mit der in Bild 5 dargestellten Anordnung kann die Umsetzung von mechanischer Arbeit in Wärme quantitativ erfasst werden. Dazu wird ein mit Wasser gefüllter Hohlzylinder über eine Kurbel in Rotation versetzt. Ein Band, das durch die Wirkung einer Schraubenfeder und eines Massestückes straff an dem aus Kupfer bestehenden Zylinder anliegt, reibt am Zylinder. Bei geeignet gewählter Drehzahl und Drehrichtung entspannt sich die Feder vollständig.

Beschreiben Sie für den Fall der entspannten Feder die Umsetzung von mechanischer Arbeit in Wärme.

Entwickeln Sie daraus die Gleichung
$$\Delta \vartheta = \frac{Z \cdot 2\pi \cdot r \cdot m \cdot g}{m_w \cdot c_w + m_{Cu} \cdot c_{Cu}}$$
, die den Zusammenhang zwischen der Temperaturerhöhung des mit Wasser gefüllten Zylinders und der Anzahl der Umdrehungen Z des Zylinders beschreibt.

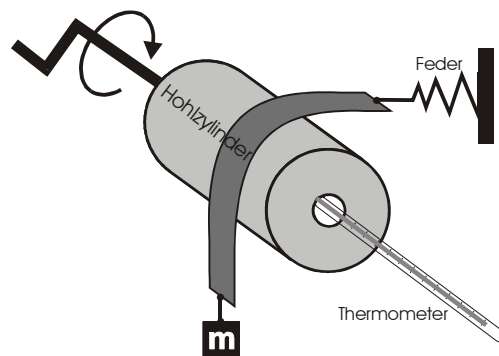


Bild 5

Beschreiben Sie die Durchführung dieses Experimentes. Gehen Sie dabei auch auf zufällige und systematische Fehler ein.

- 2.2 Das im Bild 6 dargestellte System zweier Zylinder soll zur Untersuchung der Wärmewirkung an Bremsen und Kupplungen in Kraftfahrzeugen dienen.

Wird die Achse des sich drehenden oberen Zylinders abgesenkt, bremst der untere arretierte Zylinder den oberen durch Reibung bis zum Stillstand ab. Beide Zylinder bestehen aus Stahl, haben je 2,0 kg Masse und einen Durchmesser von 22,0 cm. Ein Antrieb der oberen Scheibe soll beim Absenken nicht mehr erfolgen.

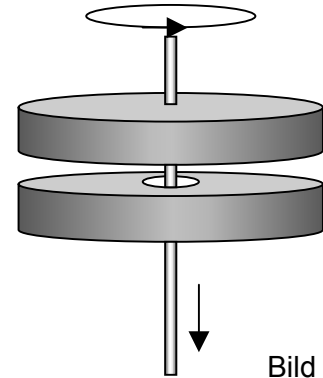


Bild 6

Die beiden Zylinder haben vor dem Absenken nur einen minimalen Abstand. Die Masse der Achse kann vernachlässigt werden.

Durch Absenken des oberen Zylinders bei einer Anfangsdrehzahl von 7200 min^{-1} auf den unteren Zylinder wird nach der Beendigung des Bremsvorganges eine Erwärmung der beiden Zylinder um 1,2 K festgestellt.

Wie viel Prozent der mechanischen Energie sind bei diesem Vorgang als innere Energie der Zylinder verblieben?

Zeichnen Sie für diesen Vorgang ein Energieflussdiagramm und erläutern Sie, warum nicht die gesamte mechanische Ausgangsenergie zur Erwärmung der Zylinder beigetragen hat.

3 Kreisprozesse und Entropie

Eine eingeschlossene Gasmenge soll einen idealen Stirling-Prozess durchlaufen, der durch folgende Daten gekennzeichnet ist:

- größtes Volumen: 180 l
- kleinstes Volumen: 100 l
- höchste Temperatur: 95 °C
- tiefste Temperatur: 22 °C
- niedrigster Druck: 102 kPa

Zeichnen Sie für diesen Prozess das p-V-Diagramm.

Berechnen Sie die Durchschnittsleistung, die eine ideale Wärmekraftmaschine hat, deren Arbeitsgas diesen Kreisprozess durchläuft und dabei 0,5 s für einen Zyklus benötigt.

Vergleichen Sie allgemein die Entropieänderung für den Zyklus eines idealen mit dem eines realen Stirlingmotors. Nutzen Sie die Aussagen über die Reversibilität dieser Prozesse.

Die Bilder 1 und 2 zeigen schematisch zwei Apparaturen zur Ablenkung bewegter Ladungen im homogenen Magnetfeld.

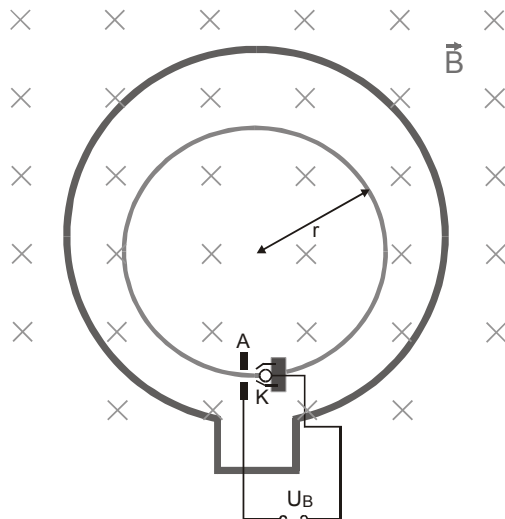


Bild 1

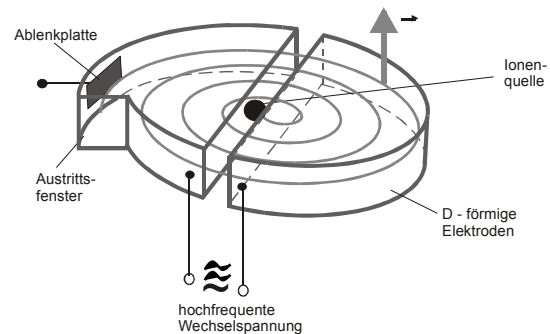


Bild 2

- 1.1 Für die Bestimmung der spezifischen elektrischen Ladung von Elektronen wird häufig das Experiment nach SCHUSTER verwendet (Bild 1). Eine Elektronenstrahlröhre befindet sich im homogenen Magnetfeld. Die durch Glühemission freigesetzten Elektronen werden zwischen der Katode und der Anode mit einer Beschleunigungsspannung U_B beschleunigt, wobei der Geschwindigkeitsvektor stets senkrecht zum Vektor der magnetischen Flussdichte steht.

Leiten Sie eine Gleichung zur Bestimmung der spezifischen elektrischen Ladung von Elektronen her, wenn im Experiment die Größen U_B , B und r bestimmt werden.

Bei einem Betrag der Flussdichte von $B = 1 \text{ mT}$ und der Beschleunigungsspannung $U_B = 200 \text{ V}$ wird ein Kreisbahnradius von $r = 4,8 \text{ cm}$ gemessen.

Berechnen Sie die spezifische elektrische Ladung $\frac{e}{m_e}$ der Elektronen.

- 1.2 Stellen Sie den Radius der Elektronenbahn in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung ($0 < U_B \leq 300 \text{ V}$) für $B = 1 \text{ mT}$ grafisch dar.

Zeigen Sie, dass die Zeit T für einen vollständigen Umlauf eines Elektrons auf einer Kreisbahn für eine konstante Flussdichte und beliebige Radien konstant ist, wenn relativistische Effekte vernachlässigt bleiben.

- 1.3 Die gezeigte Konstanz der Umlaufzeit T wird beim Zyklotron (Bild 2) genutzt.

Erläutern Sie die Wirkungsweise eines Zyklotrons.

- 1.4 Bei Annäherung an die Lichtgeschwindigkeit geraten die Teilchen durch die relativistische Massenzunahme „außer Takt“. Mit einem konventionellen Zyklotron können deshalb Protonen maximal auf eine Energie von 20 MeV gebracht werden. Nutzt man jedoch ein Synchrotron zur Beschleunigung, so werden wesentlich höhere Energien erreicht.

In Europas größtem Synchrotron am CERN bei Genf werden Protonen aus der Ruhe auf eine Gesamtenergie von 371 GeV gebracht.

Berechnen Sie daraus die relativistische Massenzunahme Δm_p der Protonen.

Bei wie viel Prozent der Lichtgeschwindigkeit steigt die relativistische Masse eines Teilchens auf das Doppelte seiner Ruhemasse?

2 Das Planck'sche Wirkungsquantum

Mithilfe der Gegenfeldmethode und einer Vakuumfotозelle ist das Planck'sche Wirkungsquantum bestimmt worden. Dabei wurde nacheinander das Licht der beiden Linien H_β ($f_\beta = 6,17 \cdot 10^{14}$ Hz) und H_γ ($f_\gamma = 6,91 \cdot 10^{14}$ Hz) der Balmer-Serie einer Wasserstofflampe auf die Katode der Fotозelle eingestrahlt. Die Messungen ergaben Gegenspannungen von 563 mV und 864 mV.

Beschreiben Sie die Gegenfeldmethode unter Nutzung einer geeigneten Schaltskizze und zeichnen Sie die Einstein'sche Gerade für die gemessenen Werte.

Bestimmen Sie das Planck'sche Wirkungsquantum aus den Ergebnissen des Experimentes.

3 Das Trägheitsmoment eines Rotationskörpers (Aufgabe mit Experiment)

- 3.1 Im Bild 3 ist ein Experiment dargestellt, mit dem das Trägheitsmoment des Rotationskörpers ermittelt werden kann.

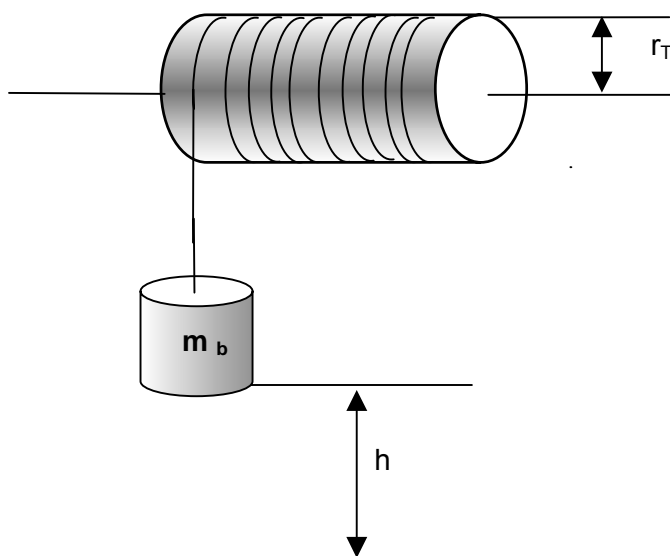


Bild 3

Leiten Sie für dieses Experiment ausgehend von einem Energieansatz oder vom Grundgesetz der Rotation die Gleichung für das Trägheitsmoment des Rotationskörpers

$$J = m_b \cdot r_T^2 \cdot \left[\frac{g \cdot t^2}{2 \cdot h} - 1 \right] \text{ her.}$$

- 3.2 Vom Lehrer wird Ihnen eine aufgebaute Experimentieranordnung zur Bestimmung des Trägheitsmomentes eines konkreten Rotationskörpers bereitgestellt.

Bestimmen Sie für diesen Rotationskörper das Trägheitsmoment experimentell.
Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.