



Pädagogische Hochschule  
"Liselotte Herrmann" Güstrow

---

---

Sektion Mathematik / Physik  
Wissenschaftsbereich  
Methodik des Physikunterrichts

Aufgaben  
für  
Spitzenzirkel  
Klasse 9  
an ESOS

Güstrow 1988

---

---

Sie sind auf Grund Ihrer Leistungen und Ihres Interesses für die Physik in den Spitzenzirkel "Physik" an Ihrer Spezialschule aufgenommen. In ihm sollen Sie das Wissen über physikalische Vorgänge und Gesetze erweitern und vertiefen und dabei das Können zur Lösung anspruchsvoller Probleme weiterentwickeln. Das setzt häufig viel Willenskraft und eigene Initiative voraus. Ihre Tätigkeit im Spitzenzirkel wird in der neunten bis elften Klasse in 5 Zyklen mit jeweils 6 Wochen Lerntätigkeit durchgeführt. Sie sollten sich auf folgenden Arbeitsablauf einrichten:

1. Woche: Selbststudium zum Thema des Zyklus in der Freizeit.  
Diskussion mit Ihren Mitschülern und dem betreuenden Lehrer über offengebliebene Fragen und über Grundsätze bei der Bearbeitung physikalischer Probleme.
- 2.u.3. Woche: Lösen der zum Zyklus angegebenen Übungsaufgaben. Vorführen dieser Lösungen und Diskussion von Varianten in der Unterrichtszeit.
- 4.u.5. Woche: Vorbereiten, Durchführen und Auswerten eines der angegebenen Experimente des Zyklus.
6. Woche: Lösen von zwei Kontrollaufgaben unter Klausurbedingungen. (Diese werden zentral ausgewertet.)

Für die Diskussionen und die experimentelle Arbeit stehen 2 Unterrichtsstunden je Woche zur Verfügung.

Damit Sie sich in die Vorgehensweise bei der Bearbeitung physikalischer Probleme einarbeiten können, lassen Sie sich von Ihrem betreuenden Lehrer die Broschüre "Physikaufgaben für Schüler von Spezialklassen", Verlag Volk und Wissen, 1982, aushändigen und studieren die Seiten 6 bis 23. Fertigen Sie sich ein Exzerpt über den Inhalt an und geben Sie die Broschüre wieder an Ihren Lehrer zurück.

Für die Klasse 9 sind folgende thematische Zyklen vorgesehen:

- Zyklus 9.1. Reflexions- und Brechungsgesetz, Totalreflexion, (Optik) brechende Winkel an Prismen; Krümmungsradius und Brennweite bei Linsen.
- Zyklus 9.2. Linsengleichung; linearer Abbildungsmaßstab (Optik) einer Linse. Linsenkombinationen; optische Geräte und deren Vergrößerung.
- Zyklus 9.3. Gleichstromkreise mit aktiven und passiven Elementen; Gleichstromkreise mit Kapazität, Induktionsgesetz und magnetische Felder eines Leiters. (E-Lehre)
- Zyklus 9.4. Zusammengesetzte Bewegungen, schräger Wurf, (Kinematik) Wurf aus verschiedenen Höhen, Wurfweite und Wurfhöhe. (Nutzung des Energieerhaltungssatzes)
- Zyklus 9.5. Newtonsches Grundgesetz, Reibungskräfte (Gleit-, (Dynamik) Haft- und Rollreibung) Energieerhaltungssatz; Impulserhaltungssatz, elastische und unelastische Stöße.

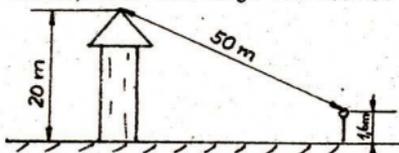
Die Lösungen der Klausuraufgaben, die Sie in der 6. Woche anfertigen, schreiben Sie bitte für jede Aufgabe auf einen gesonderten Bogen.

Für die Arbeit im Spitzenzirkel "Physik" wünschen alle beteiligten Wissenschaftler und Lehrer viel Erfolg und Freude! Möge Ihre Neugier nach Neuem in der Physik nie versiegen, auch wenn nicht alles gleich richtig und schnell bewältigt wird.

Wenn Sie sich an Aufgaben mit hohem Niveau versuchen wollen, so können Sie sich folgenden Titel Anfang 1988 anschaffen "Physikaufgaben, Internationale Physikolympiaden", Verlag Volk und Wissen, 1987.

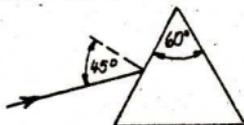
K L A S S E 9ÜbungsaufgabenZyklus 1:

- 9.1.1. Ein Fisch befindet sich in einer Tiefe von 3 m unter der Wasseroberfläche eines Sees. Es ist der Kreisradius zu berechnen, unter dem der Fisch Gegenstände über der Wasseroberfläche sehen kann.
- 9.1.2. Welche Größe muß ein Konkavspiegel mit dem Radius  $R$  haben, damit ein Mensch sich in ihm in seiner ganzen Größe sehen kann?  
Größe des Menschen  $H = 1,86$  m; Entfernung vom Spiegel  $d = 4$  m.
- 9.1.3. Die Luftlinie zwischen dem 1,60 m hoch gelegenen Auge des Beobachters und der Spitze des 20 m hohen Turmes am jenseitigen Ufer eines Teiches beträgt 50 m.  
Wie weit ist das im Wasser sichtbare Spiegelbild der Turmspitze vom Auge entfernt?



- 9.1.4. Welche Länge muß ein senkrecht an der Wand hängender Spiegel mindestens haben, damit man sich selbst vom Scheitel bis zur Sohle vollständig sehen kann?
- 9.1.5. Weshalb wird ein beliebiger auf die Hypothense in ein rechtwinkliges Spiegelprisma fallender Strahl parallel zu sich selbst zurückgeworfen?
- 9.1.6. Licht fällt senkrecht von oben auf einen unter Wasser liegenden Spiegel. Um welchen Winkel muß dieser mindestens gegen die Horizontale geneigt sein, wenn das von ihm reflektierte Licht nicht wieder in die Luft zurückkehren soll?

- 9.1.7. Welche Gesamtablenkung erreicht der in das angegebene Prisma einfallende Strahl? ( $n = 1,5$ )



Experimente:

- E 9.1. Es ist experimentell der Brechungsindex einer NaCl-Lösung in Abhängigkeit von ihrer Konzentration zu bestimmen! Die Abhängigkeit ist grafisch darzustellen!
- E 9.2. Es ist experimentell der Brechungsindex des Glases eines Ihnen übergebenen Prismas zu bestimmen.

Zyklus 2:

- 9.2.1. Ein Gegenstand, der 10 cm von einer konvexen Linse entfernt steht, ergibt auf dem Schirm ein zweifach vergrößertes Bild.  
In welcher Entfernung von der Linse ist ein Gegenstand anzuordnen, damit ein zweifach vergrößertes virtuelles Bild entsteht?
- 9.2.2. Sonnenlicht trifft lotrecht auf eine Linse von 7 cm Durchmesser und wirft auf einen 4 cm dahinter aufgestellten Schirm einen Schein von 5 cm Durchmesser. Wie groß ist die Brennweite der Linse?
- 9.2.3. Es ist die Brechzahl  $n$  einer bikonvexen Linse mit gleichen Krümmungsradien  $r_1 = r_2 = 10$  cm zu berechnen. Bekannt ist, daß beim Abstand  $l = 90$  cm Gegenstand - Schirm zwischen den Stellungen der Linse, für die man ein scharfes Bild erhält, eine Entfernung von  $d = 75$  cm vorhanden ist.
- 9.2.4. Eine Sammellinse und ein sphärischer Spiegel werden in einer Linse in einem Abstand von 34 cm voneinander aufgestellt. Ein 1 cm hoher Gegenstand befindet sich in einem Abstand von 32 cm vor der Linse.

Es sind Größe und Lage des Bildes zu bestimmen!  
 (Brennweite Linse  $f_L = 16 \text{ cm}$ ; Brennweite Spiegel  
 $f_S = \frac{20}{9} \text{ cm}$ )

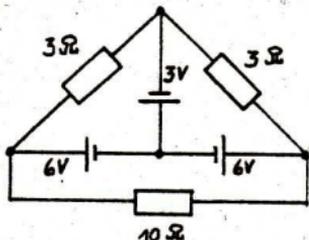
- 9.2.5. Die Brennweite einer Linse in Luft beträgt  
 $f = 30 \text{ cm}$  ( $n = 1,5$ ). Welche Brennweite wird diese  
 Linse haben, wenn sie  
 a) in Wasser  
 b) in Monobromnaphthalin ( $n_2 = 5/3$ )  
 getaucht wird?
- 9.2.6. Es ist die Vergrößerung einer Lupe zu berechnen,  
 deren Brennweite  $f = 2,5 \text{ cm}$  beträgt!
- 9.2.7. Wie weit muß eine  $1,75 \text{ m}$  große Person vom Objektiv  
 ( $f = 5 \text{ cm}$ ) einer Kleinbildkamera mindestens ent-  
 fernt sein, wenn sie auf dem  $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$  großen  
 Film (Hochformat) vollständig abgebildet werden  
 soll?

### Experimente:

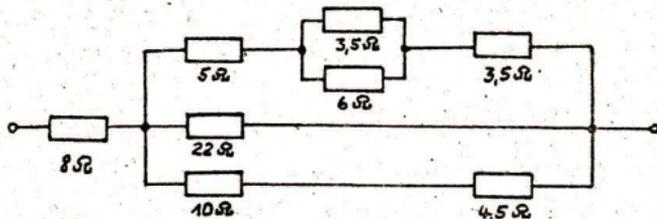
- E 9.3. Bauen Sie aus den Ihnen übergebenen Linsen ein  
 Keplersches Fernrohr auf und bestimmen Sie dessen  
 Vergrößerung!
- E 9.4. Bestimmen Sie experimentell die Vergrößerung eines  
 von Ihnen aus Linsen aufgebauten Mikroskops!

### Zyklus 3:

- 9.3.1. Wie groß sind die Stromstärken in folgender Schaltung?



- 9.3.2. Es ist der Ersatzwiderstand für folgende Widerstandskombination zu berechnen:



- 9.3.3. Der Anker eines 50 Hz-Generators rotiert in einem magnetischen Feld der magnetischen Induktion  $0,12 \text{ T}$ . Die Spulenfläche beträgt  $2,10^{-2} \text{ m}^2$ . Wieviel Windungen muß der Anker haben, wenn eine Spannung von  $220 \text{ V}$  erzeugt werden soll?
- 9.3.4. Eine senkrecht verlaufene elektrische Leitung in einem Wohnhaus wird von einem Gleichstrom von  $25 \text{ A}$  nach oben durchflossen. Wie groß ist die magnetische Induktion in einem Punkt  $10 \text{ cm}$  nördlich der Leitung?
- 9.3.5. Es soll die Induktivität einer Spule bestimmt werden. Dazu wird an diese eine Gleichspannung von  $25 \text{ V}$  angelegt; es fließt dann ein Strom der Stärke  $J_1 = 4 \text{ A}$ . Danach wird an die Spule eine Wechselspannung von  $200 \text{ V}$  mit einer Frequenz von  $60 \text{ Hz}$  angelegt. Der Wechselstrom hat eine Stärke von  $J_{\text{eff}} = 2 \text{ A}$ . Wie groß ist die Induktivität der Spule?
- 9.3.6. Leiten Sie mit Hilfe der Kirchhoffschen Gesetze die Gleichung für die Wheatstonsche Brückenschaltung her!
- 9.3.7. Zwei Kondensatoren mit einer Kapazität  $C_1 = 4 \mu\text{F}$  und  $C_2 = 6 \mu\text{F}$  sind parallel geschaltet und an eine Spannungsquelle von  $15 \text{ V}$  angeschlossen. Sie werden voneinander getrennt und ohne Spannungsquelle in Reihe geschaltet. Wie groß ist dann die Ladung auf jedem Kondensator?

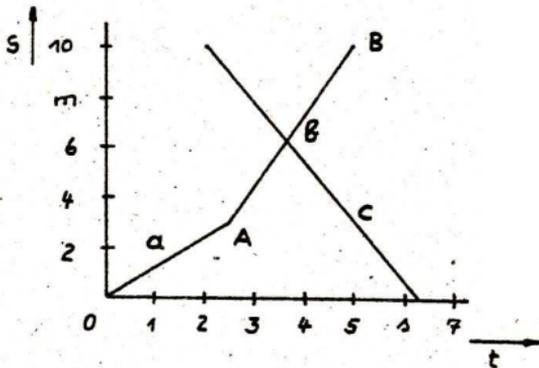
Experimente:

- E 9.5. Es ist experimentell der Innenwiderstand einer Taschenlampenbatterie zu bestimmen!  
Wie verändert sich dieser bei einer Verringerung der Batterieleistung?
- E 9.6. Es ist die elektrische Energie, die in einer 1,5 V-Monozelle gespeichert ist, experimentell zu bestimmen!

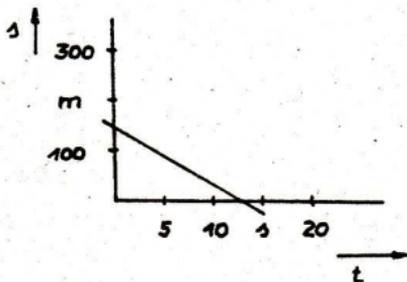
Zyklus 4:

- 9.4.1. Von einer Klippe wirft ein Mann einen Stein unter einem Winkel von  $30^\circ$  mit einer Geschwindigkeit von  $16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ins Meer. 4 s später trifft der Stein die Wasseroberfläche.  
Es sind zu berechnen . die Höhe der Klippe  
. die Wurfweite.
- 9.4.2. Ein Ball wird vom Rand einer Brücke senkrecht nach oben mit einer Geschwindigkeit von  $14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  geworfen. Er fällt in das 50 m tiefer liegende Wasser. Es sind zu bestimmen:  
a) die gesamte Fallzeit, seine Flughöhe, der Weg in der Luft  
b) die Auftreffgeschwindigkeit auf der Wasseroberfläche.
- 9.4.3. Ein herabfallender Stein benötigt zum Vorbeifliegen an einem 2,1 m hohen Fenster 0,30 s.  
Aus welcher Höhe fiel der Stein herab?
- 9.4.4. Man beantworte folgende Fragen und führe die Aufträge aus zu nebenstehender grafischer Darstellung:  
a) Was bedeutet die Gerade c ?  
b) Was kann man im Schnittpunkt der Geraden ermitteln?  
c) Was spielt sich im Punkt A ab?  
d) Es ist für OAB das quantitativ richtige  $v - t$  - Diagramm zu zeichnen!

- e) Es ist das v-s-Diagramm zu zeichnen!  
 f) Wie groß ist die mittlere Geschwindigkeit für den Bewegungsablauf OAB?



- 9.4.5. Aus nebenstehendem Diagramm ist
- die Fahrzeuggeschwindigkeit,
  - die Koordinate  $s_1$  für  $t_1 = 20$  h 10 min und
  - die Zeit  $t_2$ , in der das Fahrzeug am Ort mit der Koordinate  $s_2 = -5$  km ist, zu ermitteln.



- 9.4.6. Ein Körper fällt frei von einem Punkt A in einer Höhe  $H + h$  ( $h$  - Strecke OB;  $H$  - Strecke BA). Ein anderer Körper wird von Punkt O aus mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  aufwärts geworfen.

Beide Vorgänge beginnen zum gleichen Zeitpunkt.  
 Wie groß muß die Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  sein,  
 damit die beiden Körper sich im Punkt B treffen?  
 Wie groß ist die Maximalhöhe, die der zweite Körper  
 mit dieser Anfangsgeschwindigkeit erreicht?  
 Es ist der Fall  $H = h$  gesondert zu diskutieren!

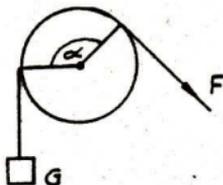
- 9.4.7. Ein Förderkorb an einem Neubau bewegt sich aufwärts mit einer Geschwindigkeit von  $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Wenn der Korb  $7 \text{ m}$  über dem Erdboden ist, wirft ein Junge einen Ball senkrecht hoch mit einer Geschwindigkeit von  $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (Abwurfhöhe der Hand  $2 \text{ m}$ ). Es sind die Funktionszeichnungen mit den konkreten Werten aufzustellen für die Ortsveränderung, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung in Abhängigkeit von der Zeit für ein Koordinatensystem, das mit dem Erdboden verbunden ist.

Experimente:

- E 9.7. Es läßt sich nachweisen, daß für einen Faden (Schnur), der um einen nicht bewegbaren Zylinder gelegt wird und der mit der Gewichtskraft  $G$  belastet ist, gehorcht die kleinste Kraft  $F$ , bei der das Gewicht  $G$  in Ruhe bleibt, folgender Beziehung:

$$\lg F = \lg G - 0,434 \alpha \cdot \mu$$

$\alpha$  ... Winkel in der Abb.  $\mu$  ... Reibungskoeffizient



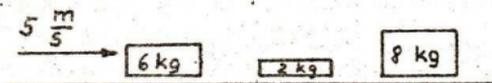
Es ist ein Versuchsaufbau zu entwickeln und aufzubauen, mit dem man experimentell  $\mu$  für verschiedene Fäden (Dederon, Baumwolle, dünne Schnur) bestimmen kann,  $\mu$  ist experimentell zu bestimmen.

- E 9.8. Es ist experimentell die Abhängigkeit der Wurfweite vom Abwurfwinkel und von der Abwurfhöhe über der Auftreffebene zu bestimmen!

Zyklus 5:

- 9.5.1. Eine Leiter hat ein Gewicht von 200 N. Sie ist 8 m lang und lehnt an einer Wand, so daß das Fußende 2,50 m von der Wand entfernt ist. Ein 800 N schwerer Mann steht  $\frac{6}{10}$  der Gesamtlänge hoch auf der Leiter.  
Wie groß sind die horizontale und vertikale Kraftkomponenten, die am Fuß der Leiter wirken? Welchen Teil der Leiter kann der Mann hochklettern, ohne daß diese abrutscht, wenn der Reibungskoeffizient zwischen Leiter und Boden 0,2 beträgt?
- 9.5.2. Die maximale Ausgangsleistung eines Automotors beträgt  $P_{\max} = 50 \text{ kW}$ . Die Masse des Wagens beträgt  $M = 900 \text{ kg}$ .  
Man bestimme die Zeit, die erforderlich ist, damit der Wagen aus dem Stand auf eine Geschwindigkeit von  $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  beschleunigt wird. Der Reibungskoeffizient zwischen Reifen und Straßenbelag beträgt  $\mu = 0,6$ . Es sind die Kraft, die Geschwindigkeit und die Leistung des Motors für den Beschleunigungsvorgang als Funktion der Zeit darzustellen!
- 9.5.3. Ein Körper gleitet auf einer 40 m langen geneigten Ebene, deren Neigungswinkel  $30^\circ$  beträgt, in 5 s herab.  
a) Wie groß ist die Reibungszahl?  
b) Bei welchem Neigungswinkel gleitet der Körper überhaupt nicht?
- 9.5.4. Wenn man ein Auto sehr schnell zum Halten bringen will, dann darf man nicht so stark auf die Bremsen treten, daß die Räder blockieren.  
Geben Sie hierfür eine Erklärung! Welchen Vorteil haben beim Bremsen breite Reifen gegenüber schmalen?

- 9.5.5. Auf einer reibungslosen Fläche stehen die Massen 2 kg und 8 kg. Auf sie stößt ein Körper mit der Masse 6 kg und der Geschwindigkeit  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  an den 2 kg-Körper.  
Wie bewegen sich die Massen nach elastischen Stößen?



- 9.5.6. Auf einer reibungslosen Fläche stehen die Massen 2 kg und 8 kg. Auf sie stößt ein Körper mit der Masse 6 kg und der Geschwindigkeit  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  an den 2 kg-Körper.  
Wie bewegen sich die Massen nach den unelastischen Stößen?

- 9.5.7. Jemand möchte eine Lampe von 15 kg über den Flur schieben. Der Reibungskoeffizient zwischen Lampe und Flur beträgt  $\mu = 0,2$ . Der Angriffspunkt der Hand liegt 60 cm über dem Boden. Der Radius des Lampenfußes beträgt 10 cm.  
Gleitet die Lampe oder kippt diese um?  
In welcher maximalen Höhe über dem Erdboden sollte die Lampe zum gleitenden Verschieben angefaßt werden?

### Experimente

- E 9.9. Es ist der Reibungskoeffizient von Holz auf Holz in Abhängigkeit einer dazwischen gefügten Flüssigkeit zu bestimmen (Öl, Wasser)!
- E 9.10. Es ist der Rollreibungskoeffizient Metall/Holz experimentell zu bestimmen und mit dem Gleitreibungskoeffizienten zu vergleichen!



Pädagogische Hochschule  
Liselotte Herrmann" Güstrow

---

Sektion Mathematik / Physik  
Wissenschaftsbereich  
Methodik des Physikunterrichts

Aufgaben  
für  
Spitzenzirkel  
Klasse 10  
an ESOS

Güstrow 1987

---

Sie haben im vergangenen Schuljahr mit Erfolg am Spitzenzirkel "Physik" der Klasse 9 teilgenommen. Diese Arbeit wird in der Klasse 10 fortgesetzt mit dem Ziel, daß Sie Ihr Wissen in Physik erweitern und vertiefen und dabei das Können zum Lösen anspruchsvoller physikalischer Probleme weiterentwickeln. Das erfordert eine selbständige Aneignung neuer Kenntnisse. Sie sollten sich auf folgenden Arbeitsablauf einrichten:

1. Woche: Selbststudium zum Thema des Zyklus in der Freizeit.  
Diskussion mit Ihren Mitschülern und dem betreuenden Lehrer über offengebliebene Fragen und über Grundsätze bei der Bearbeitung physikalischer Probleme.
- 2.u.3. Woche: Lösen der zum Zyklus angegebenen Übungsaufgaben.  
Vorführen dieser Lösungen und Diskussion von Varianten in der Unterrichtszeit.
- 4.u.5. Woche: Vorbereiten, Durchführen und Auswerten eines der angegebenen Experimente des Zyklus.
6. Woche: Lösen von zwei Kontrollaufgaben unter Klausurbedingungen. (Diese werden zentral ausgewertet.)

Für die Diskussionen und die experimentelle Arbeit stehen 2 Unterrichtsstunden je Woche zur Verfügung.

Für die Klasse 10 sind in Anpassung an die neuen Physiklehrpläne folgende thematische Zyklen vorgesehen:

- Zyklus 10.1. Energieerhaltungssatz, I.-Hauptsatz der (Thermodynamik) Thermodynamik, Wärme; Wärmeaustausch, Innere Energie, Aggregatzustandsänderungen.
- Zyklus 10.2. Gesetze des idealen Gases (phänomenologisch), (Thermodynamik) spezifische Wärmekapazität von Gasen, Längen- und Volumenänderung bei festen und flüssigen Körpern.

- Zyklus 10.3. Grundbegriffe der Fotometrie,  
(Optik) Wellenoptische Grundbegriffe,  
Beugung und Interferenz,  
Auflösungsvermögen optischer Geräte.
- Zyklus 10.4. Polarisation; Absorption,  
(Optik) Strahlungsgesetze (thermische Strahlung),  
Fotoelektrischer Effekt; Compton-Effekt.
- Zyklus 10.5. Elektrische Eigenschaften von Metallen und  
(Elektronik) Halbleitern; Kontaktpotentiale bei Halbleitern  
(Thermoelemente); Diode als Gleichrichter/  
Welligkeit der gleichgerichteten Spannung.  
Transistoren (Arbeitswiderstände, Arbeitsgerade,  
Basiswiderstände)  
Operationsverstärker.

### Klasse 10

#### Zyklus 1:

- 10.1.1. Der mittlere Wert der spezifischen Wärmekapazität von Kupfer beträgt  $0,09 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{grad}^{-1}$  im Temperaturintervall von  $0^\circ \text{ C}$  bis  $1000^\circ \text{ C}$ .  
Um wieviel vergrößert sich sein Volumen, wenn 1 kg Kupfer von  $0^\circ \text{ C}$  auf  $1000^\circ \text{ C}$  erhitzt werden?
- 10.1.2. Im Jouleschen Versuch fällt ein Körper der Masse von 6 kg aus einer Höhe von 50 m und versetzt ein Rad in Drehung, dessen Schaufel 0,6 kg Wasser vermischt.  
Auf welche Temperatur erhöht sich das Wasser, wenn seine Ausgangstemperatur  $15^\circ \text{ C}$  betrug?
- 10.1.3. Ein Autofahrer fährt in einem Wagen ( $m = 1000 \text{ kg}$ ) Leerlauf eine Steigung hinunter. Am Ende muß er anhalten. Er beginnt mit einer Geschwindigkeit von  $v = 45 \text{ km/h}^{-1}$  an einem Punkt der Bahn zu bremsen, der 32 m höher als das Ende der geneigten Bahn liegt.  
Wie groß ist die Energie, die beim Bremsen in

thermische Energie umgewandelt wird?  
Luftwiderstand und Reibungskräfte sollen vernachlässigt werden.

- 10.1.4. In einem kleinen Wasserdurchlauferhitzer können 5 l Wasser in 10 min. von  $5^{\circ}\text{C}$  auf  $95^{\circ}\text{C}$  erhitzt werden.  
Welche Stromstärke fließt, wenn er an ein 220 V-Netz angeschlossen ist?
- 10.1.5. Wieviel Dampf mit einer Temperatur von  $120^{\circ}\text{C}$  ist erforderlich, um die Temperatur von 200 g Kupfer in einem Aluminium-Kalorimeter von 60 g um 40 K zu ändern?
- 10.1.6. Welche innere Energie (kinetische Energie der Teilchen) enthalten  $5\text{ cm}^3$  des idealen Gases bei einem Druck von  $10^5\text{ Pa}$  ?
- 10.1.7. Um welchen Betrag müßte die Wassertemperatur zunehmen, wenn sich die gesamte Energie eines 15 m hohen Wasserfalls in Wärme umwandeln würde?

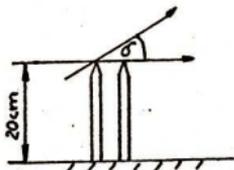
### Experimente

- E 10.1. Bestimmen Sie experimentell die Schmelzwärme von Eis!
- E 10.2. Bestimmen Sie experimentell die spezifische Wärmekapazität von Kupfer oder Aluminium!

### Zyklus 2:

- 10.2.1. Ein Eisenstück der Masse 325 g wird in ein Kalorimeter mit schmelzendem Eis gelegt. Es ist die Eismasse zu berechnen, die bis zum Erreichen des Gleichgewichtszustandes schmilzt, wenn das Volumen des Eisenstückes beim Einlegen ins Kalorimeter  $48\text{ cm}^3$  beträgt.  
Die Dichte des Eisens ist  $\rho_0 = 6,8\text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , seine Wärmekapazität  $c = 0,502\text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  und sein Volumenausdehnungskoeffizient  $\beta = 0,33 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$ .  
Die Schmelzwärme des Eises betrug  $q_s = 333,94\text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ .

- 10.2.2. Um wieviel dehnt sich ein stromdurchflossener Aluminiumleiter  $[\alpha = 23 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}, c = 0,896 \text{ J}/(\text{gk}), \rho = 2,7 \text{ g}/\text{cm}^3]$  von  $5 \text{ mm}^2$  Querschnitt aus, der 1 min lang die Leistung  $16 \text{ W}$  aufgenommen hat, wenn man annimmt, daß keine Wärmeverluste auftreten?
- 10.2.3. Ein senkrechter Zylinder mit einer Grundfläche von  $10 \text{ cm}^2$  ist mit einem Gas gefüllt. Der Zylinder ist mit einem Kolben verschlossen, dessen Gewicht  $200 \text{ N}$  beträgt. Das Ausgangsvolumen des Gases beträgt bei einer Temperatur von  $0^\circ \text{ C}$   $V_0 = 11,2 \text{ l}$ . Welche Wärme muß zugeführt werden, um die Temperatur des Gases unter den gegebenen Bedingungen um  $10 \text{ K}$  zu erhöhen?  
Die Wärmekapazität der Gasmenge bei der sicheren Endstellung des Kolbens beträgt  $c_v = 20,95 \text{ J/K}$ . Der Außendruck ist zu vernachlässigen.
- 10.2.4. Der Druck eines Gases in einem geschlossenen Behälter beträgt bei einer Temperatur von  $0^\circ \text{ C}$   $p_0 = 66,65 \text{ Pa}$ . Wie groß ist der Druck bei einer Temperatur von  $400^\circ \text{ C}$ ?
- 10.2.5. Es ist die spezifische Wärmekapazität des He bei konstantem Volumen zu berechnen.  
 $m_{\text{He}} = 6,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ; Adiabatenexponent  $K = 1,67$ .
- 10.2.6. Wie lang muß ein Messingrohr ( $\alpha = 18 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ) bei  $15^\circ \text{ C}$  sein und welchen inneren Durchmesser muß es haben, damit es bei  $60^\circ \text{ C}$  eine Länge von  $50 \text{ cm}$  und eine lichte Weite von  $20 \text{ mm}$  hat?
- 10.2.7. Auf zwei im Abstand von  $1 \text{ mm}$  senkrecht stehenden, bei  $15^\circ \text{ C}$  je  $20 \text{ cm}$  langen Stäben aus Kupfer ( $\alpha_1 = 14 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ) bzw. Zink ( $\alpha_2 = 36 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ) ruht waagrecht ein Querstab. Um welchen Winkel  $\delta$  neigt er sich, wenn die Stäbe auf  $75^\circ \text{ C}$  erwärmt werden?



### Experimente

- E 10.3. Es ist experimentell der Adiabatenkoeffizient von Luft zu bestimmen!
- E 10.4. Bestimmen Sie experimentell die Empfindlichkeit der Ihnen übergebenen Thermometer!

### Zyklus 3:

- 10.3.1. Entlang einer Gummischnur breiten sich Wellen der Frequenz  $f = 2 \text{ Hz}$  mit einer Geschwindigkeit von  $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  aus.  
Welche Phasendifferenz besteht zwischen zwei Punkten der Gummischnur, die  $75 \text{ cm}$  voneinander entfernt sind?
- 10.3.2. Warum nimmt die Tonhöhe der Blasinstrumente zu und die der Streichinstrumente ab, wenn sich die Instrumente erwärmen?
- 10.3.3. Der Lichtkegel eines Scheinwerfers ist  $60 \text{ m}$  lang und beleuchtet einen Kreis von  $3 \text{ m}$  Durchmesser mit  $4 \text{ lx}$ . Lichtstärke und Lichtstrom auf den Kreis sind zu bestimmen.
- 10.3.4. In  $1 \text{ m}$  Höhe über einer Tischplatte hängt eine Lampe von  $100 \text{ cd}$  Lichtstärke.  
Wie heißt das Gesetz über die Verteilung der Beleuchtungsstärke auf der Tischfläche als Funktion des Winkels zwischen den Lichtstrahlen und der Tischfläche, wenn man annimmt, daß die Lichtstärke der Lampe nach allen Richtungen gleich sei?
- 10.3.5. Auf einen Spalt fällt senkrecht ein paralleles Lichtbündel monochromatischen Lichtes. Seine Wellenlänge ist  $\lambda$ . Die Spaltbreite beträgt  $3 \lambda$ .

Unter welchem Winkel ist das erste Beugungsmaximum zu beobachten?

- 10.3.6. Auf einen 0,2 mm breiten Spalt fällt paralleles Licht. Auf einem 3,5 m entfernten Schirm werden Beugungsstreifen beobachtet. Der Abstand der beiden mittleren dunklen Streifen beträgt 6 mm.  
Wie groß ist die Wellenlänge des verwendeten Lichtes?
- 10.3.7. Mit Hilfe eines Fresnelschen Biprismas ( $\alpha = 20'$ ) wird von einem Spalt auf einen Schirm ein Interferenzbild erzeugt. Der Spalt hat eine Entfernung von  $d = 25$  cm vom Biprisma.  
Wie groß ist die Wellenlänge des Lichtes, das den Spalt beleuchtet, wenn die Breite der Interferenzlinien auf dem Schirm  $\Delta x = 0,55$  mm beträgt?
- 10.3.8. Auf einen gläsernen Keil fällt senkrecht ein Lichtbündel ( $\lambda = 582$  nm) ein. Der Keilwinkel beträgt  $\varphi = 20''$ .  
Wieviel dunkle Interferenzstreifen entfallen auf die Längeneinheit des Keils, wenn der Brechungsindex des Glases  $n = 1,5$  beträgt?
- 10.3.9. Auf eine runde Öffnung mit einem Radius  $R = 2$  mm in einer durchsichtigen Leinwand fällt ein paralleles Lichtbündel ( $\lambda = 500$  nm).  
Bei welcher maximalen Entfernung von der Öffnung der Leinwand vom Zentrum des Beugungsbildes kann man einen dunklen Fleck beobachten?

#### Experimente:

- E 10.5. Bestimmen Sie experimentell die Abhängigkeit der Lichtdurchlässigkeit von Pergamentpapier von der Anzahl der benutzten Papierschichten!
- E 10.6. Bestimmen Sie experimentell die Gitterkonstante des Ihnen übergebenen optischen Gitters!
- E 10.7. Ermitteln Sie experimentell die Abhängigkeit der Lichtintensität einer Glühlampe 6 V; 5 A von der angelegten elektrischen Leistung!

Zyklus 4:

10.4.1. Es fällt Licht der Wellenlänge  $\lambda = 440 \text{ nm}$  auf die Oberfläche einer Metallegierung und löst dort Photoelektronen aus, die mit einer kinetischen Energie  $W_{\text{kin}} = 0,35 \cdot 10^{-19} \text{ Js}$  austreten.

- a) Wie groß ist die Austrittsarbeit der Elektronen aus der Metalloberfläche? (Plancksches Wirkungsquantum  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}^2$ )
- b) Es ist eine Meßanordnung anzugeben, mit der auf der Grundlage dieses Effektes das Plancksche Wirkungsquantum bestimmt werden kann!

10.4.2. Aus der Oberfläche, die durch monochromatisches Licht der Wellenlänge  $\lambda$  beleuchtet wird, werden Photoelektronen ausgelöst. Wie groß ist ihre Geschwindigkeit? Die Wellenlänge, unterhalb der bei Silber der lichtelektrische Effekt einsetzt, sei  $\lambda_0$ .

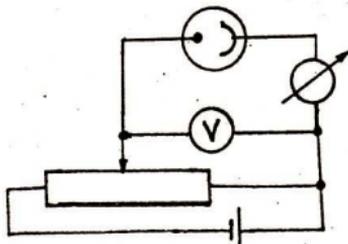
$$\lambda = 0,10 \text{ nm} \quad \lambda_0 = 260 \text{ nm}$$

10.4.3. Ein Röntgenquant der Wellenlänge  $\lambda$  erzeugt ein Compton-Elektron der Energie  $W_0$ .

- a) Wie groß ist die Wellenlänge  $\lambda'$  des gestreuten Röntgenquants?
- b) Unter welchem Winkel  $\beta$  wird das Röntgenquant gestreut?

$$\lambda = 10^{-12} \text{ m} \quad W_0 = 1,6 \cdot 10^{-14} \text{ Js}$$

10.4.4. Eine Fotozelle wird in zwei Versuchen mit monochromatischem Licht der Wellenlänge  $\lambda_1 = 350 \text{ nm}$  bzw.  $\lambda_2 = 250 \text{ nm}$  bestrahlt. Durch Anlegen einer Gegenspannung  $U_1 = 3,55 \text{ V}$  bzw.  $4,97 \text{ V}$  wird der Fotostrom vollständig kompensiert. Hieraus ist die Plancksche Konstante  $h$  zu berechnen.



- 10.4.5. Wie groß ist die Austrittsarbeit einer Fotokathode, wenn bei Bestrahlung mit Licht der Wellenlänge  $2,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  der Fotoeffekt durch eine Gegenspannung von  $1,85 \text{ V}$  vollständig unterdrückt wird?
- 10.4.6. Ein als schwarzer Körper zu betrachtender Schmelzofen hat die Innentemperatur  $1350^\circ \text{ C}$ . Welche Wärmemenge  $Q$  wird stündlich durch die  $20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  große Öffnung bei der Außentemperatur von  $25^\circ \text{ C}$  abgegeben?
- 10.4.7. Gelbes Licht der Wellenlänge  $\lambda$  kann der Mensch mit bloßem Auge wahrnehmen, wenn die Netzhaut mindestens die Lichtleistung  $P$  empfängt. Wie viele Photonen treffen dabei je Sekunde auf die Netzhaut?

$$\lambda = 600 \text{ nm} \quad P = 1,7 \cdot 10^{-18} \text{ W}$$

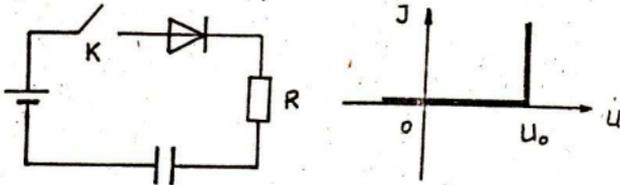
#### Experimente:

- E 10.8. Ermitteln Sie den Absorptionskoeffizienten einer Kupferulfat-Lösung in Abhängigkeit von deren Konzentration!
- E 10.9. Es ist der Polarisationswinkel einer Zuckerlösung in Abhängigkeit von der Konzentration zu ermitteln!

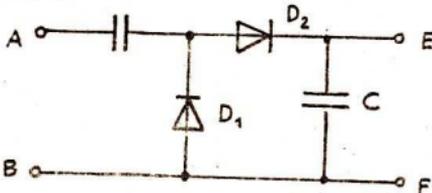
#### Zyklus 5:

- 10.5.1. Eine Diode ist in einem Stromkreis angeschlossen. Eine idealisierte Volt-Ampere-Charakteristik der Diode ist auch angeführt. Der Kondensator ist vorläufig nicht geladen. Der Schalter  $K$  wird geschlossen.

Welche Wärmemenge wird im Resistor mit dem Widerstand  $R$  bei der Aufladung des Kondensators abgegeben? Die Kapazität des Kondensators ist  $C$ , die Spannung der Stromquelle  $U$ , der innere Widerstand der Stromquelle ist klein.

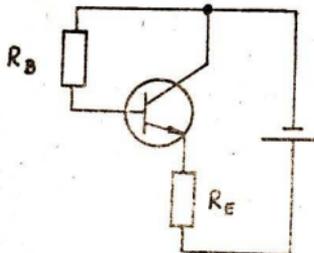


- 10.5.2. An dem abgebildeten Stromkreis liegt eine Gleichspannung von 127 V zwischen den Punkten A und B an. Wie groß ist die Spannung zwischen den Punkten E und F?



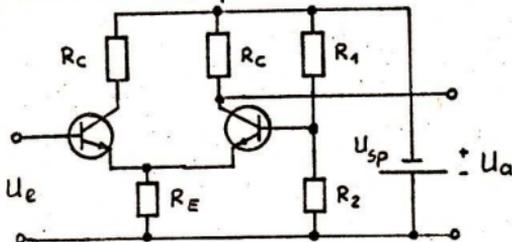
- 10.5.3. Berechne die Stromstärken, die durch die Anschlüsse des in der Schaltung angeschlossenen Transistors fließen!  
Wie groß sind die Spannungen zwischen den Anschlüssen?

$$(U_{sp} = 6 \text{ V}; R_B = 40 \text{ k}\Omega; R_E = 200 \text{ }\Omega; \beta = 200)$$

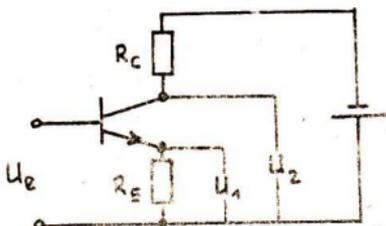


- 10.5.4. Für den abgebildeten Stromkreis ist die Ausgangsspannung  $U_a$  als Funktion der Eingangsspannung  $U_e$  zu bestimmen!

( $U_{Sp} = 12 \text{ V}$ ;  $R_1 = 7 \text{ k}\Omega$ ;  $R_2 = R_E = R_C = 5 \text{ k}\Omega$ ; Stromverstärkung  $\beta = 200$ )



- 10.5.5. In dem abgebildeten Vierpol gelten folgende Werte:  $U_0 = 6 \text{ V}$ ;  $R_E = R_C = 300 \Omega$ ; der Stromverstärkungsfaktor des Transistors beträgt  $\beta = 200$ . Es sind die Spannungen  $U_1$ ,  $U_2$  und der Basisstrom  $J_b$  als Funktion der Eingangsspannung  $U_e$  zu berechnen!



- 10.5.6. Gegeben ist ein nichtlineares Schaltelement G mit folgender Strom-Spannungs-Kennlinie:

$U/V$	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-8	-14
$J/mA$	11	6,5	3,5	1,7	0,6	0	-0,4	-0,6	-0,8	-0,9	-1	-1

- a) Zu G wird ein linearer Widerstand  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  in Reihe geschaltet. Gesucht ist die Ersatzkennlinie der Reihenschaltung.

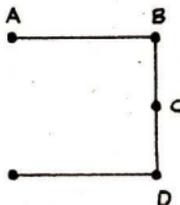
b) An die Schaltung von a) wird folgende Spannung gelegt:

$$1. = 8 \text{ V} \cdot \sin \omega t \quad (\text{allein})$$

$$2. = U + u \quad \text{mit } U = -5 \text{ V.}$$

Man konstruiere punktweise die Ströme  $i_1$  bzw.  $i_2$ !

10.5.7. Welche Spannung liegt zwischen den Punkten A und E der skizzierten Schaltung, wenn sie Leiter AB und DE aus Kupfer, BC aus Eisen und CD aus Silber bestehen, der Punkt C auf  $100^\circ \text{ C}$  und die übrigen auf  $20^\circ \text{ C}$  gehalten werden.



#### Experimente:

E 10.10. Bestimmen Sie die Thermospannung eines selbst angefertigten Thermoelementes in Abhängigkeit von der Temperatur!

Wie können Sie die Konstanten  $a$  und  $b$  der Gleichung  $R = a e^{\frac{b}{T}}$  bestimmen?

E 10.11. Ermitteln Sie experimentell die Spannungsverstärkung für drei verschiedene Arbeitspunkte einer Transistorschaltung mit Hilfe eines Elektronenstrahloszilloskop und werten Sie die Ergebnisse!

E 10.12. Bestimmen Sie die Spannungsverstärkung eines Operationsverstärkers B 001 oder B 000 in Abhängigkeit von den Widerständen  $R_1$  (Eingangswiderstand an minus) und  $R_2$  (Rückkopplungswiderstand vom Ausgang zu minus).



Pädagogische Hochschule  
"Liselotte Herrmann" Güstrow

---

Sektion Mathematik / Physik  
Wissenschaftsbereich  
Methodik des Physikunterrichts

Aufgaben  
für  
Spitzenzirkel  
Klasse 11  
an ESOS

Güstrow 1987

---

Sie haben in den letzten beiden Jahren an Spitzenzirkeln "Physik" der Klassen 9 und 10 aktiv teilgenommen. Ihr Studium wird in der Klasse 11 in Anpassung an die neuen Physiklehrpläne fortgesetzt. Sie sollen neue physikalische Vorgänge und Zusammenhänge in sechs Zyklen zu jeweils 6 Wochen erarbeiten.

Diese Tätigkeit im Spitzenzirkel setzt auch Ihre Bereitschaft voraus, einen Teil Ihrer Freizeit zur Beschäftigung mit der Physik zu nutzen. In der Regel können Sie von folgender Arbeitsverteilung ausgehen:

1. Woche: Selbststudium zum Thema des Zyklus in der Freizeit.  
Diskussion mit Ihren Mitschülern und dem betreuenden Lehrer über offengebliebene Fragen und über Grundsätze bei der Bearbeitung physikalischer Probleme.
- 2.u.3. Woche: Lösen der zum Zyklus angegebenen Übungsaufgaben. Vorführen dieser Lösungen und Diskussion von Varianten in der Unterrichtszeit.
- 4.u.5. Woche: Vorbereiten, Durchführen und Auswerten eines der angegebenen Experimente des Zyklus.
6. Woche: Lösen von zwei Kontrollaufgaben unter Klausurbedingungen. (Diese werden zentral ausgewertet.)

Für die Arbeit im Spitzenzirkel Klasse 11 sind folgende thematische Zyklen vorgesehen:

- Zyklus 11.1.: Elastizität; Hookesches Gesetz; Biegungen; elastische Schwingungen.
- Zyklus 11.2. Schwingungen in Luft und Gasen; akustische Grundgrößen.
- Zyklus 11.3. Drehbewegungen; Kraftwirkungsgesetz; Trägheitsmoment; Drehimpuls; Energie- und Drehimpulserhaltungssatz.

- Zyklus 11.4. Avogadro'sche Konstante; kinetische Energie der Moleküle in Gasen; van der Waalsche Gleichung.
- Zyklus 11.5. Kristallaufbau; Photowiderstand; Photodiode; Thermoelement.
- Zyklus 11.6. Dielektrizitätskonstante; Permeabilität; elektrische Leitung in Flüssigkeit.

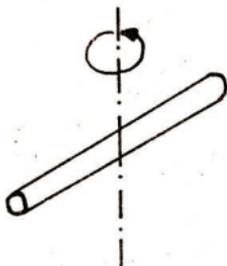
Für die Diskussionen und die experimentelle Arbeit stehen 2 Unterrichtsstunden je Woche zur Verfügung.

### Klasse 11

#### Zyklus 1:

- 11.1.1. Ein Brett mit der Breite  $b$  und der Dicke  $d = b/10$  wird an den Enden auf zwei Stützen
- flach
  - hochkant
- gelegt. Wie ist das Verhältnis der Durchbiegung  $\delta_B : \delta_b$  infolge des Eigengewichts?
- 11.1.2. Ein Stab aus Stahl (Länge  $\ell$ , Durchmesser  $d$ ; Torsionsmodul  $G$ ) ist an einem Ende fest eingespannt. Am anderen Ende befindet sich eine Mutter, die sich mit einem Schraubenschlüssel der Länge  $r_S$  lösen läßt, wenn mindestens die Kraft  $F$  an dessen Ende angreift.
- Um welchen Winkel  $\varphi$  verdrillt sich der Stab, bevor sich die Mutter löst?
  - Berechnen Sie den Weg  $s$ , den das Ende des Schlüssels, an dem die Kraft angreift, dabei zurücklegt!
- $l = 50 \text{ cm}$        $d = 1,0 \text{ cm}$        $r_S = 15 \text{ cm}$   
 $F = 100 \text{ N}$        $G = 8,3 \cdot 10^4 \text{ MPA}$

- 11.1.3. Ein Gummischlauch mit einer Länge von 50 cm hat einen Innendurchmesser von 1 cm. Der Schlauch wird so gedehnt, daß sich seine Länge um 10 cm vergrößert. Gesucht ist der innere Durchmesser des gedehnten Schlauches, wenn die Poissonsche Zahl für Gummi 0,5 ist.
- 11.1.4. Die relative Längenausdehnung eines Stabes sei  $\epsilon$ . Ermitteln Sie die Energie zur elastischen Deformation einer Volumeneinheit, wenn der JUNG-Modul (Elastizitätsmodul) des Materials  $E$  ist. Drücken Sie die gewonnene Größe mit der Normalspannung aus!
- 11.1.5. Der Spiegel eines Galvanometers ist an einem Draht mit der Länge  $l = 10$  cm und dem Durchmesser  $d = 0,01$  mm aufgehängt. Gesucht ist das Drehmoment, das den Ausschlag des Lichtflecks  $s = 1$  mm auf der Skala hervorruft, die um  $D = 1$  m vom Spiegel entfernt ist.  
(Schubmodul des Drahtes beträgt  $G = 4 \cdot 10^4$  N/mm<sup>2</sup>)
- 11.1.6. Ein Aluminiumstab rotiert um seine Mittelsenkrechte. Bei welcher Drehfrequenz  $f$  zerreißt der Stab?  
Stablänge  $l = 2$  m  
Dichte  $\rho_A = 2,7$  g/cm<sup>3</sup>  
Zerreißfestigkeit von Al:  $\sigma_B = 2,9 \cdot 10^2$  MPa



- 11.1.7. Die Enden eines Kupferrohres der Länge  $l = 400$  mm ruhen auf zwei Lagern. Der äußere und innere Rohrdurchmesser betragen  $D = 20$  mm bzw.  $d = 10$  mm. In der Mitte zwischen den Lagern hängt das Gewicht  $G = 900$  N. Der Elastizitätsmodul für Kupfer beträgt  $E = 10^5$  Nmm<sup>-2</sup>. Berechne die Durchbiegung  $\lambda$ .

#### Experimente:

- E 11.1. Wie kann man experimentell die Zerreißfestigkeit  $\sigma_B$  eines Materials ermitteln? Führen Sie das Experiment durch!
- E 11.2. Bestimmen Sie experimentell die Federkonstante und den Elastizitätsmodul eines zylindrischen Drahtes!

#### Zyklus 2:

- 11.2.1. Ein Geschoß fliegt mit der Geschwindigkeit  $v = 660$  ms<sup>-1</sup> im Abstand von 5 m an einem Mann vorbei. Wie weit ist das Geschoß von dem Mann entfernt, wenn er den Abschuiknall hört? (Schallgeschwindigkeit  $v_S = 340$  ms<sup>-1</sup>)
- 11.2.2. Berechne die Länge eines Fadens, dessen Schwingungsfrequenz auf das 1,5fache steigt, wenn man ihn um 10 cm kürzt!
- 11.2.3. Zwei Schallquellen senden in gleicher Phase sinusförmige Wellen aus. Gib die Bewegung eines Teilchens an, das sich im Abstand  $d_1$  bzw.  $d_2$  von den Schallquellen befindet!
- 11.2.4. Zwei Uhren sind für die Unruhfrequenz 2,0 Hz ausgelegt. Es wird beobachtet, daß die Schlaggerusche beider Uhren in Zeitabständen von etwa 200 s zusammenfallen und in der Zwischenzeit getrennt wahrnehmbar sind. Welche Gangdifferenz zwischen den Uhren entsteht im Laufe eines Tages?

- 11.2.5. Bei der Bildung von stehenden Wellen in einer Kundtschen Röhre werden in der Luftsäule 6 Bäuche beobachtet.

Wie groß ist die Länge der Luftsäule, wenn der

Stahlstab a) in der Mitte

b) am Ende

befestigt ist?

(Stablänge: 1 m

Schallgeschwindigkeit in Stahl:  $5200 \text{ ms}^{-1}$

in Luft:  $343 \text{ ms}^{-1}$ )

- 11.2.6. Der Schalldruckpegel  $L$  beträgt 40 dB. Gesucht sind die Amplitude des Schalldrucks und die Schallintensität. Als Hörschwelle eines Tones ist der Schallintensitätswert  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$  anzunehmen. (Die Amplitude des Schalldrucks bei der Hörschwelle beträgt  $\Delta p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ )

- 11.2.7. Gesucht ist die Frequenz des Grundtones

a) einer offenen Pfeife

b) einer geschlossenen Pfeife

#### Experimente:

- E 11.3. Erstellen Sie ein BASIC-Programm, mit dem man das  $y - t$  - Diagramm ( $x = \text{konst.}$ ) und das  $y - x$  - Diagramm ( $t = \text{konst.}$ ) einer Schwebung darstellen kann!

Die beiden Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  sollen dabei variable INPUT-Größen sein! (Beide Wellen sollen die gleiche Amplitude haben.)

Ermitteln Sie dann mit dem Computer, für welche Frequenzverhältnisse Schwebungen auftreten.

Stellen Sie mindestens 3 Schwebungen mit Angabe der Frequenzverhältnisse auf dem Bildschirm dar! (entweder  $x = \text{konst}$  oder  $t = \text{konst.}$ )

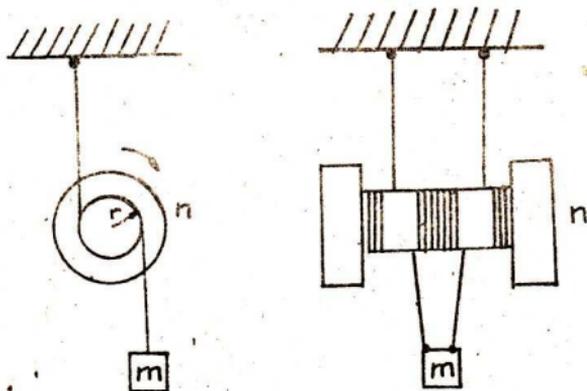
Zyklus 3:

- 11.3.1. Nach dem Ausschalten eines Elektromotors wird beobachtet, daß sich die Drehfrequenz in  $t_1 = 15$  s von  $f_0 = 48$  s<sup>-1</sup> auf  $f_1 = 24$  s<sup>-1</sup> verkleinert. Es wird angenommen, daß sich die Winkelgeschwindigkeit des Motors nach dem Gesetz  $\omega = \omega_0 \cdot e^{-\lambda t}$  verändert.

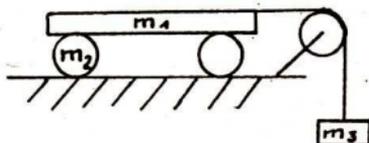
Die für den Vorgang maßgebende Konstante  $\lambda$  und die Anzahl der Umdrehungen bis zum Stillstand sind zu bestimmen.

- 11.3.2. Um die Achse einer Rolle der Masse  $M$  sind zwei Fäden gewickelt. Die Enden dieser Fäden sind an einer Aufhängung befestigt. Das Trägheitsmoment der Rolle sei  $I$ . An zwei weiteren Fäden, die ebenfalls um diese Rolle gewickelt sind, hängt die Masse  $m$ .

Berechnen Sie die Spannungen  $F_1$  und  $F_2$  in den Fäden!



- 11.3.3. Die Abbildung zeigt einen Wagen mit vier Rädern auf einer waagerechten Fläche. Der Wagenkasten habe die Masse  $m_1 = 1,4 \text{ kg}$ , jedes Rad die Masse  $m_2 = 400 \text{ g}$ . An der Wagenvorderkante ist ein Seil befestigt. Dieses Seil wird über eine Rolle am Rand der Fläche geführt. Das Gewicht der am anderen Seilende befestigten Masse  $m_3 = 500 \text{ g}$  erteilt dem Wagen eine Beschleunigung  $a$ . Berechnen Sie die Beschleunigung des Wagens, wenn die Räder nicht gleiten und keine Rollreibung auftritt.



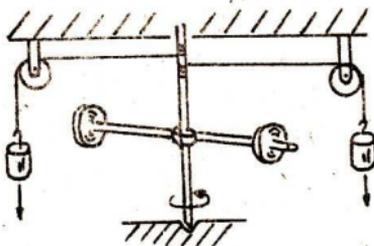
- 11.3.4. Auf zwei waagerechten Holzbalken liegt ein starrer Vollzylinder der Masse  $m$ . Sein Radius sei  $r$ . Um ihn ist ein Seil geschlungen, an dessen Ende eine Kraft  $F$  wirkt. Diese Kraft sei halb so groß wie das Gewicht des Zylinders. Wie groß ist die horizontale Beschleunigung des Zylinders? Wie groß muß mindestens die Reibungszahl sein, damit der Zylinder rollt, ohne zu gleiten? Die Zylinderachse bilde mit dem Balken einen rechten Winkel. Die Kraftrichtung und der Zylinderschwerpunkt liegen in einer vertikalen Ebene, die den Abstand zwischen den Balken halbiert.
- 11.3.5. Ein Schwungrad der Masse  $m = 25 \text{ kg}$  und vom Trägheitsradius  $i = 0,2 \text{ m}$  läuft reibungslos auf einer Achse mit  $f = 1000/\text{min}$ . Ein Rad vom Trägheitsmoment  $J_K = 2,2 \text{ kgm}^2$  wird angekoppelt. Welche Frequenz stellt sich ein, wenn kein äußeres Moment wirkt? Welche kinetische Energie geht verloren?

- 11.3.6. Ein  $l = 5 \text{ m}$  langer Balken ruht  $e = 10 \text{ cm}$  seitwärts vom Schwerpunkt auf einer Schneide. Drückt man den leichteren Teil gegen den Boden, so hebt sich das andere Ende um  $h = 30 \text{ cm}$ . Welche Zeit braucht der Balken, um wieder in die Ausgangslage zurückzukippen?
- 11.3.7. Ein aufrecht stehender Stab der Masse  $m$  trägt am oberen Ende ein punktförmig zu denkendes Gewichtstück der gleichen Masse  $m$ . Wie lang ist der Stab, wenn sein Endpunkt beim Umfallen mit der Geschwindigkeit  $v = 3 \text{ m/s}$  auf den Boden trifft?

Experimente:

- E 11.4. Bestätigen Sie experimentell folgende Formeln mit der vorgegebenen (oder ähnlichen) Experimentieranordnung!

$$\ddot{\varphi} = \frac{Ma}{J_a} ; \dot{\varphi} = \frac{Ma}{J_a} \cdot t ; \varphi = \frac{Ma}{J_a} \cdot \frac{t^2}{2}$$



- E 11.5. Ermitteln Sie experimentell die Abhängigkeit der Schwingungsdauer eines physischen Pendels von seiner reduzierten Pendellänge!

#### Zyklus 4

- 11.4.1. Für kosmische Fernverbindungen nutzt man Sputniks mit einem Volumen von  $1000 \text{ m}^3$ , die mit Luft gefüllt sind (im Sputnik herrschen dann Normalbedingungen). Ein Meteorit durchschlägt den Flugkörper und hinterläßt ein Loch mit dem Querschnitt  $A = 1 \text{ cm}^2$ . Bestimmen Sie die Zeit, nach der der innere Luftdruck des Sputniks sich auf 1 % geändert hat. Die Temperatur des Gases wird als unverändert angenommen.
- 11.4.2. Welcher Teil der Sauerstoffmoleküle hat bei  $0^\circ \text{ C}$  eine Geschwindigkeit zwischen  $100 \text{ m/s}$  und  $110 \text{ m/s}$ ?
- 11.4.3. PERRIN fand experimentell die Größe der AVOGADROschen Zahl, indem er mit Hilfe eines Mikroskops die Konzentrationsverschiebung schwebender Gummigutteilchen bei veränderlicher Höhe beobachtete und die barometrische Höhenformel anwandte. Bei einem seiner Versuche fand Perrin, daß beim Abstand zweier Schichten von  $100 \mu\text{m}$  die Zahl der schwebenden Gummigutteilchen in einer Schicht doppelt so groß war wie in der anderen. Die Temperatur des Gummiguts betrug  $20^\circ \text{ C}$ . Die Gummigutteilchen mit einem Durchmesser von  $0,3 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$  schwebten in einer Flüssigkeit, deren Dichte um  $0,2 \text{ g/cm}^3$  kleiner war als die Dichte der Teilchen. Gesucht ist mit Hilfe dieser Angaben die Größe der AVOGADROschen Zahl.
- 11.4.4.  $0,5 \text{ kmol}$  eines realen Gases nehmen das Volumen  $V_1 = 1 \text{ m}^3$  ein. Bei der Ausdehnung des Gases auf das Volumen  $V_2 = 1,2 \text{ m}^3$  wird die Arbeit  $W = 5,690 \text{ kJ}$  gegen die Wechselwirkungskräfte der Moleküle verrichtet.

Gesucht ist für dieses Gas die in die van-der-Wealsche Gleichung eingehende Konstante  $a$ .

- 11.4.5. Die Pumpenleistung  $K$  ist das Gasvolumen, das pro Sekunde bei dem gerade vorhandenen Druck die Pumpe durchströmt.  $K$  ist eine Funktion des Drucks. Bestimme den Druck  $p$  in einem zu evakuierenden Gefäß, wenn  $K$  konstant ist und die Pumpe mit dem Gefäß durch eine Kapillare der Länge  $l$  vom Durchmesser  $D$  verbunden ist. Die mittlere Weglänge der Gasmoleküle sei groß im Vergleich mit  $D$ . Nach KNUDSEN gilt dann für die Masse des Gases, das die Kapillare durchströmt:  $(p_1 - p_2)/w$ .  $p_1$  und  $p_2$  sind die Drücke an den Kapillarenden.

$$w = 2,18 \cdot 10^4 \cdot \left( \frac{l}{D^3} \right) \cdot \sqrt{\frac{T}{M_R}}$$

$T$  - absolute Temperatur des Gases

$M_R$  - relative Molekülmasse des Gases

Alle Größen werden in cgs-Einheiten angegeben.

- 11.4.6. In einem Elektrovakuengerät befindet sich eine reine Wolframkatode in einem großen Kolben, der Reste von Sauerstoff mit einem Druck von  $p = 10^{-2}$  Pa und einer Temperatur von  $T = 300$  K beinhaltet. Unter der Annahme, daß jedes Molekül, das auf die Katode trifft, auf ihr haften bleibt, ist die Zeit der Bildung einer monomolekularen Schicht zu bestimmen. Die Moleküle können als Kugeln mit einem Durchmesser von  $d = 3 \cdot 10^{-8}$  cm angesehen werden. Die molare Masse von Wolfram beträgt  $M = 0,184$  kgmol $^{-1}$ .
- 11.4.7. Der Raum zwischen den Wänden einer Thermosflasche wurde bei Zimmertemperatur bis zu einem Druck  $p = 10^{-2}$  Pa ausgepumpt. Bestimmen Sie die Zeit, in der Tee von  $90^\circ\text{C}$  auf  $70^\circ\text{C}$  in der Thermosflasche abkühlt!

Oberfläche des Thermoskolbens:  $600 \text{ cm}^2$

Fassungsvermögen: 1 l

spezifische Wärmekapazität des Wassers:

$4,2 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

universelle Gaskonstante:  $R = 8,3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Der Temperaturverlust durch den Korken wird nicht berücksichtigt.

### Experimente:

- E 11.6. Bestimmen Sie den Temperaturkoeffizienten des Luftdrucks!  
Geräte und Materialien:  
- Gesthermometer  
- Wasserwanne  
- Quecksilberthermometer  
- Barometer
- E 11.7. Bestimmen Sie die universelle Gaskonstante, indem Sie folgende Materialien verwenden:  
Manometer, einen Kolben mit bekanntem Volumen, Wägesatz, Barometer; Vakuumpumpe, die Luft bis zum Druck von 10 mm Hg-Säule auspumpen kann.  
Die relative Molekülmasse der Luft beträgt 29.

### Zyklus 5

- 11.5.1. Welche Masse hat ein Körper aus Kalzium, dessen Stoffmenge 2,5 mol beträgt?
- 11.5.2. Wieviele Elementarzellen gibt es im NaCl-Kristall, der das Gewicht von 10 g hat?
- 11.5.3. Berechnen Sie die Anzahl der Atome in  $1 \text{ cm}^3$  Blei! Die Elementarzelle des Bleis ist ein flächenzentrierter Würfel.
- 11.5.4. Berechnen Sie die Gitterkonstante von Eisen und Nickel, wenn die Dichte von Eisen  $7,86 \text{ g cm}^{-3}$  und von Nickel  $8,9 \text{ g cm}^{-3}$  beträgt! Eisen hat bei  $20^\circ \text{ C}$  ein raumzentriertes und Nickel ein flächenzentriertes kubisches Gitter.

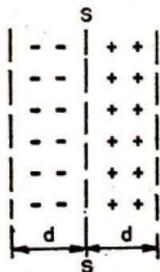
- 11.5.5. Die Drahtwendel einer Glühlampe 220 V/40 W besteht aus einem Wolfrämdraht, der 0,024 mm stark und 76 cm lang ist.  
Wie groß ist der Widerstand der Wendel bei Zimmer-temperatur ( $20^{\circ}\text{C}$ ) und im glühenden Zustand bei  $2300^{\circ}\text{C}$  ( $\beta = 10^{-6}\text{K}^{-2}$ ) ?
- 11.5.6. Bei welcher Temperatur verdoppelt sich der Widerstand eines Platindrahtes ( $\alpha_0 = 20^{\circ}\text{C}$ ) ?
- 11.5.7. Zur Bestimmung des Temperaturkoeffizienten wird ein Widerstand aus Draht in einem Ölbad um 75 K erwärmt. Dabei erhöht sich sein Widerstand um 50 %. Aus welchem Stoff besteht der Draht?

### Zyklus 6:

- 11.6.1. Zwei Protonen und zwei Positronen, die sich zuerst in Ruhe in den Eckpunkten eines Quadrats befinden, fliegen auseinander. Ihr Massenverhältnis beträgt  $M/m = 2000$ , wobei ihre Ladungen gleichartig sind. Finden Sie das Verhältnis der Geschwindigkeiten von Protonen und Positronen nach dem Auseinanderfliegen (im Unendlichen)!

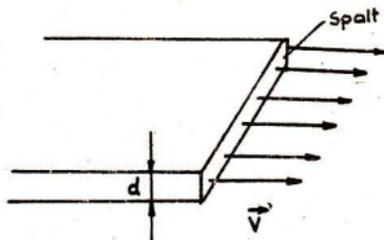


- 11.6.2. In einem homogenen Plasma mit der Ladungskonzentration  $n$  (Anzahl der Ladungen jedes Vorzeichens pro Volumeneinheit) verschieben sich alle Elektronen, nachdem sie sich ursprünglich in einer Schicht der Dicke  $d$  befanden, längs der Normalen zu dieser Schicht auf den Abstand  $d$ . Ermitteln Sie die Spannung des elektrischen Feldes in den Punkten der Ebene S!



- 11.6.3. Geladene Kugeln mit einheitlicher Masse, die im Abstand  $l$  zueinander angeordnet sind, läßt man los (ohne Anfangsgeschwindigkeit). Nach der Zeit  $t$  hat sich ihr Abstand zueinander verdoppelt. Nach welcher Zeit hat sich der Abstand dieser Kugeln zueinander verdoppelt, wenn sie mit einem Anfangsabstand  $3l$  losgelassen werden?

- 11.6.4. Ein gerichteter Strom von Elektronen fliegt aus einem schmalen langen Spalt mit einer Geschwindigkeit  $v = 10^5$  m/s (Abb.). Die Konzentration der Elektronen im Strom beträgt  $n = 10^{10}$  Teilchen/m<sup>3</sup>. In welchem Abstand vom Spalt hat sich die Dicke des Strahles auf das Doppelte vergrößert?  
 Masse des Elektrons:  $m = 9 \cdot 10^{-31}$  kg  
 Ladung des Elektrons:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C  
 elektrische Feldkonstante:  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  F/m



- 11.6.5. In ein sehr starkes Magnetfeld fällt ein Ring hinein. Sein Durchmesser beträgt  $d$  und sein Widerstand  $R$ . Die Ringfläche ist die gesamte Zeit waagrecht.  
Ermitteln Sie die sich einstellende Fallgeschwindigkeit des Ringes, wenn der Induktionsvektor  $\vec{B}$  des Magnetfeldes sich mit der Stärke  $H$  nach dem Gesetz  $|\vec{B}| = B_0 (1 + \alpha H)$  ändert.
- 11.6.6. Bei welcher Temperatur geht von thoriertem Wolfram die gleiche spezifische Emission aus wie von reinem Wolfram bei  $T = 2500 \text{ K}$ ? Die Emissionskonstante beträgt für reines Wolfram  $B = 60 \cdot 10^4 \text{ A/(m}^2\text{K}^2)$  und für thoriertes Wolfram  $B = 3 \cdot 10^4 \text{ Am}^{-2}\text{K}^{-2}$ .
- 11.6.7. Die Länge des Eisenkerns einer Ringspule beträgt  $l_k = 1 \text{ m}$ , die Breite seines Luftspalts  $l_s = 3 \text{ mm}$ . Die Anzahl der Windungen der Spule beträgt  $N = 2000$ . Ermitteln Sie die magnetische Feldstärke  $H$  im Luftspalt, wenn durch die Wicklungen ein Strom von  $1 \text{ A}$  fließt.

#### Experimente:

- E 11.8. Ermitteln Sie experimentell die Abhängigkeit des Widerstandes eines Thermistors von seiner Temperatur! Fertigen Sie ein entsprechendes Diagramm an!  
Geräte und Materialien:  
Thermistor, Gefäß mit Wasser, elektrische Kochplatte, Spannungs- und Strommesser, Thermometer.
- E 11.9. Bestimmen Sie experimentell die FARADAYsche Konstante!  
Geräte und Materialien:  
Strommesser, Spannungsquelle, Widerstand, Stoppuhr, Wägesatz, Elektrolysewanne, Kupfersulfat ( $\text{CuSO}_4$ )

- E 11.10. Bestimmen Sie die Dielektrizitätskonstante eines Dielektrikums (Ölpapier)!
- Geräte und Materialien:  
Ölpapier zwischen zwei Lagen aus Metallfolien,  
Spannungsmesser bis 300 V, Strommesser (mA) mit  
einem vernachlässigbar kleinem Innenwiderstand,  
Lineal, Mikrometer, Glasrohr, Spannungsquelle  
(220 V Netzspannung), Leitungen.