

KULTUSMINISTERIUM DES LANDES SACHSEN-ANHALT



Abitur 2000

Physik  
(Grundkurs)

Arbeitszeit: 210 Minuten

---

Thema 1

Experimente aus der Elektrik

Thema 2

Energie in der Mechanik, Kernphysik,  
Elektrik und in der Thermodynamik

Thema 3

Gesetze der Mechanik und ihre  
Anwendungen

## Thema 1: Experimente aus der Elektrizität

### 1 Bestimmung der Ladung eines Kondensators aus seiner Entladekurve

Beschreiben Sie ein Experiment, das sich zur Aufnahme der Entladekurve eines Kondensators eignet.

Bei der Durchführung eines solchen Experimentes wurden bei Verwendung eines Widerstandes von  $R = 200 \text{ k}\Omega$  und eines Kondensators mit der Kapazität  $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$  folgende Messwerte ermittelt:

t in s	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
I in $\mu\text{A}$	100	79	60	44	38	30	22	19	15	11	8	6	4

Zeichnen Sie das I-t-Diagramm. Ermitteln Sie näherungsweise die Ladung  $Q$  des Kondensators.

### 2 Bestimmung von Geschwindigkeiten

#### 2.1 Anwendung des Entladevorganges zur Bestimmung der Geschwindigkeit einer Luftgewehrkugel

Die in Bild 1 abgebildete Schaltung soll zur Bestimmung der Geschwindigkeit einer Luftgewehrkugel verwendet werden. Bei A und B sind zwei Streifen aus Aluminiumfolie parallel angeordnet. Durchtrennt die Kugel die leitende Verbindung zuerst bei A, dann bei B, sinkt die Spannung am Kondensator nach dem Gesetz

$$U = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}} \text{ um 5 Volt.}$$

Erläutern Sie das Funktionsprinzip der Geschwindigkeitsbestimmung mit dieser Schaltung. Berechnen Sie aus den angegebenen Werten die Geschwindigkeit.

#### 2.2 Bestimmung der Geschwindigkeit eines Geschosses mithilfe eines Pendelkörpers

Ein Holzklötzchen der Masse  $m_2 = 5,5 \text{ kg}$  ist als Pendelkörper aufgehängt und befindet sich zunächst in Ruhe. Das Geschoss wird zentral in den Klötzchen geschossen. Es bleibt stecken. Das Pendel wird aus seiner Ruhelage ausgelenkt. Dabei wird der Schwerpunkt des Pendelkörpers um die Höhe  $h = 6,0 \text{ cm}$  gehoben.

Berechnen Sie die Geschwindigkeit. Die Masse des Geschosses beträgt  $m_1 = 8,5 \text{ g}$ .

### 3 Elektromagnetische Induktion

- 3.1 Die Bilder 2.1 bis 2.4 zeigen jeweils eine Leiteranordnung in einem magnetischen Feld. Die Pfeile geben die jeweilige Bewegungsrichtung bzw. Drehrichtung an. In Bild 2.4 soll nach der Pfeildarstellung der Widerstand vergrößert und verkleinert werden.

Entscheiden und begründen Sie für die in den Bildern 2.1 bis 2.4 dargestellten Fälle, ob eine Induktionsspannung entsteht.

- 3.2 Die Funktionsweise der Generatoren und Transformatoren kann mithilfe des Induktionsgesetzes beschrieben werden.

Leiten Sie die für die Beschreibung von Generatoren und Transformatoren geltenden Spezialfälle der Anwendung dieses Gesetzes her.  
Beschreiben Sie den Aufbau eines Gerätes und erklären Sie seine Funktionsweise.

- 3.3 Im Diagramm in Bild 3 ist für ein Magnetfeld, das eine Leiterschleife durchsetzt, die Abhängigkeit des magnetischen Flusses  $\Phi$  von der Zeit  $t$  dargestellt.

Berechnen Sie die Induktionsspannungen, die in der Leiterschleife entstehen.  
Zeichnen Sie das zugehörige  $U_{\text{ind.}}$ - $t$ -Diagramm.

## Thema 2: Energie in der Mechanik, Kernphysik, Elektrik und in der Thermodynamik

### 1 Mechanik

Ein Hohlzylinder der Masse  $m_1 = 350 \text{ g}$ , dessen innerer Radius genau halb so groß wie der äußere Radius ist, wird aus der im Bild 1 dargestellten Höhe losgelassen und durchläuft danach die dargestellte Bahn. Am Ende des waagerechten Teils der Bahn rollt der Hohlzylinder auf einen ruhenden, nicht befestigten Wagen der Masse  $m_2 = 250 \text{ g}$ . Der Hohlzylinder bewegt sich, nachdem er auf dem Wagen arretiert worden ist, mit dem Wagen zusammen weiter.

1.1 Beschreiben Sie den gesamten Vorgang aus energetischer Sicht. Nennen und begründen Sie die in den drei Abschnitten vorliegenden Bewegungsarten.

1.2 Die Bewegung erfolge ohne Reibungsverluste.

Bestimmen Sie unter dieser Voraussetzung

- die Geschwindigkeit, mit der der Hohlzylinder auf den Wagen rollt,
- die Geschwindigkeit, mit der sich Hohlzylinder und Wagen weiterbewegen.

### 2 Kernphysik

Stellt man die Kernbindungsenergie pro Nukleon in Abhängigkeit von der Massenzahl für die einzelnen Elemente in einem Diagramm dar, entsteht die Kernbindungsenergiekurve (Bild 2).

2.1 Erläutern Sie unter Nutzung dieser Kurve die zwei prinzipiellen Möglichkeiten der Freisetzung von Kernbindungsenergie.

2.2 Ein Uran-235-Kern zerfällt durch Kernspaltung in einen Xenon-139-Kern, einen Strontium-95-Kern und Neutronen.

Berechnen Sie die bei der Spaltung freiwerdende Energie.

(Daten:  $u = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;

$$m_{\text{Xe}} = 138,8841 \text{ u};$$

$$m_n = 1,0087 \text{ u};$$

$$m_{\text{Sr}} = 94,9312 \text{ u};$$

$$m_{\text{U}235} = 235,0439 \text{ u})$$

### 3 Elektrik

Um in einem Experiment die kinetische Energie von Elektronen zu bestimmen, bremst man sie im elektrischen Feld eines Plattenkondensators ab. Die Elektronen treten dazu durch die Öffnung A der ersten Platte eines Plattenkondensators, wobei die Geschwindigkeitsrichtung der Feldrichtung entspricht (Bild 3).

Berechnen Sie die Eintrittsgeschwindigkeit  $v_1$  und die kinetische Energie eines Elektrons, das bei einer angelegten Spannung von  $U = 500 \text{ V}$  noch mit einer Geschwindigkeit  $v_2 = 100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  auf die negative Platte trifft. Die Wechselwirkung zwischen dem schwachen äußeren Feld des Kondensators und den Elektronen vor dem Eintritt in den Kondensator ist vernachlässigbar klein.

### 4 Thermodynamik

In einem offenen Gefäß befinden sich  $4 \text{ l}$  Wasser und  $2 \text{ kg}$  Eis von jeweils  $0^\circ\text{C}$ . Dem Gemisch aus Wasser und Eis wird mithilfe einer Heizplatte bis zur Verdampfung von  $2 \text{ l}$  Wasser Wärme zugeführt, wobei pro Sekunde vom Gemisch  $Q = 800 \text{ J}$  aufgenommen werden. Wärmeaustausch mit der Umgebung wird ausgeschlossen.

- 4.1 Beschreiben Sie die aus der Energiezuführung folgenden Teilvorgänge.
- 4.2 Berechnen Sie die Energie, die bis zur Verdampfung von  $2 \text{ l}$  Wasser erforderlich ist. Stellen Sie den zeitlichen Verlauf der Temperatur des Wassers in einem  $\vartheta$ - $t$ -Diagramm dar.

## Thema 3: Gesetze der Mechanik und ihre Anwendungen

### 1 Beschleunigung von Körpern

Im Bild 1 ist eine Versuchsanordnung zur Beschleunigung eines Gleitkörpers der Masse  $m_G$  aus Stahl auf einer horizontalen Ebene aus Stahl dargestellt. Die Beschleunigung erfolgt durch einen Körper der Masse  $m_K$ , welcher mit dem Gleitkörper durch einen dehnungsfreien Faden über eine Umlenkrolle verbunden ist. Im Punkt P befindet sich der Gleitkörper in Ruhe.

- 1.1 Leiten Sie unter der Voraussetzung fehlender Reibung eine Gleichung zur Berechnung der Geschwindigkeit des Gleitkörpers im Punkt Q her. Berechnen sie anschließend diese Geschwindigkeit für den Fall, dass  $\Delta s = 60$  cm beträgt. Dabei sei das Verhältnis der Massen mit  $m_G = 3 \cdot m_K$  gegeben.
- 1.2 Stellen Sie die Geschwindigkeit  $v$  des Gleitkörpers in Abhängigkeit vom zurückgelegten Weg  $s$  für  $0 \leq s \leq 60$  cm graphisch dar. Die Massen betragen  $m_K = 20$  g und  $m_G = 100$  g. Schließen Sie auftretende Reibungsverluste bei dieser Berechnung aus.
- 1.3 Im Experiment wurde mit den Massen  $m_K = 20$  g und  $m_G = 100$  g die Geschwindigkeit des Gleitkörpers im Punkt Q mit  $1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  bestimmt.

Berechnen Sie die Gleitreibungszahl  $\mu$  von Stahl auf Stahl.

### 2 Rotation eines Körpers

Beschreiben Sie den Aufbau und die Durchführung eines Experimentes zur Bestimmung des Trägheitsmomentes eines Rotationskörpers bezüglich einer Achse durch den Schwerpunkt. Gehen Sie bei der Durchführungsbeschreibung im Besonderen auf die zu messenden Größen ein und leiten Sie die zu benutzende Gleichung her.

### 3 Die Braunsche Röhre

Das Bild 2 zeigt eine Elektronenstrahlröhre, wie sie u. a. in Oszillographen eingesetzt wird.

- 3.1 Erläutern Sie die Wirkungsweise dieser Röhre. Gehen Sie dabei sowohl auf die Erzeugung als auch auf die Ablenkung des Elektronenstrahls ein und benennen Sie die mit Symbolen bezeichneten Bauteile.
- 3.2 Die Elektronen des Elektronenstrahls sollen mit einer Geschwindigkeit von  $v_x = 1,2 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  auf dem Leuchtschirm auftreffen.

Mit welcher Spannung müssen sie beschleunigt werden?

- 3.3 Ein großer Vorteil der Spannungsmessung mit Hilfe eines Oszillographen ist die praktisch trägheitsfreie Anzeige. Damit kann der zeitliche Verlauf von schnell veränderlichen Spannungen aufgezeichnet werden.

Erläutern Sie, wie eine Sinuskurve als Nachweis der Netzwechselfspannung zustande kommt.

## Anhang

## Abbildungen zu Thema 1: Experimente aus der Elektrik

Bild 1:

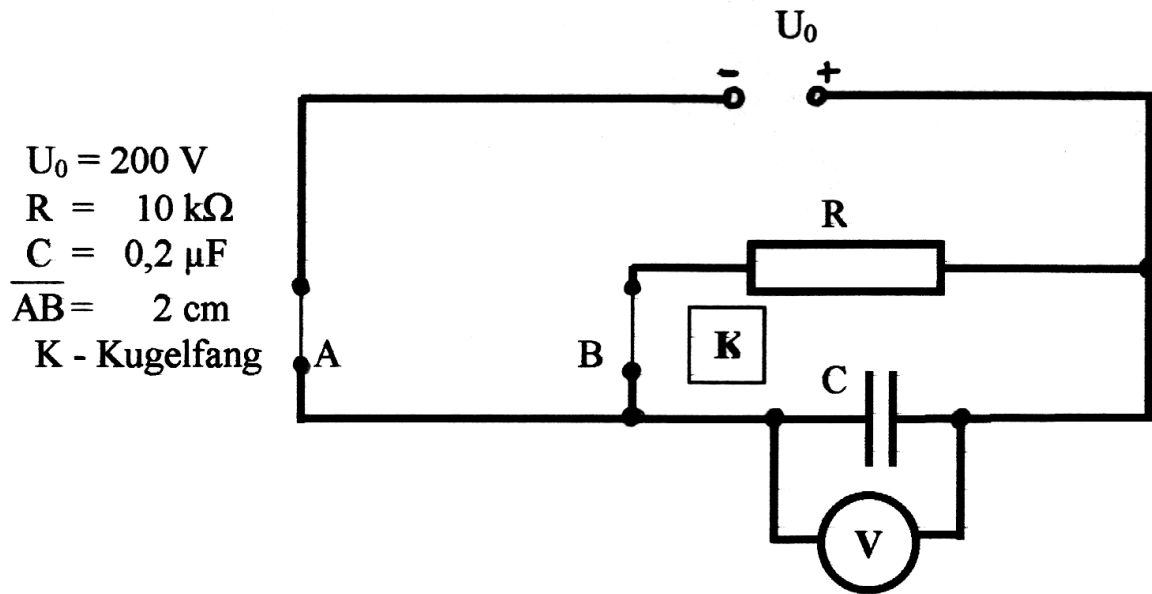


Bild 2.1:

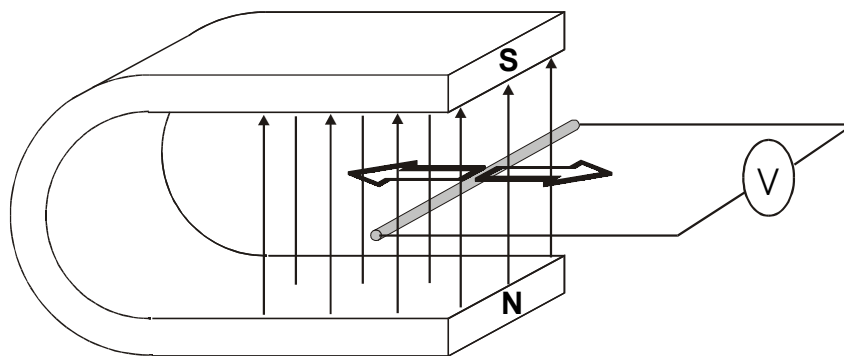




Bild 2.2:

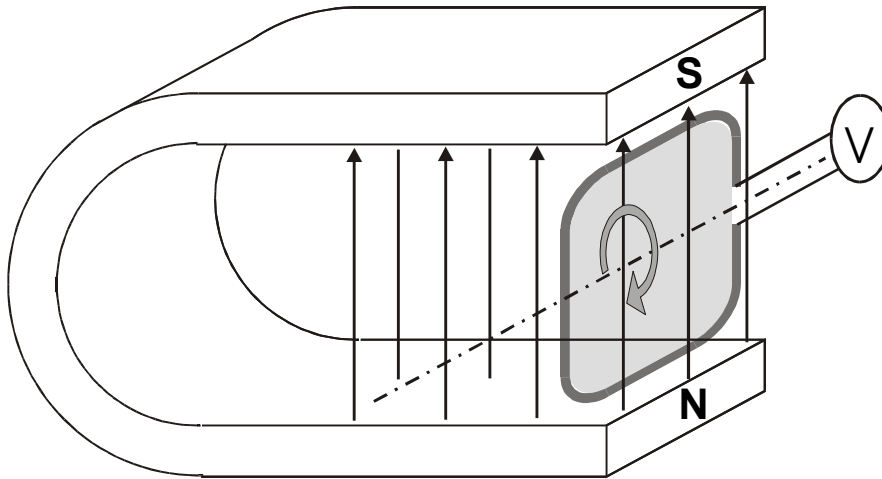


Bild 2.3:

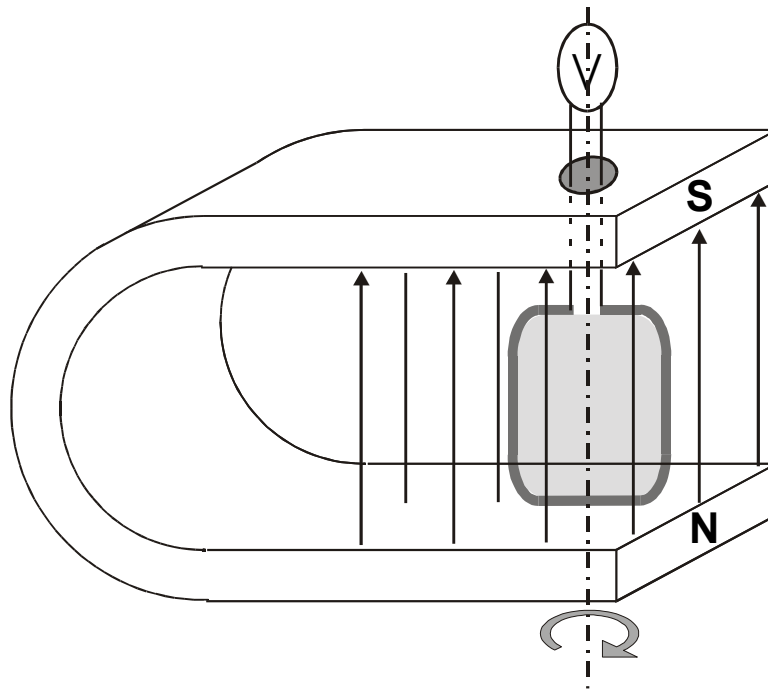


Bild 2.4:

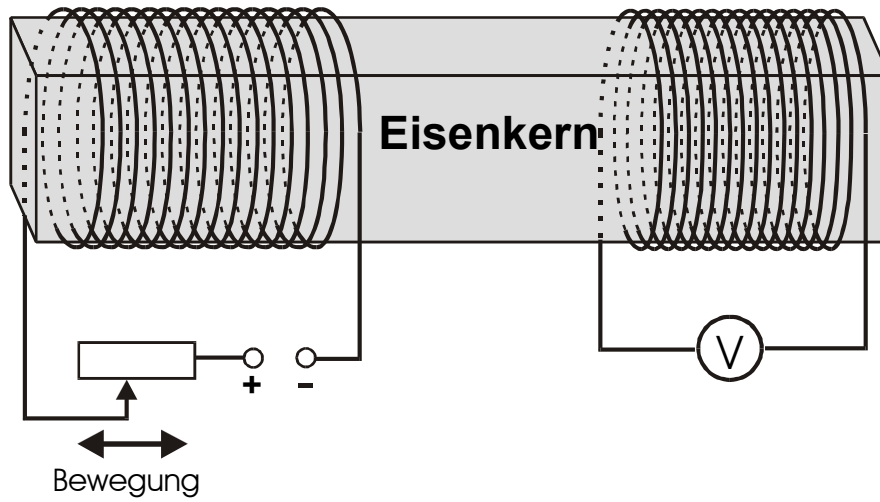
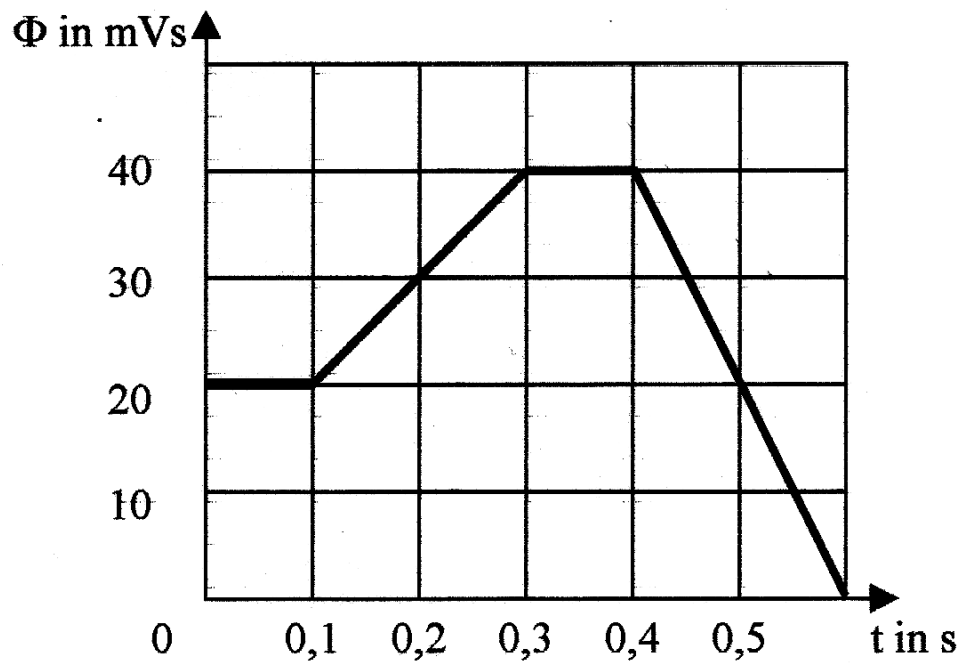


Bild 3:



Abbildungen zu Thema 2: Energie in der Mechanik, Kernphysik, Elektrizik und in der Thermodynamik

Bild 1:

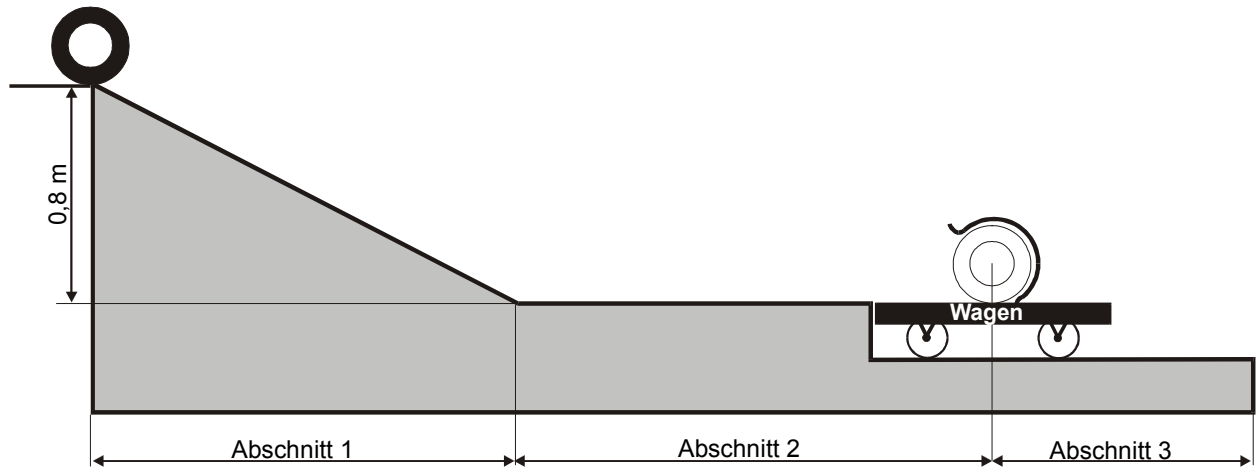


Bild 2:

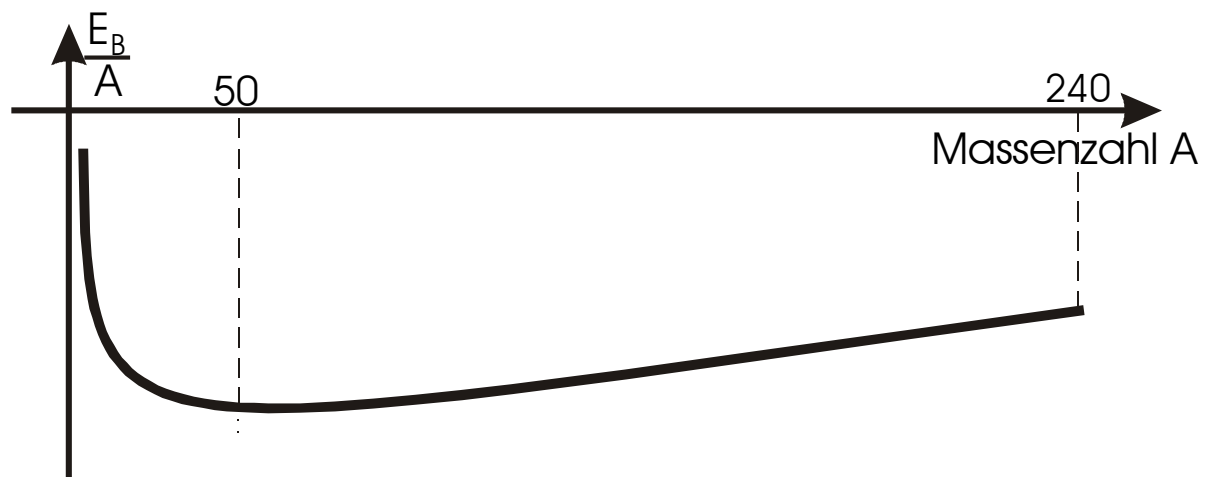
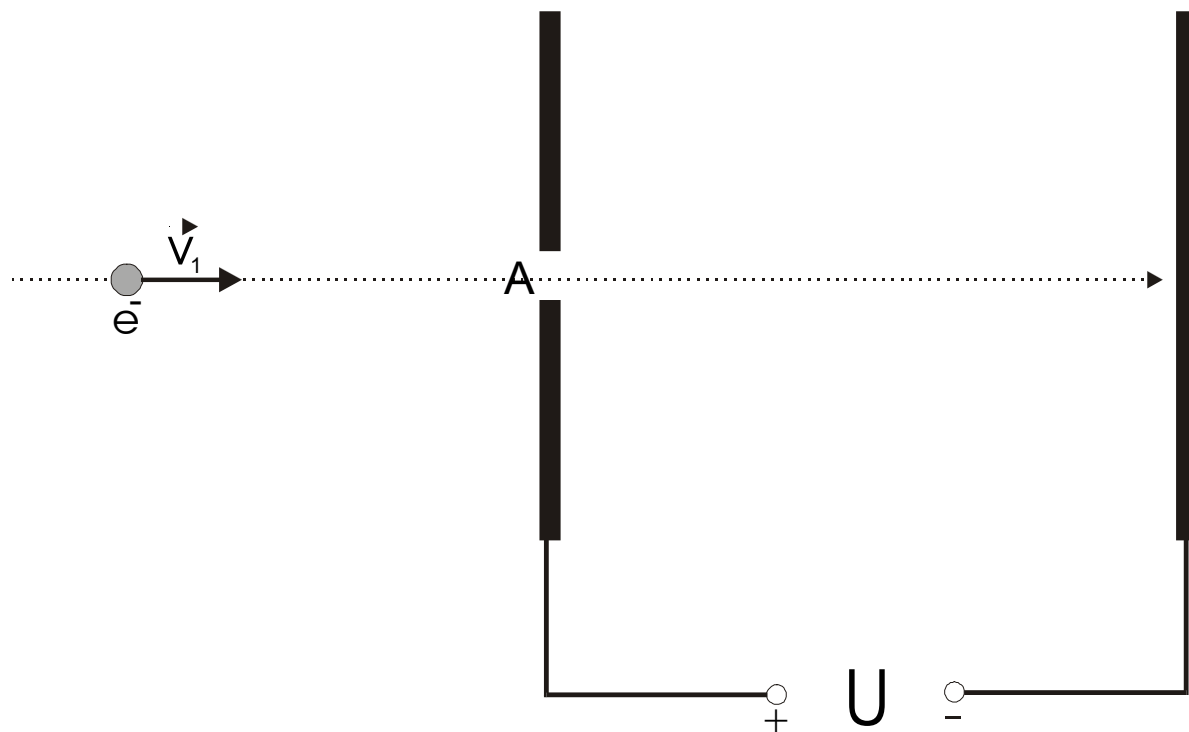


Bild 3:



## Abbildungen zu Thema 3: Gesetze der Mechanik und ihre Anwendungen

Bild 1:

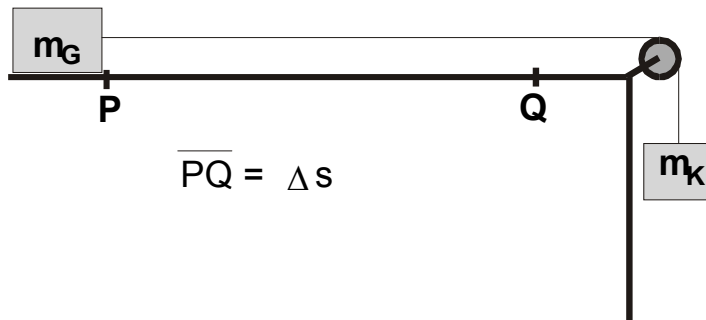
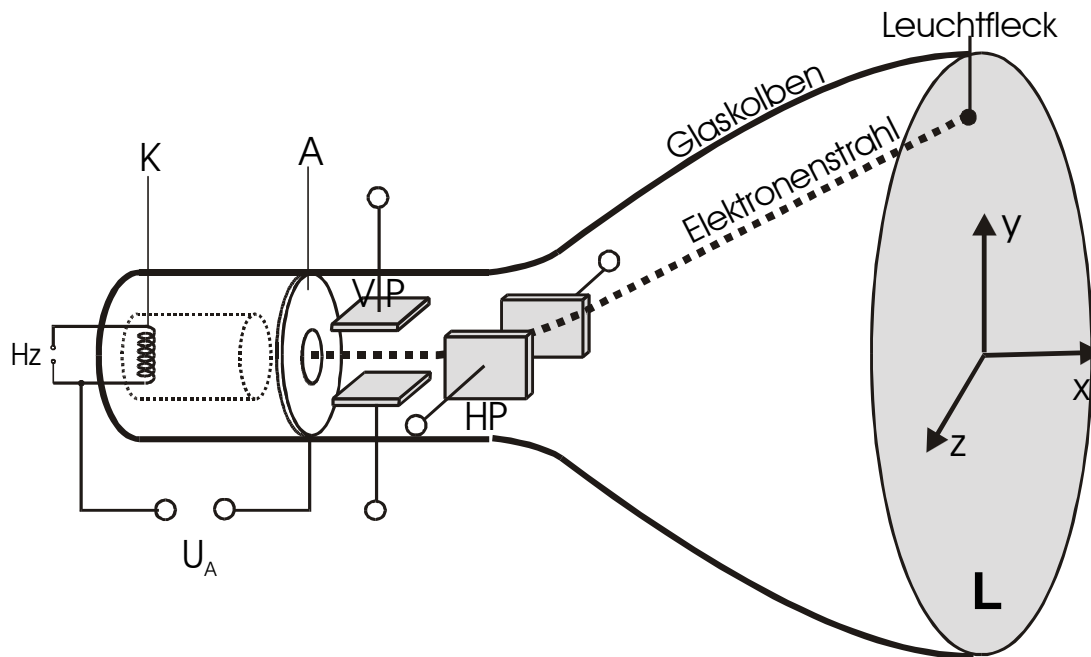


Bild 2:



## KULTUSMINISTERIUM DES LANDES SACHSEN-ANHALT



Abitur 2000

Physik  
(Leistungskurs)

Arbeitszeit: 300 Minuten

---

Thema 1

Erzeugung und Anwendung der  
elektrischen Spannung

Thema 2

Anwendungen der Gesetze der Mechanik  
an Beispielen der Translation, Rotation  
und Kreisbewegung

Thema 3

Grundgesetze der klassischen Physik –  
Anwendung und Grenzen

## Thema 1: Erzeugung und Anwendung der elektrischen Spannung

(Prüfungsaufgaben mit einem Schülerexperiment)

### 1 Der Wechselstromgenerator

1.1 Bild 1 zeigt modellhaft den prinzipiellen Aufbau eines Wechselstromgenerators.

Beschreiben Sie ausführlich die Entstehung der Spannung zwischen den Anschlussklemmen  $P_1$  und  $P_2$ . (Schwerpunkte: Erklärung der Entstehung; Herleitung einer Gleichung für den zeitlichen Verlauf; Angabe mit Begründung, in welcher Position der sich drehenden Leiterschleife die Spannung maximal ist)

1.2 Die in 1.1 genannte Leiterschleife wird durch eine flache Kastenspule mit 1000 Windungen und den Maßen  $a = 15 \text{ cm}$  und  $b = 10 \text{ cm}$  ersetzt. Die konstante Flussdichte im Innern des Modellgenerators beträgt  $B = 0,01 \text{ T}$ .

Mit welcher Drehzahl  $n$  muss die Spule rotieren, damit eine Spannung mit dem Effektivwert von  $48 \text{ V}$  entsteht? Mit welchem maximalen Drehmoment muss der Antrieb erfolgen, wenn der Generator mit einem Strom von  $I = 1,75 \text{ A}$  (Effektivwert) belastet wird? (Hinweis: Beachten Sie, dass Kräfte sowohl an der rechten als auch an der linken Hälfte der Kastenspule angreifen.)

### 2 Generator zur Erzeugung einer Gleichspannung - MHD-Generator

Der **magnetohydrodynamische Generator** dient der Erzeugung elektrischer Energie aus thermischer Energie eines auf Temperaturen von einigen  $1\,000 \text{ K}$  erhitzten strömenden Gases (Plasma), das aus positiv und negativ geladenen Ionen und abgespaltenen Elektronen besteht (Bild 2).

Erklären und begründen Sie das Entstehen einer Gleichspannung (Leerlaufspannung) an den Anschlussklemmen  $P_1$  und  $P_2$ . Wie groß ist die Spannung, wenn das Gas mit der mittleren Geschwindigkeit von  $v = 670 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  den Kondensatorraum durchströmt und die Flussdichte des Magnetfeldes  $B = 780 \text{ mT}$  beträgt? Gehen Sie bei der Berechnung der Spannung von einem mittleren Plattenabstand von  $d = 1,85 \text{ m}$  aus.

### 3 Kapazitive Füllstandsmessung

In einem Tank ist zur Messung der Füllhöhe  $h$  für eine isolierende Flüssigkeit ( $\epsilon_r = 26,0$ ) ein Plattenkondensator nach Bild 3 vertikal eingebaut. Er ist gegen den Tank isoliert und hat die Plattenlänge  $\ell = 2,00$  m. Bei leerem Tank beträgt seine Kapazität  $C_o = 400$  pF.

- 3.1 Der Kondensator ist an eine Quelle mit harmonischer Wechselspannung  $U = 60,0$  V und  $f = 100$  Hz angeschlossen. Der fließende Strom wird von einem Wechselstromamperemeter angezeigt.

Berechnen Sie die Stromstärke  $I_o$ , die bei leerem Tank angezeigt wird.

- 3.2 Allgemein hängt die Kapazität  $C$  des ganzen Kondensators folgendermaßen von der Füllhöhe  $h$  der Flüssigkeit ab:

$$C = C_o \left[ 1 + \frac{h}{\ell} (\epsilon_r - 1) \right].$$

Leiten Sie diese Gleichung her, und berechnen Sie die Füllhöhe  $h$  bei einem Strom von  $150$   $\mu$ A.

### 4 Entladung eines Kondensators – Bestimmung von Geschossgeschwindigkeiten

In einer Messschaltung zur Bestimmung von Geschossgeschwindigkeiten wird die Entladung eines Kondensators angewendet. Dazu muss die Kapazität des Kondensators bestimmt werden.

- 4.1 Schülerexperiment

Entwickeln Sie eine Schaltung, mit der ein Kondensator von einer Gleichspannungsquelle aufgeladen und anschließend über einen geeigneten Widerstand so entladen wird, dass der zeitliche Verlauf der Entladestromstärke experimentell aufgenommen werden kann. Verwenden Sie dabei die von der Lehrkraft vorgegebenen Bauelemente. Nehmen Sie anschließend die Entladekurve  $I(t)$  des Kondensators auf, und bestimmen Sie daraus die vor der Entladung im Kondensator gespeicherte Ladung. Berechnen Sie die Kapazität des verwendeten Kondensators. Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

- 4.2 Bild 4 zeigt eine Schaltung zur Bestimmung von Geschossgeschwindigkeiten. Der in dieser Schaltung verwendete Kondensator besitzt die Kapazität  $C = 0,4$   $\mu$ F. Ein Geschoss durchschlägt zuerst den Draht  $D_1$ , dann den Draht  $D_2$  und bleibt schließlich im Kugelfang stecken. Das hochohmige Voltmeter zeigt danach nicht mehr die Spannung  $205$  V an, sondern nur  $193$  V. Der Widerstand besitzt den Wert  $R = 50$  k $\Omega$ .

Erläutern Sie das Funktionsprinzip des Messverfahrens.  
Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Geschosses.



## Thema 2: Anwendungen der Gesetze der Mechanik an Beispielen der Translation, Rotation und Kreisbewegung

### 1 Translation und Rotation – Bestimmung der Geschwindigkeit einer Luftgewehrkugel

Eine Möglichkeit der Bestimmung der Geschwindigkeit einer Luftgewehrkugel ist das Rotationsverfahren. Zwei im Abstand  $s = 1,00 \text{ m}$  hintereinander auf einer Welle befestigte Scheiben aus Pappe rotieren und werden parallel zur Rotationsachse durchschossen. Die Drehzahl der Anordnung wird auf  $n = 2000 \text{ min}^{-1}$  eingestellt. Nach Durchschlagen der vorderen Scheibe wird bei dieser Drehzahl die hintere Scheibe um einen Drehwinkel von  $\alpha = 60^\circ$  versetzt getroffen.

Berechnen Sie die Geschwindigkeit  $v$  der Luftgewehrkugel unter der Voraussetzung der Geradlinigkeit des Geschossweges. Begründen Sie, dass die Abweichung infolge der parabelförmigen Bahn zwischen den nur  $1 \text{ m}$  voneinander entfernten Scheiben vernachlässigt werden kann.

### 2 Autofahrt auf einer Brücke - Geschwindigkeitsbegrenzung

Auf Brücken mit konvex gewölbter Fahrbahn besteht selbst bei idealen Witterungsbedingungen eine Gefahr für die Verkehrssicherheit. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit muss deshalb ermittelt und beachtet werden. Bild 1 zeigt eine solche Brücke mit einer als Kreisbogen aufgefassten Fahrbahn. Der Krümmungsradius beträgt  $R = 100 \text{ m}$ . Es wird die Kreisbewegung eines Fahrzeuges von A über S nach C betrachtet.

- 2.1 Beim Durchfahren dieses Weges besteht die Gefahr, dass das Fahrzeug von der Fahrbahn abhebt. In einem Computerprogramm werden daher die zum Abheben führenden Bedingungen simuliert. Hierbei wird angenommen: Das Fahrzeug besitzt im höchsten Punkt S die Geschwindigkeit  $v_S = 95 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Über den Punkt S hinaus bewegt es sich ohne Motorkraft; die Bewegung erfolgt reibungsfrei und ohne Bremsungen. Unter diesen Voraussetzungen nimmt die Geschwindigkeit zu, und das Fahrzeug hebt bereits im Punkt B von der Fahrbahn ab.

Geben Sie zunächst an, in welchem Punkt - beim Befahren der Brücke mit konstanter Geschwindigkeit - die Gefahr des Abhebens am größten ist und begründen Sie dies. Bestimmen Sie durch Berechnung der Strecke  $h_B$  die Lage des Punktes B, in dem das Fahrzeug bei der angenommenen Zunahme der Geschwindigkeit den Kontakt zur Fahrbahn verliert.

- 2.2 Nach Untersuchung der Fahrbedingungen wurde die zulässige Höchstgeschwindigkeit beim Befahren der dargestellten Brücke mit  $v_{\max} = 80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  festgelegt.

Begründen Sie diese Festlegung durch Berechnung der zum Abheben im Punkt C führenden Geschwindigkeit  $v_c$  ( $h_c = 18 \text{ m}$ ).

(Hinweis: Gehen Sie davon aus, dass auf Verkehrsschildern aus Gründen erhöhter Sicherheit eine um rund 20 % kleinere Geschwindigkeit als die errechnete kritische Geschwindigkeit festgelegt wird.)

### 3 Rotation einer Kugelschale – Auswertung eines Experimentes

Die beim Durchfahren von Kurven im Straßen- und Schienenverkehr auftretenden Kräfte können im Experiment untersucht werden. Als Experimentiergerät wird die im Bild 2 dargestellte halbkugelförmige Glasschale verwendet. Sie wird mit zunehmender Drehzahl in Drehung um ihre vertikale Achse versetzt. Am Boden der Schale liegt eine kleine Kugel. Wenn diese Kugel ein wenig aus ihrer tiefsten Lage entfernt und eine von der Schale und der Größe der Kugel abhängige Mindestdrehzahl  $n_{\min}$  erreicht und überschritten wird, wird die Kugel von der sich drehenden Schale erfasst und steigt nach oben. Sie erreicht hierbei eine bestimmte nach der Darstellung im Bild 2 festgelegte Höhe  $h$ , in der sie – auf einer Kreisbahn mit dem Radius  $r$  – von der sich drehenden Schale mitgeführt wird. Es ist das nach Überschreitung der Mindestdrehzahl  $n_{\min}$  geltende Gesetz der Abhängigkeit dieser Höhe von der Umdrehungsdauer  $T$  der Schale zu ermitteln und anzuwenden.

- 3.1 Die Umdrehungsdauer  $T$  einer Schale mit dem Radius  $R = 15,0 \text{ cm}$  wird auf vier verschiedene konstante Werte eingestellt. Bei Verwendung einer Kugel mit der Masse  $m = 18,5 \text{ g}$  und dem Radius  $r_k = 1,0 \text{ cm}$  werden folgende Messwerte ermittelt:

$T$ in s	0,642	0,553	0,452	0,319
$h$ in m	0,050	0,075	0,100	0,125

Die Messreihe folgt dem funktionalen Zusammenhang  $h = c_1 + c_2 \cdot T^2$ .

Zeichnen Sie das entsprechende  $h$ - $T^2$ -Diagramm und entnehmen Sie aus diesem die speziellen Werte der Konstanten  $c_1$  und  $c_2$ .

- 3.2 In einem zweiten Experiment mit derselben Schale und den gleichen Drehzahlen wird das Verhalten einer anderen Kugel, die schwerer ist, untersucht. Es wird festgestellt, dass auch diese Kugel die in 3.1 gemessenen Höhen erreicht.

Leiten Sie das Gesetz der Abhängigkeit der Höhe  $h$  von der Umdrehungsdauer  $T$  der Schale allgemein mit Hilfe eines Kräfteparallelogramms her. Bestimmen Sie in der abgeleiteten Gleichung die Konstanten  $c_1$  und  $c_2$ , und begründen Sie die Beobachtungen des zweiten Experimentes.

3.3 Eine praktisch wichtige Anwendung ist die Berechnung der Drehzahl  $n$ .

Berechnen Sie die Drehzahl  $n$  der verwendeten Schale, bei der eine kleine Kugel die Höhe  $h = 14 \text{ cm}$  erreicht, und die Minstdrehzahl  $n_{\min}$ , bei der unter den oben genannten Voraussetzungen die Kugel mit dem Radius  $r_K = 1,0 \text{ cm}$  in dieser Schale zu steigen beginnt.

(Hinweis: Die gesuchten Größen können unter Beachtung der geometrischen

Beziehungen auch mit der Formel  $n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{(R - r_K) \cdot \cos \alpha}}$  berechnet

werden.)

#### 4 Translation und Rotation in der kinetischen Gastheorie

Bild 3 zeigt zwei geschlossene Behälter. Im Behälter 1 befindet sich 1 Mol eines einatomigen Gases. Im Behälter 2 befindet sich 1 Mol eines zweiatomigen Gases. Beide Gase werden als ideale Gase aufgefasst. Sie besitzen die gleiche Temperatur. Beiden Gasen wird die gleiche Wärme  $Q$  zugeführt.

Obwohl dem zweiatomigen Gas genau so viel Wärme zugeführt wird wie dem einatomigen, erhöht sich die Temperatur des zweiatomigen Gases um einen geringeren Betrag. Wärmeabgabe wird jeweils ausgeschlossen.

Erklären Sie mit Hilfe der kinetischen Gastheorie die unterschiedlich große Temperaturerhöhung nach der Wärmezuführung, und bestimmen Sie das Verhältnis  $\Delta T_1 : \Delta T_2$ .

### Thema 3: Grundgesetze der klassischen Physik – Anwendung und Grenzen

#### 1 Satellitenbewegung

Die Bewegung von Satelliten erfolgt im Allgemeinen auf Ellipsenbahnen nach den bekannten Kepler-Gesetzen. Dabei sind auch Kreisbahnen möglich.

1.1 Zeigen Sie, wie die Bahngeschwindigkeit  $v$  eines Erdsatelliten auf einer Kreisbahn in Abhängigkeit vom Bahnradius  $r$  berechnet werden kann und dass die Umlaufzeit  $T$  dem 3. Kepler-Gesetz folgt.

1.2 Leiten Sie die für die potentielle Energie  $E_{\text{pot}}$  im Gravitationsfeld und die für die kinetische Energie  $E_{\text{kin}}$  eines Satelliten auf einer Kreisbahn geltenden Beziehungen

$$E_{\text{pot}} = -\gamma \frac{m_E \cdot m_S}{r} \quad (1) \quad \text{und} \quad E_{\text{kin}} = \gamma \frac{m_E \cdot m_S}{2 \cdot r} \quad (2)$$

her ( $m_E$  = Masse der Erde,  $m_S$  = Masse des Satelliten,  $r$  = Kreisbahnradius des Satelliten).

(Hinweis: Gehen Sie bei der Herleitung von (1) von der Festlegung  $E_{\text{pot}} = 0$  bei  $r \rightarrow \infty$  aus.)

1.3 Beim Eintritt des Satelliten in die Atmosphäre tritt Reibung auf, trotzdem nimmt die Bahngeschwindigkeit zu (Satellitenparadoxon).

Zeigen Sie, dass die Zunahme der Geschwindigkeit trotz auftretender Reibung aus dem Energieerhaltungssatz folgt.

#### 2 Millikan-Versuch

Zur Bestimmung der Elementarladung wird die Bewegung kleiner geladener Öltröpfchen zwischen den Platten eines horizontal gelagerten Kondensators beobachtet. Es wird jeweils die Bewegung eines geladenen Tröpfchens untersucht.

2.1 Im ersten Versuchsteil sinkt das kugelförmige Tröpfchen der Dichte  $\rho$  im feldfreien Raum ( $E = 0$ ), wobei es die konstante Fallgeschwindigkeit  $v_f$  erreicht. Die Reibungskraft auf ein Teilchen mit dem Radius  $r$  in einem Medium der Zähigkeit  $\eta$  (hier der Luft) beträgt nach Stokes:  $F_R = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$ .

Erklären Sie das Zustandekommen der gleichförmigen Bewegung.

- 2.2 Im zweiten Versuchteil werde eine veränderliche Spannung am Kondensator so reguliert, dass das Tröpfchen in der Schwebelage gehalten wird.

Betrachten Sie die auf das Tröpfchen wirkenden Kräfte und berechnen Sie die Ladung, wenn bekannt sind: elektrische Feldstärke  $E = 4,5 \text{ V} \cdot \text{cm}^{-1}$ , Teilchenradius  $r = 0,18 \text{ } \mu\text{m}$ , Dichte  $\rho = 0,9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (der Auftrieb werde vernachlässigt).

- 2.3 Das in 2.2 betrachtete schwebende Tröpfchen beginnt plötzlich infolge der Anlagerung eines Ions zu steigen, wobei es die konstante Geschwindigkeit  $v_s$  erreicht. Masse und Radius des Ions sind vernachlässigbar klein gegenüber denen des Tröpfchens.

Bestimmen Sie die Ladung  $q_i$  des Ions, wenn für  $v_s = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ermittelt wurde und  $\eta = 1,77 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$  beträgt.

Begründen Sie, warum unter den gegebenen Bedingungen keine kleinere als die im Versuch ermittelte Geschwindigkeit  $v_s$  gemessen werden kann.

### 3 Grenzen der klassischen Physik

Die klassische Physik hat einerseits ein breites Anwendungsfeld, andererseits auch ihre Grenzen. Zeigen Sie anhand der Entwicklung von Vorstellungen über das Atom, dass mit den Gesetzen der klassischen Physik das Verhalten von Mikroobjekten nicht widerspruchsfrei beschrieben werden kann.

Schwerpunkte:

- die Atommodelle von Rutherford und Bohr
- die Bohr'schen Postulate
- das Versagen des Bohr'schen Atommodells
- die Aufgabe des Bahnbegriffs („Teilchenbahn“) bei Mikroobjekten im Zusammenhang mit der berühmten Heisenberg'schen Unschärferelation
- das Orbitalmodell.

## Anhang

## Abbildungen zum Thema 1: Erzeugung und Anwendung der elektrischen Spannung

Bild 1:

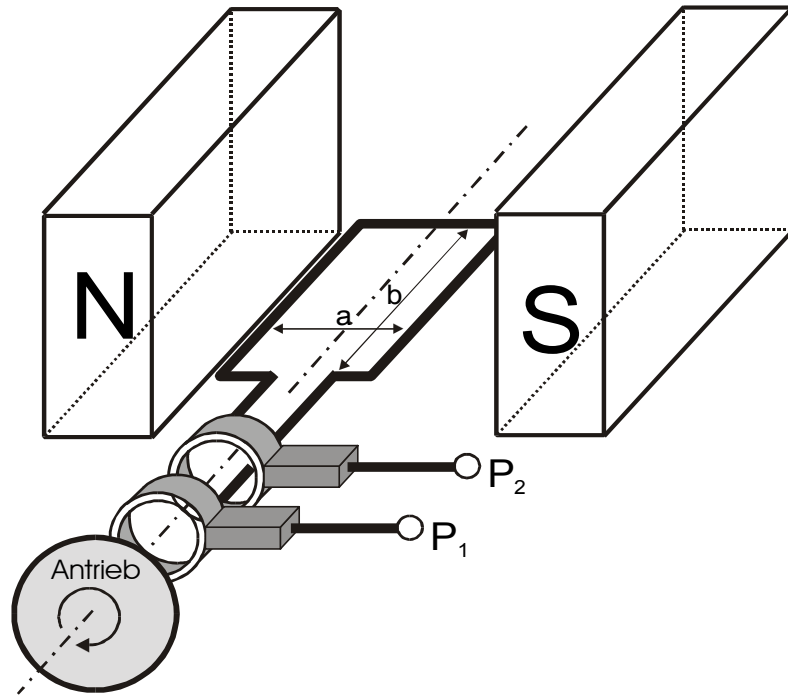


Bild 2:

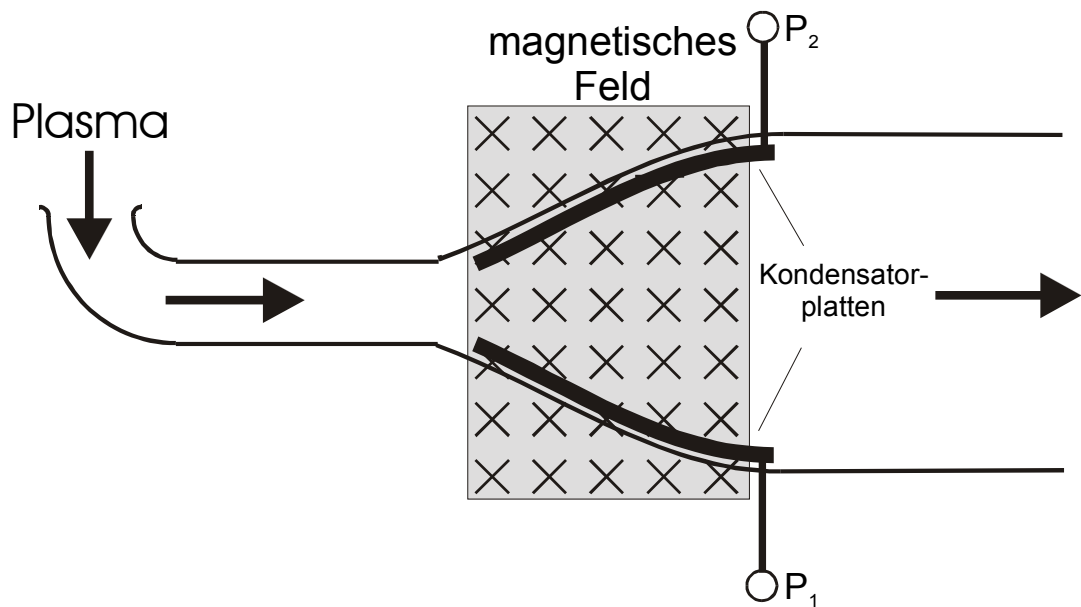


Bild 3:

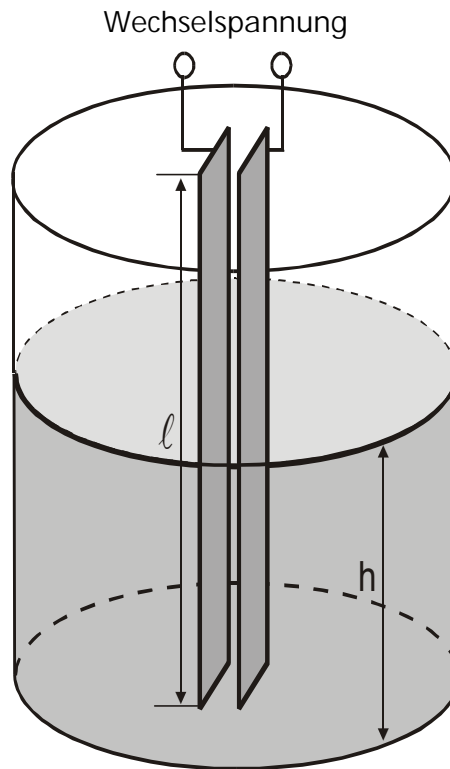
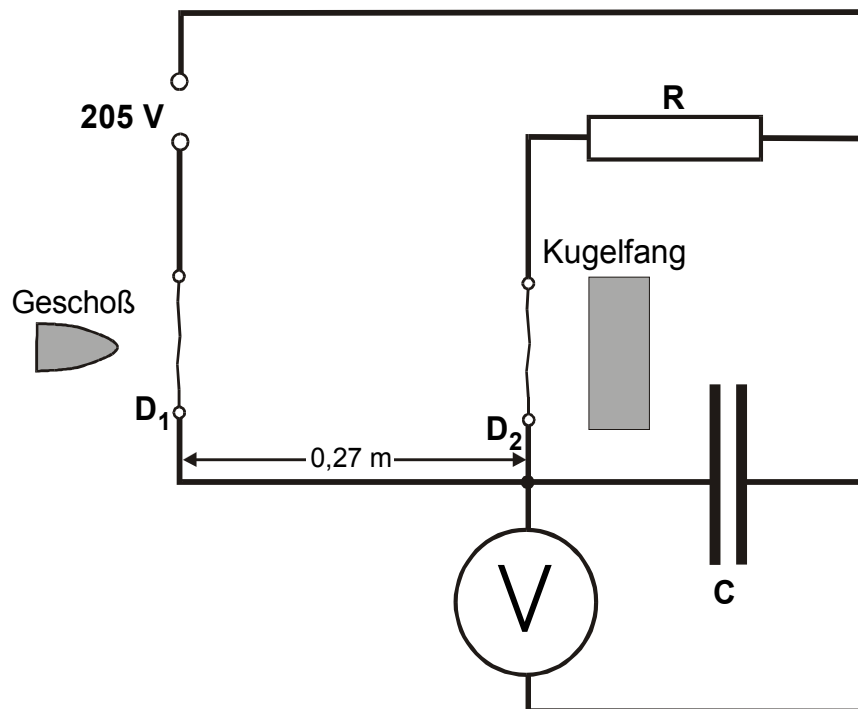


Bild 4:



Abbildungen zum Thema 2: Anwendungen der Gesetze der Mechanik an Beispielen der Translation, Rotation und Kreisbewegung

Bild 1:

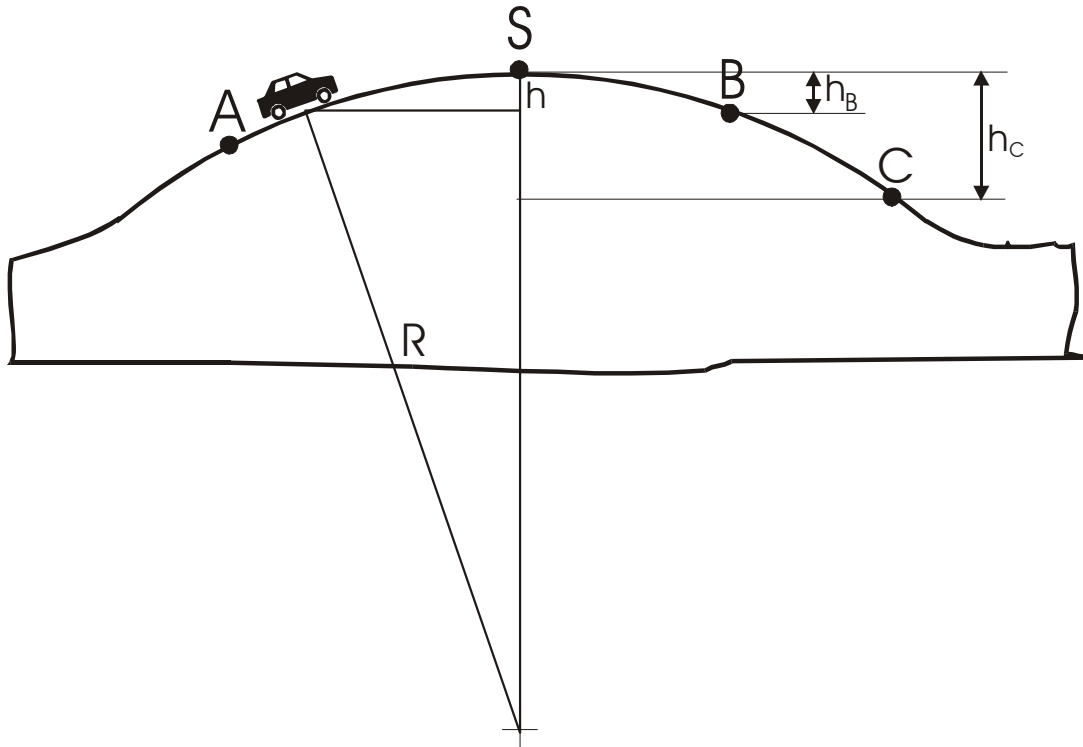


Bild 2:

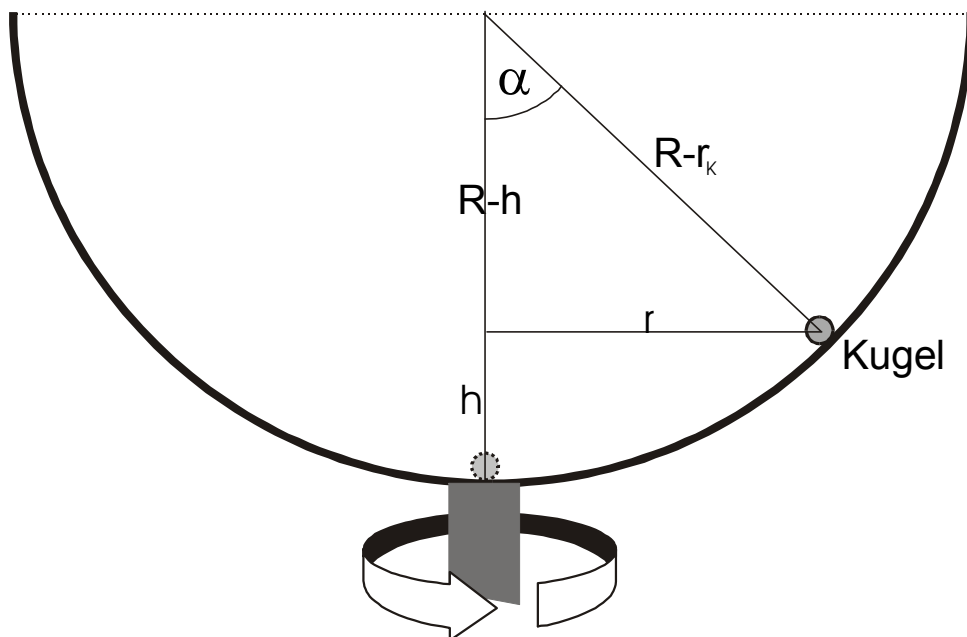




Bild 3:

