

# Klausurensammlung

## Physik

*WS 96/97, 1. Klausur, SoSe 97, 1.+2. Klausur  
WS 97/98, 1.+2. Klausur, SoSe 98 1.+2. Klausur  
WS 98/99 1.+2. Klausur, SS99 1.+2. Klausur  
WS 99/00 1.+2. Klausur SS00 1+2 Klausur*

**Alle Klausurensammlungen benötigen EURE Mitarbeit !!!  
IHR müßt uns EURE ALTKLAUSUREN ins FS-Büro  
bringen (wenn mögl. bitte mit Lösung) !!!  
Nur so könnt IHR jedes Semester  
aktuelle Klausuren bekommen !!!**



*„Breite Liste Gesundheit“  
Fachschaft Medizin  
„Liste AStA und Fachschaften“*



# SEKTION PHYSIK DER LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Physikpraktikum für Mediziner WS 1996/97

1. Klausur Mittwoch, den 11.12.1996 ab 18.30; Abz: 70 Minuten

- 1) Welches sind die gesetzlich eingeführten (SI-) Basiseinheiten des internationalen Einheitensystems?
- 2) Ein Omnibus durchfährt eine Kurve vom Krümmungsradius 50m mit 60km/h. Wieviele Prozent der Erdbeschleunigung beträgt die Radialbeschleunigung? Wie groß ist die Zentrifugalkraft, die auf eine Fahrergästin von 90 kg wirkt?
- 3) Beim senkrechten Abschluß einer Pistole (nach oben) tritt ein Kraftstoß von 0,20 Ns auf. Wie hoch über dem Abschußniveau liegt der obere Umkehrpunkt des Geschosses von 5g Masse?
- 4) Zeigen Sie algebraisch, wie in der Vorlesung, daß der Impulserhaltungssatz in der Form: "Die Summe aller Impulsänderungen bei einem Stoß ist = 0" eine direkte Folge des dritten Newtonschen Gesetzes ist!
- 5) Hängt man an eine Spiralfeder ein Massestück von 100g, so wird sie um 16cm verlängert. Wie groß ist die dabei in der Feder gespeicherte elastische Deformationsenergie?
- 6) Der Druckabfall längs einer laminar durchströmten 20cm langen Röhre vom Durchmesser 3mm beträgt 10 hPa. Berechnen Sie die Viskosität der Flüssigkeit, in SI-Einheiten, wenn in 5 Minuten 160 ml durch die Röhre geflossen sind. Hagen-Poiseuille-Gesetz:

$$V = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \eta l} t$$

- 7) Welche physikalischen Größen kennzeichnen eine "Schwingung"; welche eine "Welle"? Welcher Unterschied besteht zwischen transversalen und longitudinalen Wellen? Geben Sie je ein bekanntes Beispiel für letztere an!

- 8) Ein Lichtstrahl fällt unter dem Winkel 30° zum Lot auf eine ebene Glasfläche. Wie groß ist der Winkel zwischen Strahl und Lot im Medium, wenn dort die Phasengeschwindigkeit  $2 \cdot 10^8$  m/s beträgt?

- 9) Was versteht man unter den "Normalbedingungen" eines idealen Gases? Geben Sie die Zahlenwerte (in SI-Einheiten) an. Berechnen Sie mit ihrer Hilfe den Wert der allgemeinen Gaskonstante für 1 kmol Gas. Der Rechenweg muß schlüssig und nachvollziehbar sein. (Der auswendig gelernte Zahlenwert wird mit 0 Punkten quittiert!)
- 10) Der Im lange Schleifdraht bei einer Poggendorffschen Kompensationschaltung hat den Querschnitt 1mm<sup>2</sup>. Der spezifische Widerstand des Silberdrahtes, der hierzu leichtsinngemäÙe verwendet wurde, ist  $1,5 \cdot 10^{-8}$  Ωm. Welche Potentialdifferenz besteht zwischen zwei Punkten des Drahtes, die 17 cm voneinander entfernt sind, wenn dieser von 200mA durchflossen wird?

1. Länge (m), Masse (kg), Zeit (s), Temperatur (K), Stromstärke (A), Stoffmenge (mol), Lichtstärke (Candela)

$$2. \quad a = \frac{r}{v^2} \Rightarrow a = \frac{50 \frac{m}{s}}{(16,7 \frac{m}{s})^2} = 5,56 \frac{m}{s^2} \quad \underline{\underline{a = 56,7\%}}$$

$$F = ma \Rightarrow F = 90 \text{ kg} \cdot 5,56 \frac{m}{s^2} = 500 \text{ N} \quad \underline{\underline{\quad}}$$

$$3. \quad p = mv \Rightarrow v = \frac{p}{m} \Rightarrow v = \frac{0,20 \text{ N}}{0,005 \text{ kg}} = 40 \frac{m}{s}$$

$$mgh = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow h = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow h = \frac{(40)^2}{2 \cdot 9,81} \text{ m} = 81,5 \text{ m} \quad \underline{\underline{\quad}}$$

$$4. \quad F_1 = F_2 \Rightarrow m_1 \frac{\Delta v_1}{\Delta t} = -m_2 \frac{\Delta v_2}{\Delta t} \Rightarrow m_1 \cdot \Delta v_1 + m_2 \cdot \Delta v_2 = 0 \quad \underline{\underline{\quad}}$$

$$5. \quad F = D \cdot s \Rightarrow D = \frac{F}{s} = \frac{m \cdot g}{s} \Rightarrow D = \frac{0,1 \cdot 9,81 \text{ N}}{0,16 \text{ m}} = 6,13 \frac{N}{m}$$

$$W = \frac{1}{2} D s^2 \Rightarrow W = \frac{1}{2} \cdot 6,13 \frac{N}{m} \cdot (0,16 \text{ m})^2 = 0,078 \text{ J} \quad \underline{\underline{\quad}}$$

$$6. \quad l = 0,2 \text{ m}; \quad r = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}; \quad \Delta p = 1000 \text{ Pa}; \quad t = 300 \text{ s}; \quad V = 160 \text{ cm}^3 = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V = \frac{8 \pi r^3 \Delta p}{\pi r^4 \Delta p} \cdot t \Rightarrow n = \frac{8 V l}{\pi r^4 \Delta p} \cdot t \Rightarrow n = \frac{8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-4} \cdot 0,2}{3,14 \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^4 \cdot 1000} \cdot 300 = 0,02 \quad \underline{\underline{\quad}}$$

7. Schwingung: Amplitude, Schwingungsdauer (Frequenz)

Welle: Amplitude, Wellenlänge (Frequenz), Ausbreitungsgeschwindigkeit

transversal: Auslenkung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung  
z.B. elektro-magnetische Wellen oder Wasseroberfläche

longitudinal: Auslenkung parallel zur Ausbreitungsrichtung  
z.B. Schall in Gasen, Dichteschwankungswellen

$$8. \quad n = \frac{v}{c} \Rightarrow n = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^8} = 1,5$$

$$1,5 \cdot \sin \alpha = 1,0 \cdot \sin 30^\circ \Rightarrow \sin \alpha = \frac{\sin 30^\circ}{1,5} = 0,333 \Rightarrow \alpha = 19,5^\circ \quad \underline{\underline{\quad}}$$

$$9. \quad T = 0^\circ \text{C} = 273 \text{ K}; \quad P = 1013 \text{ hPa} = 101300 \text{ Pa}; \quad V = 22,4 \text{ m}^3; \quad n = 1 \text{ kmol}$$

$$pV = nRT \Rightarrow R = \frac{pV}{nT} = \frac{101300 \cdot 22,4}{1 \cdot 273} \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{kmol}} = 8312 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{kmol}} \quad \underline{\underline{\quad}}$$

$$10. \quad R = \rho \cdot \frac{q}{l} \Rightarrow R = 1,5 \cdot 10^{-8} \frac{\Omega \text{ m}}{0,17 \text{ m}} \cdot \frac{10^{-6} \text{ m}^2}{2,55 \cdot 10^{-3} \Omega} = 2,55 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$\Delta \Phi = U = R \cdot I = 2,55 \cdot 10^{-3} \Omega \cdot 0,2 \text{ A} = 5,1 \cdot 10^{-4} \text{ V} \quad \underline{\underline{\quad}}$$



# SEKTION PHYSIK DER LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Physikpraktikum für Mediziner SS 1997

1. Klausur Mittwoch, den 11.06.1997 ab 18.30; Abz: 70 Minuten

- 1) Geben Sie je 4 Beispiele physikalischer Größen an, die Skalare, bzw. Vektoren sind.
- 2) Laut unserer Arbeitsunterlagen zum Versuch Viskosität (S.29) kann man den Stromungswiderstand  $R$  einer Röhre der Länge  $\ell$  und mit dem Radius  $r$  nach dem Hagen-Poiseulleschen Gesetz folgendermaßen angeben:  
$$R = 8 \eta \ell / \pi r^4$$
Bestimmen Sie die Funktion  $dR/dr$ , die angibt, wie stark sich  $R$  bei unterschiedlichen Radien  $r$  ändert.
- 3) Um die "Wucht" des Frontalaufpralls eines PKW mit der Ortsgeschwindigkeit 50 km/h an einem Brückenpfeiler in einem Verkehrssicherseminar zu illustrieren, soll der Unfall mit dem freien Fall aus entsprechender Höhe verglichen werden. Bestimmen Sie diese Fallhöhe!
- 4) Welche Zentrifugalkraft empfindet eine Person von 65kg auf einem Karussell, wenn sie sich 9m von der Drehachse entfernt befindet, und das Gerät 7 Umdrehungen pro Minute ausführt?
- 5) Ein Astronaut von 72kg wird beim senkrechten Start eines space-shuttle der fünffachen Erdbeschleunigung ausgesetzt. Welche Kraft drückt ihn dabei in den Sitz und welche Geschwindigkeit hat er nach 1,5 Minuten erreicht?
- 6) Eine Aorta erhält aufgrund Verkalkung mit der Zeit einen um 10% geringeren Radius. Um wieviele Prozent wird der Durchfluß bei sonst gleichen Bedingungen (insbesondere gleichem Druckgefälle) dadurch reduziert?  
-Formelhilfe, siehe Aufgabe 2. -
- 7) Kann man ein virtuelles Bild fotografieren? - Begründen Sie Ihre Antwort physikalisch! (Nur diese Begründung wird punktemäßig gewertet!)
- 8) Ein Lichtstrahl trifft auf eine Kristalloberfläche und wird so reflektiert, daß der entsprechende Teilstrahl dabei einen Winkel von  $65^\circ$  mit dem Flächenlot bildet. Der gebrochene Teilstrahl im Kristall bildet einen Winkel von  $22^\circ$  mit dem Lot. Wie groß ist die Phasengeschwindigkeit des Lichts im Kristall? Unter welchem Winkel müßte der Strahl reflektiert werden, damit er optimal linear polarisiert wird? (Vakuumlichtgeschwindigkeit:  $3 \cdot 10^8$  m/s)
- 9) Ein Widerstand von  $15 \Omega$  und ein 3m langer Eisendraht wurden elektrisch miteinander "parallel" verlötet. Legt man 4V Spannung an die Enden dieser Parallelschaltung, so fließt ein Gesamtstrom von 800mA. Wie groß ist die Querschnittsfläche des Drahtes? (Spez. Widerstand von Eisen:  $8,71 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ )
- 10) Um den Wert des absoluten Temperaturnullpunkts numerisch zu bestimmen, führt man im Experiment eine isobare Zustandsänderung durch. Das verwendete ideale Gas (Luft) hatte bei  $0^\circ\text{C}$  ein Volumen von  $100\text{cm}^3$ . Bei der Temperatur des kochenden Wassers ( $100^\circ\text{C}$ ) waren es dagegen  $138\text{cm}^3$ . Welchen Wert in Celsiusgraden liefert dieses Experiment?

# PHYSIKLÖSUNGEN

## 1. KLAUSUR SS 97

1) Skalare: Masse, Zeit, Strecke, Fläche, Volumen, Dichte, ...

Vektoren : Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft,

Gewicht, Impuls, ...

2)

$$R = \frac{8 \eta l}{\pi r^4} = \frac{8 \eta l}{\pi} r^{-4} \quad \frac{dR}{dr} = -\frac{8 \eta l}{\pi} 4 r^{-5}$$

3) 50 km/h = 13,9 m/s ;  $v = gt \rightarrow$  Fallzeit  $t = v/g = 1,42$  s

Fallhöhe:

$$h = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} 9,81 (1,42)^2 m = 9,8 m$$

4) Umlaufdauer : 60/7 s = 8,57 s ;

Bahngeschwindigkeit : Zentrifugalkraft :

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi * 9 m}{8,57 s} = 6,6 \frac{m}{s} \quad F = \frac{mv^2}{r} = \frac{65 \cdot (6,6)^2}{9} N = 314 N$$

5)  $F = ma = 72 * (5 * 9,81) N = 3532 N$

Nur 4g beschleunigen !!  $v = 4 gt = 3532$  m/s

6) Die Durchflussmengen verhalten sich wie die  $r^4$ -Werte!

$$\frac{r^4 - (0,9r)^4}{r^4} = \frac{1 - 0,9^4}{1} = 0,3439 \Rightarrow 34,39\% \text{weniger}$$

7) JA, man sieht ja auch virtuelle Bilderz.B. sein eigenes Spiegelbild und man kann sich selbst im Spiegel fotografieren.

8) Einfallswinkel = Reflexionswinkel

$$n = \frac{\sin 65}{\sin 22} = 2,42$$

$n = c/v \rightarrow v = c/n = 3 * 10^8 / 2,42$  m/s =  $1,24 * 10^8$  m/s

Brewsterwinkel :  $\text{tg} \alpha_B = n \rightarrow \alpha = \text{ca } 67^\circ$

9)

$$R = \frac{4}{0,8} = 5\Omega \quad \frac{1}{5} = \frac{1}{R_x} + \frac{1}{15} \Rightarrow \frac{1}{R_x} = \frac{1}{5} - \frac{1}{15} = \frac{2}{15} \Rightarrow R_x = 7,5\Omega$$

$$A = \frac{\rho l}{R} = \frac{8,71 \cdot 10^{-8} \cdot 3}{7,5} m^2 = 3,5 \cdot 10^{-8} m^2 = 0,035 mm^2 \Rightarrow \text{Drahtdichte} \approx 0,2 mm$$

10)  $v = v_0 (1 + \alpha T_0)$  ;  $\alpha = (v / v_0 - 1) / T_0 = (138/100 - 1) / 100 = 0,0038$  ;

(vergleiche Arbeitsunterlagen  $1/\alpha = 263$ , d.h.  $T_c = -263^\circ C$ )

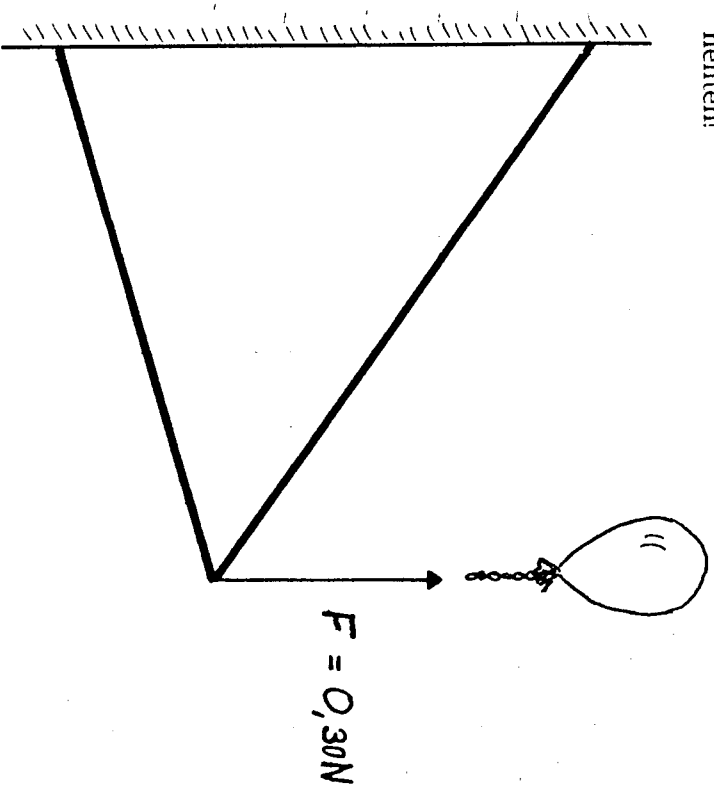
2. Klausur; Mittwoch, den 16.07.1997; ab 18.30; Abz: 70 Min

- 1) An einer Schraubenfeder der Federhärte 2 N/m hängt ein Massestück von 50g, das harmonische Schwingungen ausführt. Nun hängt man das Massestück an einen Faden, und läßt es (mit kleinen Ausschlägen) pendeln. Wie lang muß der Faden sein, damit die Schwingungsdauer dieselbe wird?
- 2) Läßt man einen Stein von 250g auf dem Mars aus 3 m Höhe frei fallen, so erreicht er den Boden nach 1,26s. Wie groß ist seine Lageenergie in 3 m Höhe?
- 3) Wieviele Atome  $^{238}\text{U}$  befinden sich in einem 2 mg -Präparat? Wieviele Kerne dieses Präparats zerfallen in einem Jahr, wenn die Halbwertszeit von  $^{238}\text{U}$   $4,5 \cdot 10^9$  a beträgt?
- 4) Wie groß muß die Beschleunigungsspannung in einer Röntgenröhre sein, damit man eine Grenzwellenlänge von 0,1 nm erreicht? Wie ändert sich die Wellenlänge quantitativ, wenn man diese Spannung auf den doppelten Wert erhöht?
- 5) Warum sind Verbrennungen durch Wasserdampf fast "10 mal" unangenehmer als die mit nur siedendem Wasser?
- 6) In einer Fernsehröhre durchläuft ein Elektron die Beschleunigungsspannung 1,2 kV. Wie groß wird seine kinetische Energie danach ausgedrückt in "Elektronvolt (eV)" ?
- 7) Die numerische Apertur eines Mikroskopobjektivs ist n.A. = 0,63. Welchen kleinsten Abstand kann man bei Verwendung monochromatischen Lichts der Wellenlänge 550nm (gelb/grün) so gerade noch auflösen?

8) Wie kann man energetisch die Gleichgewichtslagen "stabil, labil, und indifferent" charakterisieren? Erläutern Sie Ihre Aussage anhand von Beispielen. Welcher Gleichgewichtslage entspricht das "Gehen", und warum?

9) Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit der Erde?

10) Übertragen Sie die folgende Zeichnung im Maßstab 1:1 auf Ihr Blatt und zerlegen Sie zeichnerisch die Zugkraft des Ballons in Komponenten in Richtung der Strangen der Halterung. Bestimmen Sie (mit Hilfe der Zeichnung) die numerische Größe dieser Komponenten!



Hilfsmittel: Taschenrechner (erforderlich)  
 Avogadrozahl:  $6,0 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$   
 Elementarladung:  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$   
 Plancksche Konstante:  $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

PHYSIKLÖSUNGEN

2. KLAUSUR SS 97

$$1) 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}; \frac{m}{D} = \frac{l}{g} \Rightarrow l = \frac{g \cdot m}{D} = \frac{9,81 \cdot 0,05}{2} m = 0,25 m;$$

$$2) s = \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 3}{(1,26)^2} = 3,78 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{pot} = mgh = 0,25 \cdot 3,78 \cdot 3 Nm = 2,83 J$$

$$3) 238 \text{ kg} \cong 6 \cdot 10^{26} \text{ Atome}; 2 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cong \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{26}}{238} = 5,0 \cdot 10^{18} \text{ Atome}$$

$$\left| \frac{\Delta N}{\Delta t} \right| = \lambda \cdot N; \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{4,5 \cdot 10^9} = 2,22 \cdot 10^{-10} s^{-1}$$

$$\lambda \cdot N = 2,22 \cdot 10^{-10} \cdot 5 \cdot 10^{18} = 1,1 \cdot 10^9 \text{ Atome / Jahr}$$

4) Bei 2U wird  $\lambda$  halb so groß, also 0,05nm

$$U \cdot e = h \cdot f; U = \frac{h \cdot f}{e} = \frac{h \cdot c}{\lambda \cdot e} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,1 \cdot 10^{-9} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 12431 V$$

5) Beim Kondensieren des Wasserdampfs wird die spez. Verdampfungsenergie frei (2256 J/g). Die Abkühlung von 100°C auf 30°C ist dagegen nur ca 300 J/g.

6) 1200eV

$$d_{min} = \frac{\lambda}{n \cdot A} = \frac{550 nm}{0,63} = 873 nm$$

8)  $W_{max}$  lokal = labil ;  $W$  = konstant = indifferent ;  $W_{min}$  = stabil



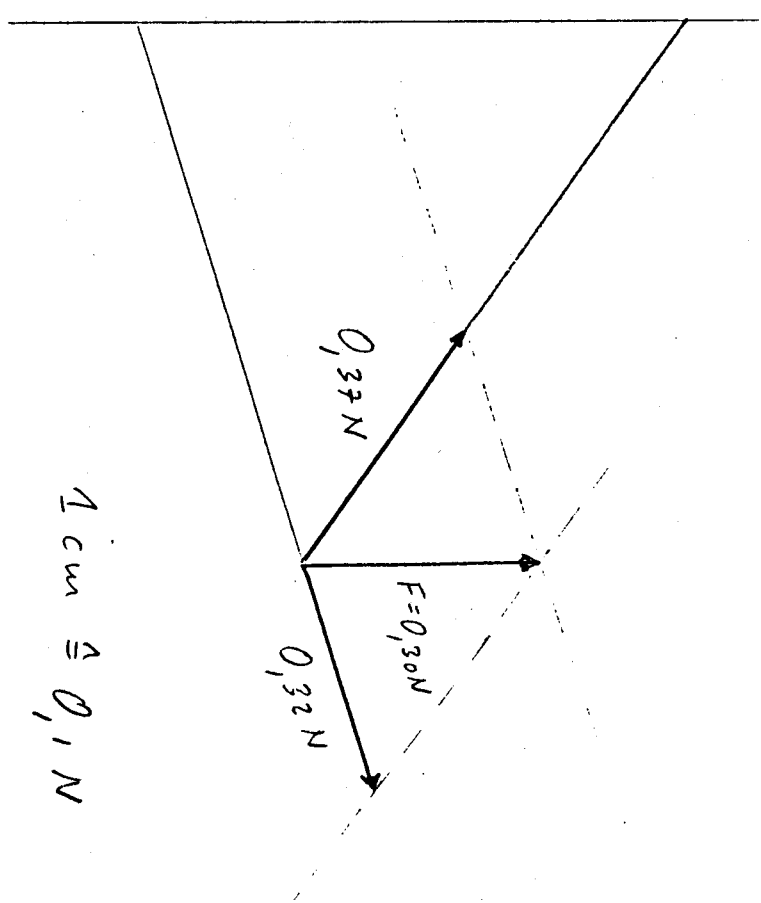
BLG 11/1997

Gehen = labiles Gleichgewicht, der Schwerpunkt befindet sich über dem „Aufhängepunkt“ (den Füßen!).

9)

$$W = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{24 \cdot 3600 s} = 7,27 \cdot 10^{-5} s^{-1}$$

10)





Physikpraktikum für Mediziner WS 1997/98

1. Klausur Mittwoch, den 10.12.1997 ab 18.30; Abz: 70 Min.

1) Was besagt (in Worten!) das zweite Newtongesetz der Mechanik. Die Erde wirkt mit ihrer Gravitationskraft anziehend auf den Mond ein. Trotzdem bleibt seine (mittlere) Bahngeschwindigkeit unverändert! Erklären Sie dieses Phänomen im Sinne des zweiten Newtongesetzes.

2) Taucht man ein enges Röhrchen mit Radius  $r$  in eine Flüssigkeit, die seine gesamte innere Oberfläche benetzt, so steigt die Flüssigkeit bis zur Höhe  $h$  an. Im Gleichgewichtszustand muß die Kraft, die die Flüssigkeitssäule aufgrund der Oberflächenspannung hochhält, gleich dem Gewicht dieser Säule sein. Zeigen Sie, daß  $h = 2 \sigma / r \rho g$  wird, wenn  $\rho$  = Dichte, bzw  $\sigma$  = Oberflächenspannung der Flüssigkeit ist.

3) ICF-Züge verkehren stündlich von München nach Frankfurt. Geben Sie diese ihre Frequenz in SI-Einheiten an.

4) Eine kleine Kugel der Masse 50g pendelt an einem Faden der Länge 1,5m. Wie groß ist ihre Geschwindigkeit im tiefsten Punkt der Bewegung und mit welcher Gesamtkraft zieht sie dort am Faden, wenn sie sich in den Umkehrpunkten jeweils 25cm über der Ruhelage befindet?

5) Warum sind "Kosmonauten" in der MIR-Station schwerelos?

6) Nach der kinetischen Gastheorie ist die absolute Temperatur (T) eines idealen Gases direkt proportional zur mittleren Bewegungsenergie der Molekeln. Berechnen Sie (genähert) die Geschwindigkeit von Heliumatomen in der Atmosphäre bei 20°C, wenn deren Masse  $6,67 \cdot 10^{-27}$  kg, und der Wert der Boltzmannkonstanten  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K beträgt.

7) Warum ist die spezifische Wärmekapazität eines idealen Gases gemessen bei konstantem Druck größer als jene, die bei konstantem Volumen bestimmt wird?

8) Wie groß ist der Grenzwinkel der Totalreflexion gegen Vakuum bei Glas, in dem die Phasengeschwindigkeit  $2 \cdot 10^8$  m/s beträgt?

9) Ein Voltmeter (auf Drehspulbasis) ist für maximal 300V konstruiert. Es wird dabei von 6 mA Strom durchflossen. Wie kann man das Gerät für Messungen von maximal 600V erweitern?

10) Welche physikalischen Größen kennzeichnen eine "Schwingung"; welche eine "Welle"? Welcher Unterschied besteht zwischen longitudinalen und transversalen Wellen? Geben Sie je ein bekanntes Beispiel aus der Physik für letztere an!

Hilfsmittel: Taschenrechner

1. KLAUSUR WS 97/98

LÖSUNG

1.  $\vec{F} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow$  Kraft = Masse \* Beschleunigung  
 Radialbeschleunigung => Kreisbewegung: Die Anziehungskraft der Erde wirkt senkrecht zur Bewegungsrichtung des Mondes  $\Rightarrow F = m \cdot \cos 90^\circ = 0$   
 2. Gleichgewichtszustand: Gewichtskraft = Hubkraft „am Rand“  
 $\Rightarrow \pi r^2 h \cdot \rho \cdot g = 2 \pi r \sigma \Rightarrow h = \frac{r \rho g}{2 \sigma}$  (s. Anleitungsheft S. 231)
3.  $f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{h} = \frac{1}{3600s} = 2,78 \cdot 10^{-4} s^{-1}$
4. geg:  $m = 0,050 \text{ kg}; r = 1,5 \text{ m}; h = 0,25 \text{ m}$   
 $mg h = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gh} \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,25 \text{ m}} = 2,2 \frac{m}{s}$   
 $F_r = \frac{m v^2}{r} \Rightarrow F_r = \frac{0,050 \text{ kg} \cdot (2,2 \frac{m}{s})^2}{1,5 \text{ m}} = 0,16 \text{ N}$   
 $F = F_r + F_g \Rightarrow F = 0,16 \text{ N} + mg = 0,16 \text{ N} + 0,05 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 0,16 \text{ N} + 0,49 \text{ N} = 0,65 \text{ N}$
5. Im System heben sich Schwerkraft und Zentrifugalkraft auf.
6.  $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{3}{2} k T \Rightarrow v = \sqrt{\frac{3 k T}{m}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \cdot 293 \text{ K}}{6,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}} = 1349 \frac{m}{s}$  (s. Anleitungsheft S. 90)
7.  $C_p > C_v$ , da Arbeit gegen den äußeren Druck verrichtet wird (s. Anleitungsheft S. 90-92)
8.  $n = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow n = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^8} = 1,5$   
 $1,5 \cdot \sin \alpha = 1,0 \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{1,5} = 0,667 \Rightarrow \alpha = 41,8^\circ$
9. Indem man einen Widerstand vorschaltet:  
 Innerer Widerstand des Voltmeters:  $R = \frac{U}{I} \Rightarrow R = \frac{300V}{0,006A} = 50000 \Omega$   
 Vorsichtwiderstand:  
 $U = (R + R_x) \cdot I \Rightarrow R_x = \frac{U}{I} - R \Rightarrow R_x = \frac{500V}{0,006A} - 50000 \Omega = 50000 \Omega$
10. Schwingung: Amplitude, Schwingungsdauer (Frequenz)  
 Welle: Amplitude, Wellenlänge (Frequenz), Ausbreitungsgeschwindigkeit  
 transversal: Auslenkung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung  
 z.B. elektro-magnetische Wellen oder Wasseroberfläche  
 longitudinal: Auslenkung parallel zur Ausbreitungsrichtung  
 z.B. Schall in Gasen, Dichteschwankungswellen



Physikpraktikum für Mediziner WS 1997/98

2. Klausur Mittwoch, den 11.02.1998 ab 18.30; Abz: 70 Min.

- 1) An eine Schraubenfeder wird ein Gewicht von 3N gehängt, wobei 0,09 J an Energie (durch Dehnung) in der Feder gespeichert werden. Wie weit wird die Feder bei dem Vorgang verlängert?
- 2) Fridolich will Eisbett oben auf dem Balkon eine Flaschenpost hochwerfen. Wie groß muß die Abwurfgeschwindigkeit unten mindestens sein, wenn die Flasche 9,81 Höhenmeter überwinden soll?
- 3) Durch welche drei Mechanismen können "ionisierende" Strahlen, wie Röntgen- und  $\gamma$ -Strahlen, Ionen in bestrahltem Gewebe erzeugen und damit Strahlenschäden verursachen? - Was passiert dabei jeweils?
- 4) Welche maximale Energie haben die Quanten der "Röntgenstrahlung", die von einer Fernsehröhre ausgehen, wenn diese mit der Beschleunigungsspannung 15 kV betrieben wird? Welcher Bruchteil der  $\gamma$ -Strahlungsenergie (in Prozent) von Cs137, nämlich:  $1,06 \cdot 10^{-13}$  J, ist das?
- 5) Die spezifische Verdampfungswärme von Wasser beträgt 2256 J/g. Wie lange (mindestens) braucht ein Tauchsieder der Leistung 300 W, bis er 300 ml kochendes Wasser "verköcht", dh. in Wasserdampf verwandelt hat?

6) Eine Spule und ein Kondensator haben die Induktivität 60 mH, bzw. die Kapazität 0,1  $\mu$ F. Bei welcher Frequenz haben sie denselben Wechselstromwiderstand?

7) Was ist die "optische Tubuslänge" beim Mikroskop?

8) Eine Linse habe eine Brennweite von knapp 10 cm, also deutlich kürzer als die Armlänge. Man hält die Linse nun mit gestrecktem Arm so, daß man ein weit entferntes Haus durch sie beobachten kann. Wie kann man aus dem Bild des Hauses, das man sieht, entnehmen, ob es sich um eine Sammel- oder eine Zerstreungslinse handelt?

9) Was "schwingt" bei einer elektromagnetischen Welle?

10) "Bayern V" sendet bei 90 MHz. Wie lang ist der (im Grundton schwingende) Sendedipol?

Hilfsmittel: Taschenrechner

Elementarladung:  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Cb

Lichtgeschwindigkeit:  $3 \cdot 10^8$  m/s

$$1. \quad \left. \begin{aligned} F &= 3N; & F &= D \cdot s \\ W &= 0,09J; & W &= \frac{1}{2} D s^2 \end{aligned} \right\} \Leftrightarrow 0,09J = \frac{1}{2} \cdot 3N \cdot s \Rightarrow s = \frac{1}{3} \cdot 0,06m = 0,02m \quad (=6cm)$$

$$2. \quad mgh = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gh} \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 9,81m} = 13,9 \frac{m}{s}$$

3. Photoeffekt: Ein Elektron wird aus einer äußeren Bahn „weggeschossen“  
 Componenteffekt: Ein Photon führt einen unelastischen Stoß mit einem quasi-freien Valenzelektron durch  
 Paarbildung: Ein Photon mit genügend hoher Energie ( $W=2m_0c^2$ ) zerfällt in Kernnähe in ein Elektron und ein Positron

$$4. \quad W = U \cdot e \Rightarrow W = 15000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} J = 2,4 \cdot 10^{-15} J; \quad \frac{2,4 \cdot 10^{-15} J}{1,06 \cdot 10^{-13} J} = 0,0226 = 2,3\%$$

$$5. \quad \text{benötigte Wärmemenge: } 300g \cdot 2256 \frac{J}{g} = 676800J$$

$$(300ml = 300g) \quad (J = Ws)$$

$$676800J \div 300W = 2256s = 37,6 \text{ Minuten}$$

$$6. \quad \frac{1}{LC} = \omega C = \omega \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega^2 = \frac{60 \cdot 10^{-3} H \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} F}{1} \Rightarrow \omega = 12910 \text{ Hz}$$

7. Die Distanz von der Brennebene des Objektivs bis zum Zwischenbild = Abstand der beiden einander zugekehrten Brennpunkte (auch Zeichnung möglich, s. Anleitung S. 137)

8. Das Bild ist in beiden Fällen verkleinert – bei der Sammellinse steht es auf dem Kopf, bei der Zerstreuungslinse steht es aufrecht

9. Die lokale elektrische & magnetische Feldstärke

$$10. \quad c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{90 \cdot 10^6 \frac{1}{s}} = 3,33m; \quad l = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow l = 1,67m$$

Physikpraktikum für Mediziner SS 1998

1. Klausur Mittwoch, den 10. 6. 1998, 18<sup>00</sup> Abz. 70 Min

- 1) Der Reifen eines Fahrrades dreht sich mit 268,5 Umdrehungen pro Minute. Wie schnell fährt das Fahrrad, wenn der Durchmesser des Reifens 28 Zoll beträgt? (1 Zoll = 2,54 cm).
- 2) Zwei Röhren gleicher Länge werden von Wasser bei gleichem Durchgefälle durchflossen. Wie verhalten sich die Durchflüßmengen (pro Sekunde), wenn die eine Röhre eine halb so große Querschnittsfläche besitzt wie die andere?
- 3) Hangt man an eine Schraubenfeder ein Massstück von 50g., so schwingt das System frei mit der Schwingungsdauer 0,7 Sekunden. Wie weit wird die Feder verlängert, wenn man das Massstück im statischen Zustand an die Feder hängt?
- 4) Erklären Sie anhand eines (vollständig beschrifteten) Phasendiagramms von Wasser, warum der Siedepunkt auf der Zugspitze niedriger liegt als in Garmisch-Partenkirchen am selben Tag.
- 5) Ermitteln Sie mit Hilfe der allgemeinen Gasgleichung die Benennung der Gaskonstanten  $R$  in SI-Einheiten.
- 6) Eine 4,5-Volt Batterie wird über einen 25  $\Omega$ -Widerstand kurzgeschlossen. Dabei mißt man einen Strom von 170 mA im Kreis. Wie groß ist der Innenwiderstand der Batterie und wie groß ist ihre Klemmenspannung bei diesem Versuch?
- 7) Ein optisches Gitter besitzt 300 "Striche" pro Millimeter. In wieviel Teilstrahlen wird ein Laserstrahl der Wellenlänge 488 nm hinter dem Gitter aufgefächert?

8) Bei einem PKW-Auffahrunfall auf einen stehenden Bus schlägt der Kopf von 4,5 kg des Fahrers mit 600 N gegen die Frontscheibe. Wie schnell war der PKW vor dem Zusammenstoß, wenn man eine "Kontaktzeit" von 0,2 s mit der Scheibe annimmt?

9) Die el. Stromstärke ist definiert als diejenige Ladungsmenge, die pro Sekunde den Leiterquerschnitt passiert. Warum führt man dann "1 Ampere" als SI-Einheit ein? - Es wäre doch viel logischer 1 Coulomb statt dessen als Grundeinheit zu definieren und das Ampere als "abgeleitete" Einheit zu betrachten, weil die "Sekunde" doch ohnehin schon zur Verfügung steht! -

10) Ein nasses "Wappert" von 1 g bleibt am Reifen in Aufg. 1 plötzlich kleben. Wie groß muß die Adhäsionskraft mindestens sein, damit es beim Fahren nicht sofort wieder weggeschleudert wird?

Hilfsmittel: Taschenrechner (erforderlich)

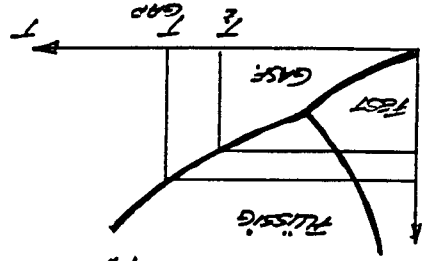
1)  $v = \frac{\lambda}{T} = v \cdot f$ ;  $U = \pi \cdot d = \pi \cdot 28 \cdot 254 \text{ cm} = 223 \text{ m}$   
 $f = 268,5 \text{ m}^{-1} = \frac{268,5}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 4,485 \text{ m}$   
 $\Rightarrow v = 2,23 \text{ m} \cdot 448 \text{ s}^{-1} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 36 \text{ km/h}$

2)  $v \sim r^4$  (vgl. HAGEN-POISEUILLE)  $\rightarrow v \sim (r^2)^2 \sim A^2$   
 QUERSCHNITTSFLÄCHE  $A = \pi r^2 \sim r^2$

$v_1/2 = (A_1/A_2)^2 = (1/2)^2 = 1/4$

3)  $m \cdot g = \rho \cdot x \rightarrow x = \frac{m \cdot g}{\rho} = \frac{3}{48 \frac{\text{m}}{\text{m}^3}} = 0,0625 \text{ m}$

$x = \frac{m \cdot g}{\rho \cdot T^2} = \frac{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,7^2 \text{ s}^2}{48 \frac{\text{m}}{\text{m}^3}} = 0,12 \text{ m} = 12 \text{ cm}$



4) HAGEN:  $\rho_{\text{gas}} > \rho_{\text{flüssig}}$   
 FOLGT AUS DEM PHASENDIAGRAMM:  
 $T_{\text{gas}} > T_{\text{sied}}$  (SIEDEPUNKTE)

5)  $pV = nRT + [p] = \frac{[\rho] \cdot [V]}{[\text{mol} \cdot \text{K}]} = \frac{[\text{mol} \cdot \text{K}]}{[\text{mol} \cdot \text{K}]} = \frac{[\text{mol} \cdot \text{K}]}{[\text{mol} \cdot \text{K}]} = 3$

6)  $U_{\text{KL}} = R \cdot I = 252 \cdot 0,174 = 4,25 \text{ V}$

$U_0 - U_{\text{KL}} = 4,5 \text{ V} - 4,25 \text{ V} = 0,25 \text{ V} = R_2 \cdot I \rightarrow R_2 = \frac{0,25 \text{ V}}{0,174 \text{ A}} = 1,43 \Omega$

7)  $\sin \alpha = \frac{d}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{d}{\sin \alpha} = \frac{488 \text{ nm}}{\sin 90^\circ} = 488 \text{ nm}$

MAN ERRECHNET SOMIT: 6 (rechts) + 6 (links) + 1 (0. ORDNUNG) = 13 ORDNUNGEN

8)  $f \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v \rightarrow v = \Delta v = \frac{f \cdot \Delta t}{m} = \frac{600 \text{ N} \cdot 0,25}{4,5 \text{ kg}} = 26,7 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 96 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

9) DER ZAHLENWERT VON EINER "AMPERE" LÄSST SICH NESTENTLICH GENAUER EXPERIMENTELL BESTIMMEN, ALS JEDER VON EINEM "COULOMB". DESHALB IST ES SINNVOLLER, DAS "AMPERE" ALS (FRIST) EXAKT BEKANNTE GRÖSSE ZUR SI-EINHEIT ZU ERKENNEN.

10)  $f = m \cdot \omega^2 \cdot r = m \cdot 4\pi^2 f^2 \cdot r = 10^{-3} \text{ kg} \cdot 4\pi^2 \cdot \left(\frac{60}{268,5}\right)^2 \cdot 28 \cdot 0,0254 \text{ m} = 0,28 \text{ N}$

$= 0,28 \text{ N}$

BEWEISUNG: EIGENTLICH MÜSSTE HIER NOCH DIE GEWICHTSKRAFT DES "WAPPERS" BEACHTSICHTIGT WERDEN. DIES HAT JEDOCH KEIN EINFLUSS AUF DAS ERGEBNIS UND WÜRDEN AUCH NICHT VON DEN KORREKTUREN VERLANGT.

Physikpraktikum für Mediziner SS 1998

2. Klausur; Mittwoch, den 15.07.1998, 18.30 ; Abz. 70 Min

1) Auf einen Rennradfahrer, der auf ebener Strecke mit 36km/h fährt, wirken Reibungskräfte von insgesamt 32N. Welche Leistung muß er aufbringen, damit seine Geschwindigkeit konstant bleibt?

2) Auf einer Fahrstrecke mit anderen Windverhältnissen, aber bei gleicher Geschwindigkeit wie in Aufg. 1 muß der Radfahrer 400W Leistung aufbringen. Der Wirkungsgrad der Muskelätigkeit beträgt 50%.

Wieviele Gramm Kohlehydrate verbrennt er dann nach gefahrenen 36km, wenn der Brennwert von Kohlehydraten 17000 J/g beträgt?

Und:  
Wieviele Gramm Wasser muß er verdunsten, wenn andere Abkühlungseffekte vernachlässigt werden? (Verdampfungswärme von Wasser = 2400 J/g ).

3) Sie schauen einem kurzichtigen Brillenträger in die Augen. Erscheinen Ihnen die Augen hinter den Brillengläsern vergrößert oder verkleinert? - Begründung!

4) Wie entsteht die sog. "charakteristische Röntgenstrahlung" ?

5) Ein el. Heizofen trägt die Aufschrift 220V ; 2000W. Wie groß ist der Scheitelwert der Stromstärke in dem Gerät?

6) Was "schwingt" in einem el.-magn. Schwingkreis mit Kondensator, Spule sowie (widerstandsbehafteten) Verbindungsleitungen? - Zeichnen Sie die Feld- und Stromsituation einer vollen Schwingung in vier wesentlich verschiedenen Phasen!

7) Zeichnen Sie den Graphen der Zählrohrcharakteristik eines Geiger-Müller-Zählrohrs in einem beschrifteten Koordinatensystem. Beschreiben Sie die Gasentladung im Sättigungsbereich.

8) Ein Mikroskopobjektiv trägt die Aufschrift 6.3x . Die Messung der Gesamtvergrößerung ergab 50,4x . Wie groß ist die Brennweite des Okulars?

9) Die maximale kinetische Energie eines Elektrons in einer Röntgenröhre beträgt 2 keV. Wie groß war die Beschleunigungsspannung?

10) Die Leistung des ganzen Herzens beträgt in Ruhe ca. 1,5W. Wieviele Milliliter mißt das pro Minute gepumpte Blutvolumen bei einem mittleren Druck von 120 kPa?

1)  $P = \frac{F}{W} = \frac{F \cdot v}{F \cdot d} = \frac{32 \text{ N} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{320 \text{ W}}$

2) Muskelwirkungsgrad 50% → 400 W "reiner Arbeit" } Gesamt: 800 W - 400 W = 400 W "Wärmeverluste"

Fragezeit:  $\frac{36 \text{ km}}{36 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$  + Gesamtverlust:  $400 \frac{\text{W}}{\text{s}} \cdot 3600 \text{ s} = 1,44 \cdot 10^6 \text{ J}$

Verbrennte Kohlenhydrate:  $\frac{2,88 \cdot 10^6 \text{ J}}{17.000 \frac{\text{J}}{\text{g}}} = 169,4 \text{ g}$

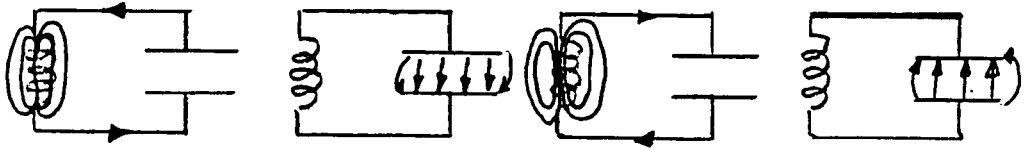
Verdunstetes Wasser zur Abkühlung der 400 W "Wärmeverluste":  
 $400 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 1.440.000 \text{ J} = 600 \text{ g} \cdot 0,6 \text{ kcal/g}$

3) Kurzschichtigkeit nicht durch negative Linsen korrigiert. Diese Linsen haben ein virtuelles verkleinertes Bild.

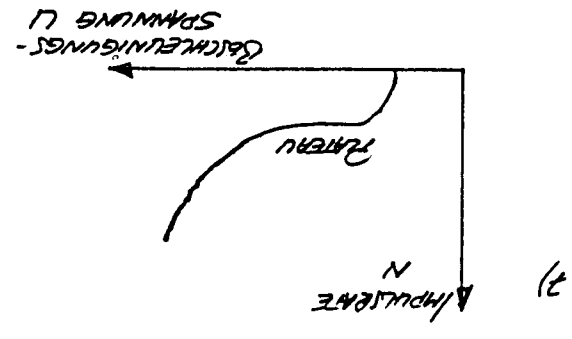
4) Nach Enternen eines Elektrons einer inneren Schale eines schweren Atoms finden Elektronenübergänge zwischen inneren Schalen statt. Die freiwerdende Energie liefert die charakteristische Kontinuumstrahlung.

5)  $P = U \cdot I + I^2 \cdot R = \frac{P}{U} \cdot 220 \text{ V} = 9,1 \text{ A} \rightarrow I_2 = I_1 \cdot \sqrt{2} \cdot 9,1 \text{ A} = 12,9 \text{ A}$

6) In einem Schwingkreis schwingt die elektrische Ladung, bzw. die Energie zwischen Speicherung im elektrischen Feld (Kondensator) und im magnetischen Feld (Spule).



In Frequenzbereich erzeugt proaktive Strahlung Teilchalelektronen durch Ionisation im Geiger-Müller-Zählrohr. Diese werden registriert und erzeugen wie Sekundärelektronen, sog. Townsend-Laminationen, welche registriert werden.



8)  $U_{\text{ges}} = U_{\text{ob}} \cdot U_{\text{ok}} \rightarrow U_{\text{ok}} = \frac{U_{\text{ges}}}{U_{\text{ob}}} = \frac{50,4}{6,3} = 8$ ;  $f_{\text{ok}} = \frac{8}{25 \text{ cm}} = 3,13 \text{ cm}$

9)  $W = 2 \text{ keV} \rightarrow U = 2 \text{ keV} = 2000 \text{ V}$  (triviale Detektorschicht)

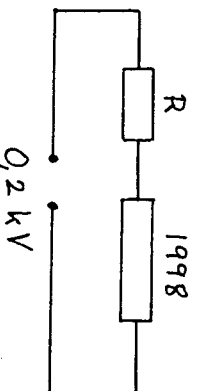
10)  $\dot{N}_{\text{Hez}} = 1,5 \text{ W} = 1,5 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1,5 \cdot 60 \frac{\text{J}}{\text{min}} = 90 \frac{\text{J}}{\text{min}}$   
 $W = P \cdot V \rightarrow V = \frac{W}{P} = \frac{120.000 \text{ Pa}}{90 \text{ J}} = 1333,3 \text{ m}^3 = 1,33 \text{ m}^3$

Physikpraktikum für Mediziner  
1. Klausur; Mittwoch, den 09.12.1998, 18.30 ; Abz. 70 Min

1) Die Schwerkbeschleunigung des Mondes beträgt  $(1/6)g$ . - Geht eine Pendeluhr auf dem Mond "vor" oder "nach"? - Begründung! Wie lange dauert die Sekundenanzeige auf dem Mond?

2) Eine einseitig geschlossene Orgelpfeife erzeugt den Kammerton a ( $440 \text{ Hz}$ ) in der Grundschwingung.  
a) Welche Länge hat die Pfeife?  
b) Wie könnte man die Grundfrequenz verdoppeln, ohne die Rohrlänge zu verändern?

3) Wie groß muß der Widerstand  $R$  gewählt werden, damit bei der folgenden Schaltung ein Strom von  $100 \text{ mA}$  durch  $R$  fließt?



4) Wie kann man festes Paraffin ohne Temperaturerhöhung verflüssigen? Begründen Sie den Vorgang im Phasendiagramm!

5) Was ist ein "Kraftstoß"? - Leiten Sie den entsprechenden mathematischen Ausdruck aus dem 2. Newton-Gesetz ab.

6) Ein Lichtstrahl fällt unter  $45^\circ$  zum Lot, aus der Luft kommend auf eine ebene Wasseroberfläche. Im Wasser bildet er einen Winkel von  $33^\circ$  mit dem Lot. Welche (Phasen-)Geschwindigkeit hat das Licht im Wasser?

7) Gegeben sind die Zahlen: 7,1; 6,9; 7,0; 6,9; 6,8; 7,3.  
a) Berechnen Sie das arithmetische Mittel.  
b) Berechnen Sie die Standardabweichung.

8) Wie haben Sie im Versuch "Gasgesetze" die Lage des absoluten Temperaturnullpunktes bestimmt?

9) Der Erdradius beträgt  $6370 \text{ km}$ . Welche Zentrifugalkraft wirkt am Äquator aufgrund der Erddrehung auf eine Person von  $72 \text{ kg}$ ?

10) Eine Person von  $70 \text{ kg}$  springt mit einer Anlaufgeschwindigkeit von  $4 \text{ m/s}$  auf ein Skateboard von  $2,5 \text{ kg}$  Masse. Wieviel mechanische Energie wird bei diesem inelastischen Stoß in Wärme überführt?

Hilfsmittel: Taschenrechner  
Lichtgeschwindigkeit in Luft =  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$   
Schallgeschwindigkeit =  $333 \text{ m/s}$   
Ein Tag hat 24 Stunden!

$$\frac{202}{520} = \frac{2}{2 \cdot (3.86)^2} = \dots$$

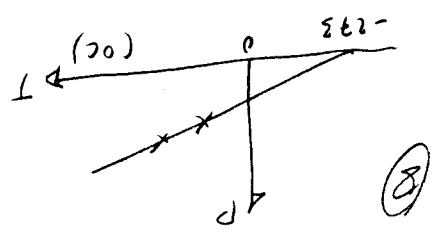
$$5095 = 5 \cdot \frac{2}{2 \cdot 4} = \dots$$

$$\frac{5}{3.86} = \dots$$

$$20.4 = 22.5 \cdot \dots$$

$$F = m \cdot v^2 = \dots$$

$$v = \frac{2 \pi \cdot 6.33 \cdot 10^6}{24 \cdot 3600} = 463 \frac{m}{s}$$

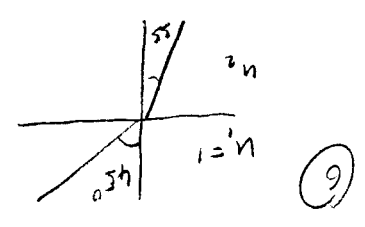


$$\Delta x = \sqrt{0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2} = \dots$$

$$\frac{x}{l} = \frac{1}{l} (2.1 + 6.9 + 2.0 + 6.9 + 6.9 + 6.9 + 2.2) = 2.0$$

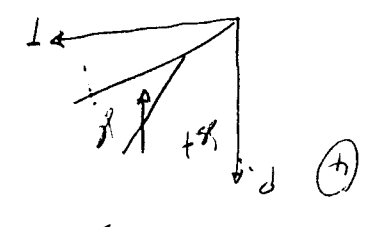
$$v = \frac{3.108}{8} = 2.131 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

$$1.5 \cdot \sin 45^\circ = n_2 \cdot \sin 30^\circ \Rightarrow n_2 = \dots$$



$$F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = m \cdot a$$

$$F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$



$$R_{gs} = \frac{I}{200} = 2000 \Omega$$

$$R_{gs} = R + 1998 \Omega \Rightarrow R = 22 \Omega$$

$$R = \lambda/2 = 2 \lambda = 0.38 m \Rightarrow \lambda = 0.19 m$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{0.19} = 1.58 \cdot 10^9 Hz = 836 Hz$$

$$R = \lambda/4 = 0.19 m$$

$$v = \lambda \cdot f = \frac{f}{\lambda} = \frac{f}{\lambda/4} = \frac{4f}{\lambda}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2.46 s$$

$$Schwingenperioden \lambda = l \Rightarrow \frac{\lambda}{l} = \frac{1}{2}$$

$$m = \frac{6}{1} H \Rightarrow g = \frac{6}{1} g = 1.64 \frac{m}{s^2}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$



Physikpraktikum für Mediziner WS 1998/99

2. Klausur Mittwoch, den 10.02.1999 ab 18.30; Abz: 70 Min.
- 1) Wieviel Wasser von  $80^{\circ}\text{C}$  muß sich in einem Kalorimetergefäß befinden, wenn man 100g Eis von  $0^{\circ}\text{C}$  darin vollständig schmelzen will, und die Endtemperatur des Wassers gerade noch  $0^{\circ}\text{C}$  bleiben soll?
- 2) Eine Person von 72 kg springt (absichtlich) aus 24m Höhe (=8. Stock eines Hochhauses). Welche mittlere Kraft wirkt beim Aufprall auf den Körper, wenn er innerhalb von 0,3 s zur Ruhe kommt?
- 3) Ein Kondensator von  $0,7\ \mu\text{F}$  und zwei Spulen von  $0,2\ \text{H}$  bzw.  $0,3\ \text{H}$  sind in Reihe geschaltet. Wie groß ist die Resonanzfrequenz der Anordnung?
- 4) Die Grenzwellenlänge der Bremsstrahlung einer Röntgenröhre beträgt  $0,1\ \text{nm}$ . Mit welcher Geschwindigkeit treffen die beschleunigten Elektronen auf der Anode auf?
- 5) Mit welcher Gesamtkraft wirkt der Luftdruck unter "Normalbedingungen" auf unsere Körperoberfläche von (im Mittel)  $3\ \text{m}^2$  ein? Welcher Masse entspricht das im Schwerfeld der Erde?
- 6) Verringert man die Öffnung des Objektivs eines Mikroskops durch Vorschalten sukzessive kleinerer Blenden (wie im Praktikumversuch), so verwandelt sich das ursprünglich deutliche Bild der Striche eines optischen Gitters schließlich in eine gleichmäßig graue, strukturlöse Fläche. Warum ist das so?
- 7) Ein Gegenstand befindet sich im Abstand  $1,5f$  von einer Sammellinse (der Brennweite  $f$ ) entfernt. Um welchen Faktor vergrößert erscheint das Bild des Gegenstands?
- 8) Radioaktiver Abfall (Plutonium 239) hat eine Halbwertszeit von 24000 Jahren. Wie lange dauert es, bis die Aktivität auf  $1/16$  des (heutigen) Anfangswertes abgeklungen ist?
- 9) Was ist "1 Watt" ? (Ein bis zwei vollständige, verständliche deutsche Sätze sind verlangt - also nicht der gängige Typ: "1-t/Meter, wenn z.B. Ding, klar?")
- 10) Welchen Wert für die Kreisfrequenz der Erdrotation (um die Erdachse) beobachtet man am Nordpol?

Hilfsmittel: Taschenrechner

Spezifische Schmelzenergie von Wassereis:  $333\ \text{J/g}$

Elektronenmasse:  $9,1\cdot 10^{-31}\ \text{kg}$

Plancksche Konstante:  $6,63\cdot 10^{-34}\ \text{Js}$

① Schmelzwärme:  $100 \cdot 333 \text{ J} = 33300 \text{ J}$

$\Delta W = c \cdot m \cdot \Delta T \Rightarrow 33300 = 4,2 \cdot m \cdot (80 - 0) \Rightarrow m = 99,9 \text{ g}$

②  $mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 24} = 470,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$f = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = 72 \cdot \frac{470,9}{0,3} = 113011 \text{ N} = 113 \text{ kN}$

③ Resonanzfrequenz  $\frac{1}{T} = \omega_1 + \omega_2$ ;  $\frac{1}{T} = \omega^2(L_1 + L_2)$

$\omega^2 = \frac{1}{L_1 + L_2} = \frac{1}{0,2 \cdot 10^{-6} (0,2 + 0,3)}$ ;  $\omega = 2\pi f = 1,69 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$

$f = 269 \text{ Hz}$

④  $c = 2 \cdot f \cdot \lambda = 5 = \frac{3 \cdot 10^8}{9,1 \cdot 10^{-9}} \text{ s}^{-1} = 3 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}$

$\frac{1}{2}mv^2 = L \cdot f \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2Lf}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{18}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 6,6 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

⑤  $p = 1013 \text{ hPa} = 1013 \cdot 10^2 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ ;  $p = \frac{F}{A}$ ;  $F = p \cdot A = 1013 \cdot 10^2 \cdot 3 \text{ (N)} = 3,04 \cdot 10^5 \text{ N}$

$G = mg \Rightarrow m = \frac{G}{g} = \frac{3,04 \cdot 10^5}{9,81} = 30979 \text{ kg} \approx 31 \text{ Tonnen (t)}$

⑥ Wenn die 1. Bewegungsgleichung der Gitterstruktur nicht mehr in der Ordnung gilt, weil die Struktur nicht mehr aufgelöst.

⑦  $\frac{1}{T} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}$ ;  $\frac{1}{T} = \frac{1}{3} - \frac{1}{2} = \frac{1}{6} \Rightarrow T = 6 \text{ s}$

⑧  $\frac{1}{16} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}$ , also 4 Halbwertszeiten  $\Rightarrow 4 \cdot 24000 \text{ a} = 96000 \text{ Jahr}$

⑨ WGH hat eine Leistungsintensität! WGH unterscheidet sich im 1. Ordnung von anderen Lichtarten. // Wenn das Wellenlänge der Spannung variiert, die Stromstärke von 1 mA bis 10 mA variiert, ist die Wellenlänge im Bereich 800 bis 1000 nm.

⑩ Dieselbe Wellenlänge auf der Erde:

$\omega = \frac{v}{\lambda} = \frac{24 \cdot 3600}{2\pi} (s^{-1}) = 7,27 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$



SEKTION PHYSIK DER LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Physikpraktikum für Mediziner SS 1999

1. Klausur Mittwoch, den 09.06.1999 ab 18.30; Abz: 70 Min.

- 1) Die Dichte von Eisen beträgt  $7,86 \text{ g/cm}^3$ . Rechnen Sie diesen Wert um in SI-Einheiten! (Der Rechenweg muß nachvollziehbar sein! - vgl. Vorlesung!)
- 2) Die Temperaturabhängigkeit der Viskosität  $\eta$  ist gegeben durch:  
$$\eta = a \cdot \exp(b/T).$$
  - a) Welche Benennung hat  $b$  in dieser Beziehung? (Begründung!)
  - b) Unter welchen physikalischen Bedingungen wird  $\eta = a$ ? (vgl. Arbeitsunterlagen S. 17.)
- 3) Welche Frequenzen umfaßt der menschliche Hörbereich?  
Wieviele Oktaven (auf eine genau) sind das?  
(vgl. Arbeitsunterlagen S. 49/50)
- 4) Allgemeine Gaskonstante  $R$  und Loschmidtzahl  $L$  haben die Werte:  
 $R = 8314 \text{ J/kmol K}$ , bzw  $L = 6,02 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$ . - Wie groß ist die kinetische Energie eines einzelnen Ne-Atoms in der Luft bei  $20^\circ\text{C}$ ? (vgl. Arbeitsunterlagen S. 90 & 92.)
- 5) Warum ändert sich beim Übergang von Licht an der Grenzfläche zwischen Luft und Wasser die Wellenlänge, nicht aber die Frequenz? (Eine physikalische Begründung wird verlangt! - vgl. Arbeitsunterlagen S. 155.)

- 6) Ein Konstantandrath von 120 cm Länge und dem Querschnitt  $0,2 \text{ mm}^2$  hat den spezifischen Widerstand  $0,49 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ . Wie groß ist die elektrische Ladung, die in 1 Stunde den Leiterquerschnitt passiert hat, wenn 2 V Spannung zwischen den Enden angelegt wird? (Arbeitsunterlagen S. 179/180)

- 7) Das Hagen-Poiseullesche Gesetz lautet bekanntlich

$$V = (\pi \cdot r^4 \cdot \Delta p \cdot t) / (8 \cdot \eta \cdot l).$$

Berechnen Sie:  $dV/dr$  und  $dV/dl$ ; Was bedeuten diese Größen? (Wurde in der Vorlesung besprochen.)

- 8) Mit welcher Bahngeschwindigkeit fliegt ein Spionagesatellit auf einer Kreisbahn in 230 km Höhe über der Erdoberfläche, wenn der Erdradius  $6370 \text{ km}$  beträgt? (Lösungsweg laut Vorlesung.)
- 9) Lehrer: "Kraft ist Masse mal Beschleunigung! - Kapiert?"  
Lisbeth: "Die Erde z.B. wird doch aber gar nicht schneller, obwohl die Sonne laufend durch Gravitation an ihr zieht?"  
Lehrer: "Halt den Mund, Göre, das verstehen Mädchen nicht!"  
Lisbeth: "Quatsch, Sie haben's ja nur selbst nicht kapiert, Sie Beamter, Sie! - Ich frag' jetzt die cleveren Medizinstudenten, die in der Vorlesung bei Herrn Claus nicht geschlafen haben - mal sehn', wie viele das sind!"  
Also - was sagen Sie dazu? Können Sie es der Rotznase erklären?? (Die Kreisbewegung wurde in der Vorlesung genau besprochen!)
- 10) Ein Autofahrer der Masse  $75 \text{ kg}$  wird bei einem Unfall durch den Airbag in  $1,3 \text{ s}$  von  $80 \text{ km/h}$  auf Stillstand abgebremst. Wie groß war die mittlere Bremskraft? (Analogbeispiel in der Vorlesung!)

Hilfsmittel: Taschenrechner

Gravitationskonstante:  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$

Erdmasse:  $5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

①  $7,80 \frac{g}{cm^3} = 7,86 \cdot 10^6 \frac{g}{m^3} = 7,86 \cdot 10^6 \frac{kg}{m^3} = 7860 \frac{kg}{m^3}$

② a) "Temperatur" da der Exponent die Dimension 1 haben muss

b)  $\exp(\frac{b}{T}) \rightarrow 1$  für  $\frac{b}{T} \rightarrow 0$  d.h.:  $T \rightarrow \infty$

③  $16 s^{-1} \leftrightarrow 2000 s^{-1}$ ;  $16 \cdot 2^{10} = 16384 s^{-1} \approx 20000 s^{-1} / \sim 10$  Oktaven

④  $k = \frac{L}{R} = \frac{8310}{602 \cdot 10^{26}} \left( \frac{J}{K} \right) = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$ ;  $W = \frac{2}{3} kT = \frac{2}{3} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 10^{-2} = 9,12 \cdot 10^{-26} J = 6 \cdot 10^{-26} J$

⑤ Energie der Photonen  $h \cdot f$  bleibt unverändert: Energieerhaltungssatz!

⑥  $R = \rho \frac{L}{A} = 0,149 \cdot \frac{1/2}{2} \Omega = 2,49 \Omega$ ;  $I = \frac{U}{R} = \frac{2}{2,49} A = 0,8 A$

$Q = I \cdot t = 0,68 \cdot 3600 C = 2449 C$

⑦  $\frac{dV}{dt} = 4\pi^3 \cdot \frac{8 \cdot M \cdot L}{\pi \cdot A \cdot t}$  Änderung des Durchflusses bei Änderung des Radius

$\frac{dL}{dt} = -\frac{1}{L} \cdot \frac{\pi r^4 \cdot \Delta p \cdot t}{8 \cdot M}$  Änderung des Durchflusses bei Längenänderung

⑧  $m \cdot v^2 = \gamma \cdot \frac{m \cdot v^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \Rightarrow v^2 = \frac{t \cdot R}{m} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24}}{6600 \cdot 10^3} = 6,1 \cdot 10^3$   
 $v = 7774 \frac{m}{s} \approx 7,8 \frac{km}{s}$

⑨ Zeitpotenzialkraft  $\Rightarrow$  Zeitpotenzialänderung zum Zeitpunkt  $t_{min}$ . Diese betrifft nur eine laufende Richtungsänderung, d.h. Kreisbahn. Es existiert nur eine Kraftkomponente in Bewegungsrichtung (= Tangentialänderung)

⑩  $f = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = 75 \cdot \frac{1/3}{(22,2-0)} (N) = 80 \frac{kg}{m} = \frac{80000 m}{3600 s} = 22,2 \frac{m}{s}$

$= 1282 N$  ( $\approx$  Gewicht von ca. 128 kg)



Physikpraktikum für Mediziner SS 1999

2. Klausur Mittwoch, den 14.07.1999 ab 18.30; Abz: 70 Min.

- 1) Das in der Natur vorkommende nicht-radioaktive Isotop von Jod ist  $^{127}_{53}\text{I}$ . Wie stellt man das in der Radiologie verwendete künstlich  $\beta$ -aktive Isotop  $^{128}_{53}\text{I}$  mit der Halbwertszeit 25min her? - Nach welcher Zeit ist die ursprüngliche Aktivität einer derartigen Probe auf 0,1% abgesunken?
- 2) Was versteht man unter dem Wasserwert eines Kalorimeters?
- 3) Zeichnen Sie den Aufbau einer Elektronenstrahloszillographenröhre; Beschriftungen und Angabe der Polarität von Spannungen etwa wie in den Arbeitsunterlagen. - Warum benutzt man hier eine elektrostatische Ablenkung des Strahls, und nicht eine magnetische, wie im Fernseher?
- 4) Nachdem Oma ihre Lesebrille von +4Dpt nicht genügt um die Fotos vom Enkel richtig scharf zu sehen, stüpt sie sich noch zusätzlich Opas Brille mit +50cm Brennweite über. Wie groß wird die Dioptrienzahl und Brennweite beider Brillen zusammen?
- 5) Ein Mikroskopobjektiv trägt die Aufschrift: ZEISS 10 / 0,22. Wie groß ist das maximal erreichbare Auflösungsvermögen, das man bei Verwendung monochromatischen Lichts der Wellenlänge 550nm als Beleuchtung erzielt?
- 6) Bei einem Wasserfall stürzt das Wasser 130m in die Tiefe. Wie groß ist die maximale Temperaturerhöhung des Wasser nach dem Aufprall - vorausgesetzt, daß 60% der Energie dem Wasser zu Gute kommt?
- 7) Wie hoch müßte man 100kg heben, um 1,0 kWh zu erreichen?
- 8) Ein Fußgänger am Straßenrand beobachtet, wie ein PKW mit hoher Geschwindigkeit frontal gegen einen Brückenpfeiler fährt und zerschellt. Kinematisch gesehen, kann der Autofahrer sich selbst als ruhend und dafür den Fußgänger als bewegt betrachten. Warum kommt dennoch nur der Autofahrer zu Schaden?
- 9) Eine Eiskunstläuferin hat bei einer Pirouette die Rotationsenergie  $W = 344\text{J}$ . Mit welcher Frequenz  $f$  dreht sie sich, wenn ihr Trägheitsmoment  $I = 1,56\text{ kg}\cdot\text{m}^2$  ist?
- 10) Eine Röntgenröhre wird mit 16 kV Beschleunigungsspannung betrieben. Mit welcher Geschwindigkeit treffen die Elektronen auf der Anode auf? Wie groß ist die Grenzwellenlänge des Bremspektrums?

Hilfsmittel: Taschenrechner

Vakuumlichtgeschwindigkeit:  $3 \cdot 10^8\text{ m/s}$   
Elektronenladung:  $1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$   
Elektronenmasse:  $9,1 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$   
Plancksche Konstante  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}\text{ Js}$   
spez. Wärmekapazität von Wasser  $4,2\text{ J/g}\cdot\text{K}$

① Durch Neutronenbeschuss: Gärung/Reaktor

$$\eta = \ln 2 = \ln 2 \cdot \text{min}^{-1} = 2,32 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1} = \frac{1}{25}$$

$$0,001 A = A \cdot e^{-2,32 \cdot 10^{-2} \cdot t}$$

$$t = \ln \frac{1}{0,001} \text{ min} = 249 \text{ min} = 4 \text{ h } 9 \text{ min}$$

② Die hypothetische, zusätzliche Wassermasse, die pro K Temperaturerhöhung genauso viel Wärme aufnimmt, wie das Kaloriennetz

③ Versuchsanleitung S. 201. Mit dem Othlographen misst man primäre Spannungen. Die Ableitungen haben einen fast  $\infty$  hohen Widerstand. Bei der magn. Ablenkung misst man aber kl. Nachspannung in einer relativ großen Stromstärke erst umgekehrt werden.

④  $f = 0,5 \text{ m} \rightarrow \lambda = \frac{1}{5} = 2 \text{ dpt.}$

$2\lambda = 6 \text{ dpt.}$   $f = \frac{1}{6} \approx 0,17 \text{ m}$

⑤  $d_{\text{min}} = \lambda = \frac{550}{n \cdot \sin \rho} = \frac{550}{2,22} \text{ (nm)} = 2500 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 2,5 \mu\text{m}$   
 $\frac{1}{d} = 400 \text{ nm}^{-1}$

⑥  $0,6 \cdot m \cdot g \cdot h = c \cdot m \cdot \Delta T$ ;  $\Delta T = \frac{0,6 \cdot g \cdot h}{c} = \frac{0,6 \cdot 9,81 \cdot 130}{4200} \text{ (K)} = 0,178 \text{ K}$

⑦  $m \cdot g \cdot h = 10000 \cdot 3600 \text{ (W s)}$   
 $h = \frac{3,6 \cdot 10^6}{1000 \cdot 9,81} \text{ (m)} = 3670 \text{ m} \approx 3,7 \text{ km}$

⑧ in elast. Stab mit 2 Formeln

- 1) PKW-tank (sehr kl. Masse m)
- 2) Erde - Aufhänges (relativ Masse M)

$m \cdot \Delta v_1 = M \cdot \Delta v_2$   $\Delta v_1$  groß,  $\Delta v_2$  verschwindend gering

⑨  $M = \frac{1}{2} I \omega^2$   $\omega = \sqrt{\frac{I}{2M}} = \sqrt{\frac{2,344}{1,56}} \text{ s}^{-1} = 21 \text{ s}^{-1}$   
 $f = \frac{2\pi}{21} \text{ s}^{-1} = 0,3 \text{ s}^{-1}$

⑩  $M_e = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot U \cdot e}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 16000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 2,15 \cdot 10^7 \text{ m/s}$

$U_e = h \cdot f \Rightarrow f = \frac{U_e}{h} = \frac{16000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} \text{ s}^{-1} = 3,86 \cdot 10^{18} \text{ s}^{-1}$

$\lambda_g = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{3,86 \cdot 10^{18}} \text{ m} = 7,77 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

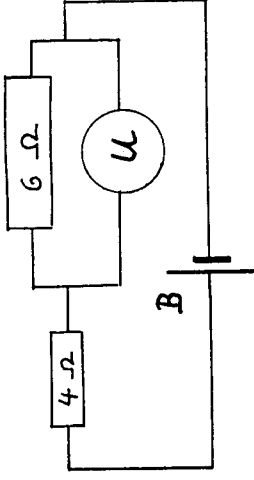
$\lambda \approx 7,77 \text{ \AA}$



1. Klausur Mittwoch, den 08.12.1999 ab 18.30; Abz: 70 Min.

- 1) Das in der Zeit  $\Delta t$  durch ein Rohr vom Radius  $r$  geflossene Flüssigkeitsvolumen  $\Delta V$  errechnet sich nach dem bekannten H.-P.-Gesetz:  $\Delta V = \pi \cdot r^4 \cdot \Delta p \cdot \Delta t / 8 \eta \ell$ . Um wieviel Prozent verringert sich der Durchfluss  $\Delta V / \Delta t$ , wenn der Radius der Röhre um 10% abnimmt, wenn er also auf 90% des ursprünglichen Wertes sinkt?
- 2) Ein Schraubenfederpendel, an dem ein Massestück von 100g hängt, hat dieselbe Schwingungsdauer wie ein Fadenpendel der Länge  $\ell = 1\text{m}$ . Wie groß ist demnach die Federkonstante der Feder des ersteren?
- 3) Bei idealen Gasen haben die spezifischen Wärmekapazitäten  $C_p$ , gemessen bei konstantem Druck, bzw.  $C_v$  bei konstantem Volumen, unterschiedliche numerische Werte - warum? Wie gross ist der Unterschied?
- 4) Was besagt das sog. Raoult'sche Gesetz - z.B. "salopp ausgedrückt", wie in den Arbeitsunterlagen?
- 5) Die Brechzahl von Luft beträgt  $n = 1,0003$ . Wie gross ist dabei die Phasengeschwindigkeit des Lichts?

- 6) In der angegebenen Schaltung zeigt das sehr hochohmige Voltmeter  $U = 5,4\text{ V}$  an. Wie gross ist die Klemmenspannung der Batterie B?



- 7) Warum kann ein Gegenstand zu einem festen Zeitpunkt eine endliche Geschwindigkeit besitzen, sich also "bewegen", wenn er sich dann doch an einem bestimmten Ort "befindet"?
- 8) Ein Autoreifen hat 60 cm Durchmesser. Welche mittlere Radialbeschleunigung wirkt an seiner Peripherie auf das Gummi, wenn das Fahrzeug mit 140 km/h auf der Autobahn fährt? Das Wievielfache der Erdbeschleunigung ist das?
- 9) Der Mars Polar Lander liegt (wahrscheinlich umgekippt) auf der Marsoberfläche und drückt mit seinem Marsgewicht auf den felsigen Boden. Beschreiben Sie die "reactio-Kraft" im Sinne Newtons.
- 10) Ein Junge von 65 kg rennt mit 4,50 m/s auf ebener Asphaltstrecke hinter seinem Skateboard her und springt auf. Das Skateboard hat 2 kg Masse und eine Anfangsgeschwindigkeit von 2,00 m/s. Wieviel Bewegungsenergie wird beim Aufsprung in Wärme umgesetzt?

Hilfsmittel: Taschenrechner

Vakuumlichtgeschwindigkeit:  $2,99792 \cdot 10^8\text{ m/s}$

# 1. Physik Klausur WS 99/00

1.)  $\Delta V = \frac{\pi}{8} \frac{r^4 \cdot \Delta r}{L}$   $r_1 = 1$   $r_2 = 0,9$

Durchf.  $\frac{\Delta V}{\Delta t} \sim r^4 \rightarrow \frac{\Delta V}{\Delta t} \sim (r_1)^4 = 1$  ;  $\frac{\Delta V}{\Delta t} \sim (r_2)^4 = (0,9)^4 = 0,656$   
 $\frac{1 - 0,656}{1} \cdot 100\% = 34,4\%$

2.)  $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$   $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$   $m = 0,1 \text{ kg}$   $L = 1 \text{ m}$

$\sqrt{\frac{m}{D}} = \sqrt{\frac{L}{g}}$   $D = \frac{m \cdot g}{L} = \frac{0,1 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1 \text{ m}} = 0,981 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$

$[1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow 1 \text{ kg} = \frac{1 \text{ N} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} \rightarrow 0,981 \frac{\text{N} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} = 0,981 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

3.)  $c_p > c_v$  da  $c_p$  Arbeit gegen äußeren Druck verrichten muß

$c_p - c_v = R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$   $R = \text{allgem. Gaskonstante}$

4.) Resultat:  $T \sim \frac{1}{N_0 + N}$  bzw.  $T = \frac{1}{n}$  in ma umgekehrt

5.)  $n = \frac{c}{v}$   $v = \frac{c}{n} = \frac{2,99792 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,0003} = 2,997 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

6.)  $R = \frac{U}{I} = \frac{5,1 \text{ V}}{0,4 \text{ A}} = 12,75 \Omega$  ; Voltmeter immer horizontal  
 $\rightarrow$  Voltmeter parallel  $\rightarrow$  in verschließen

$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{4 \text{ V}}{0,4 \text{ A}} = 10 \Omega$

$U_{\text{gesamt}} = U = 3,0 \text{ V} + 5,1 \text{ V} = 8,1 \text{ V} = \text{Lichtspannung}$

7.) ?

8.)  $d = 60 \text{ cm}$  (! Durchmesser)  $\rightarrow r = 0,3 \text{ m}$   $v = 140 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 38,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$a = \frac{v^2}{r} \rightarrow a = 5041 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

9.)  $\text{ratio} = \text{Ernd. d. Satelliten auf festen Boden}$   $\text{ratio} = \text{Ernd. d. Satelliten gegen Erde}$

(Gehen auf Frey achten  $\rightarrow$  vgl. Struktur: Struktur  $\rightarrow$  Struktur dort ist von der Anwendung die Rede hier vom Druck!)

10.)  $m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v$

$0,5 \text{ kg} \cdot 40 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 2 \text{ kg} \cdot 40 \frac{\text{m}}{\text{s}} = (0,5 + 2) \text{ kg} \cdot v \Rightarrow v = 1,45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$E_{\text{kin}} = 0,5 \cdot (40)^2 + 2 \cdot (40)^2 = 620 \text{ J}$   $E_{\text{kin}} = 0,5 \cdot (1,45)^2 + 2 \cdot (1,45)^2 = 4,5 \text{ J}$   
 $\Delta E = 615,5 \text{ J}$   $\Delta$  nicht die kinet. v.  $v_1$  u.  $v_2$  bilden und dann rechnen!



Physikpraktikum für Mediziner, Pharmazeuten,  
Biologen, Geologen, Geophysiker u.a. Naturwissenschaftler

WS 1999/2000

2. Klausur Mittwoch, den 09.02.2000 ab 18.30; Abz: 70 Min.

- 1) In einem Kalorimetergefäß befinden sich 100g Wasser von 20°C. Wieviel Eis von 0°C muss man hinzugeben, damit alles Eis schmilzt und am Ende nur noch Wasser von 0°C im Gefäß übrig bleibt?
- 2) Fügt man zwei "dünne Linsen" der Brennweiten  $f_1$  und  $f_2$  zu einem System zusammen, so kann man die Brennweite  $f$  des letzteren wie folgt berechnen:  $1/f = 1/f_1 + 1/f_2$ . Warum? - Begründen Sie so, wie in den Arbeitsunterlagen!
- 3) Zeichnen Sie den Strahlengang in einem (vergrößernden) Mikroskop.
- 4) Der Schwingkreis eines Radioempfängers enthält eine Kapazität von 5 pF und eine Induktivität von 0,13 mH. Auf welche Empfangsfrequenz ist das Gerät eingestellt? Welche Länge hätte ein Sendedipol, der (in der Grundschwingung) eben diese Frequenz ausstrahlt?
- 5) Plutonium (Pu239) hat eine Halbwertszeit von ca. 24000 Jahren. Nach wieviel Jahren ist die Aktivität einer Probe von  $5 \cdot 10^{13}$  Bq auf  $1,25 \cdot 10^{13}$  Bq abgesunken?
- 6) Was kennzeichnet einen "voll elastischen" Stoss? - was einen "völl inelastischen" Stoss?

- 7) Aus welcher Äquivalenzhöhe müsste man fallen, um (bei vernachlässigter Luftreibung) mit einer Geschwindigkeit von 122km/h bei einem Verkehrsunfall gegen einen Eisenträger geschleudert zu werden?
- 8) Ein Auto der Leistung 51 kW (= ca.70"PS") fährt mit der konstanten Geschwindigkeit 72km/h. Wie gross ist dabei die Motorkraft?
- 9) Ein Schwungrad mit dem Trägheitsmoment 2 kgm<sup>2</sup> besitzt eine Rotationsenergie von 632J. Wieviele Umdrehungen macht es pro Sekunde?
- 10) Das Intensitätsmaximum des Bremspektrums einer Röntgenröhre liegt mit  $1,26 \cdot 10^{17} \text{ s}^{-1}$  genau 25% unterhalb der Grenzfrequenz. Wie gross ist die Beschleunigungsspannung der Röhre?

Hilfsmittel: Taschenrechner

Vakuumlichtgeschwindigkeit:  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Elektronenladung:  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$

Plancksche Konstante:  $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

spez. Wärmekapazität von Wasser:  $4,2 \text{ J/g}\cdot\text{K}$

Schmelzwärme von Eis:  $333 \text{ J/g}$

2. Physiklausur für Mediziner

4) zu Elektronenstrahl - Oszillograph E2

$$C = 5 \text{ pF} = 5 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

$$L = 0,13 \text{ mH} = 0,13 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}} = 6,24 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

Für die Grundschwingung gilt:  $\lambda = \frac{c}{f}$

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{c}{2f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 6,24 \cdot 10^6} \text{ m} = \underline{\underline{24 \text{ m}}}$$

5) zu Radioaktivität R1

$$T_{1/2} = 24000 \text{ a}$$

einfache Lösung:  $1,25 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$  ist  $\frac{1}{4}$  von  $5 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$   
also nach zwei Halbwertszeiten:  $t = \underline{\underline{48000 \text{ a}}}$

mathematisch:

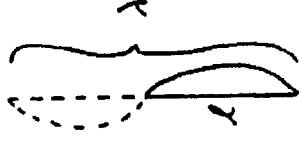
$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{24000} \approx 2,88 \cdot 10^{-5} \text{ a}^{-1}$$

$$1,25 \cdot 10^{13} = 5 \cdot 10^{13} \cdot e^{-\lambda t} \quad | : 5 \cdot 10^{13}$$

$$0,25 = e^{-\lambda t}$$

$$\ln(0,25) = -\lambda \cdot t$$

$$t = -\frac{\ln(0,25)}{\lambda} = \underline{\underline{48000 \text{ a}}}$$



2. Physiklausur für Mediziner

1) Kalorimetrie W1

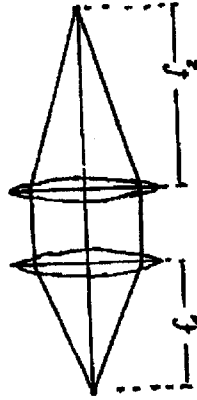
$$\text{Schmelzwärme: } \Delta Q_s = m_{\text{eis}} \cdot \lambda$$

$$\text{abgegebene Wärme vom Wasser: } \Delta Q_w = c_w \cdot m_w \cdot \Delta T$$

$$\Rightarrow m_{\text{eis}} \cdot \lambda = c_w \cdot m_w \cdot \Delta T$$

$$m_{\text{eis}} = \frac{c_w \cdot m_w \cdot \Delta T}{\lambda} = \frac{4,2 \cdot 100 \cdot 20}{333} \text{ g} = \underline{\underline{25,2 \text{ g}}}$$

2) zu Abbildung durch Linsen O1

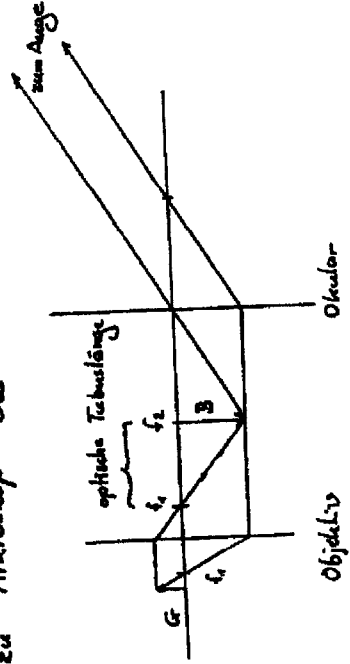


Beimotet sich der Gegenstand  
genau im Brennpunkt von  
der ersten Linse, so ist die  
Gegenstandsweite  $g = f_1$ .

Das Bild kommt dann im Brennpunkt der zweiten Linse  
zu liegen, also Bildweite  $b = f_2$ .

$$\text{Abbildungsgleichung } \frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad \text{ged.}$$

3) zu Mikroskop O2



6) zur Vorlesung

voll elastischer Stoß: der Stoßvorgang verzehrt keine Energie (Billardkugeln).

voll inelastischer Stoß: Beim Stoß wird die kinetische Energie vollständig in Wärme und Deformationsarbeit umgewandelt (Kaugummi wird an die Wand gequetscht und bleibt kleben).

7) zur Vorlesung

Lageenergie:  $E_c = m \cdot g \cdot h$   $v = 122 \frac{km}{h} = 33,89 \frac{m}{s}$

kinetische Energie:  $E_k = \frac{1}{2} m v^2$

$E_k = E_c \Rightarrow g \cdot h = \frac{1}{2} v^2$

$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(33,89)^2}{2 \cdot 9,81} = 58,5 \text{ m}$

8) zur Vorlesung

$P = 51 \text{ kW} = 51 \cdot 10^3 \text{ W}$   $v = 72 \frac{km}{h} = 20 \frac{m}{s}$

$P = \frac{W}{t}$  ;  $W = F \cdot s$

$P = \frac{F \cdot s}{t}$  Geschwindigkeit  $v = \frac{s}{t}$

also:  $P = F \cdot v$

$F = \frac{P}{v} = \frac{51 \cdot 10^3}{20} \text{ N} = \underline{\underline{2550 \text{ N}}}$

9) zur Vorlesung

Für die Rotationsenergie gilt:

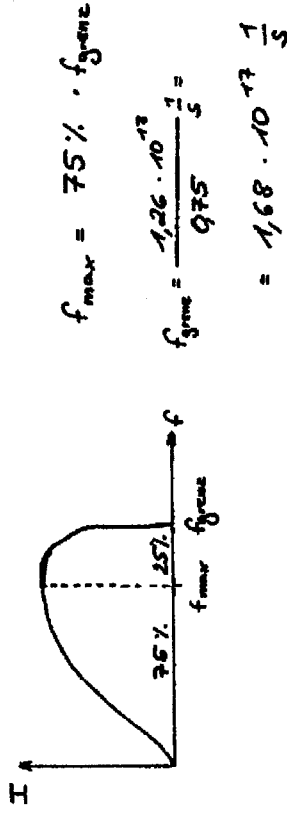
$E_{rot} = \frac{1}{2} I \omega^2$   $I$ : Trägheitsmoment

$\omega = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{rot}}{I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 632}{5}} = 25,13 \frac{1}{s}$

$\omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = 4 \frac{1}{s}$

Das Schwungrad macht 4 Umdrehungen pro Sekunde.

10) zur Vorlesung



$q \cdot U = h \cdot f$

$U = \frac{h \cdot f}{q} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 1,68 \cdot 10^{13}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ V} = \underline{\underline{696,15 \text{ V}}}$

Danke für eure Informationen!

Bis bald Ueli



SEKTION PHYSIK DER LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Physikpraktikum für Mediziner SS 2000

1. Klausur, Mittwoch, den 07.06.2000 ab 18.30; Abz: 70 Min.

Bei einem Kapillarviskosimeter ist der Radius der Kapillare  $r = 0.2\text{mm}$ , ihre Länge  $\ell = 12\text{cm}$ , das Druckgefälle  $\Delta p = 20\text{cm Wasser-säule}$ , und die Viskosität  $\eta = 1,2 \cdot 10^{-3}\text{Ps}$ . Wieviel Flüssigkeit fließt in 5 min durch die Kapillare? Das hierbei gültige H.-P.-Gesetz lautet:

$$V = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta p \cdot \Delta t}{8 \cdot \eta \cdot \ell}$$

Für welchen Typ von Zustandsänderung idealer Gase gilt das Boyle-Mariottesche Gesetz? - Wie wird es modifiziert, damit es für "adiabatische" Zustandsänderungen gilt? (Schlagworte allein genügen nicht als Antwort!)

Wie kann man im Phasen-Wellenbild das Snelliussche Brechungsgesetz begründen?

Erklären Sie den Unterschied zwischen den Begriffen Ruhespannung und Klemmenspannung quantitativ korrekt und verständlich!

Wie groß ist die Frequenz eines 25m langen Foucault-Pendels, das zum Nachweis der Erddrehung in einem Museum verwendet wird?

Was versteht man unter den Begriffen Impuls und Kraftstoß? In welchem mathematischen Zusammenhang stehen beide?

Aus welcher Äquivalenzhöhe müsste man fallen, um (bei vernachlässigter Luftreibung) mit einer Geschwindigkeit von 122km/h wie bei einem Verkehrsunfall gegen einen Eisenträger geschleudert zu werden?

Um wieviel Prozent wird das Gewicht ( $m \cdot g$ ) jedes Gegenstands am Äquator infolge der Erdrotation durch die Zentrifugalkraft geringer? Der Erdradius beträgt 6370km. ( Erdbeschleunigung  $g = 9,81\text{ms}^{-2}$  )

Welche Maßeinheiten werden heute als sog. SI-Einheiten verwendet? Welche physikalische Größen werden damit jeweils beschrieben?

Hängt man ein Massestück von 50g an eine Schraubenfeder, so schwingt das System frei mit einer Schwingungsdauer von 0,6s. Wie groß ist die in der Feder gespeicherte Energie, wenn das Massestück im statischen (=ruhenden) Zustand an der Feder hängt?

Hilfsmittel: Taschenrechner

1. Physik Klausur für Mediziner

SS 2000

1.  $V = \pi \cdot r^4 \cdot \frac{\Delta p}{8 \eta \cdot l} \cdot \Delta t$

$\Delta p = \rho_{\text{Wasser}} \cdot g \cdot \Delta h = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,2 \text{m} = 1962 \text{Pa}$

$V = \pi \cdot (0,2 \cdot 10^{-3} \text{m})^4 \cdot \frac{1962 \text{Pa} \cdot 300 \text{s}}{8 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s} \cdot 0,17 \text{m}} = 9,57 \cdot 10^{-5} \text{m}^3 = 2,57 \text{cm}^3$

2. Das Boyle- Mariottesche Gesetz -  $pV = \text{const.}$  - beschreibt isotherme Zustandsänderungen.

Adiabatische Zustandsänderungen: Zustandsänderungen ohne Wärmeaustausch zwischen Gas und Umgebung.

In einem isolierten Gas steigt, wenn das Volumen komprimiert wird, neben dem Druck auch die Temperatur.

Das Boyle- Mariottesche Gesetz berücksichtigt diese Tatsache nicht, da es eine stets konstante Temperatur, d.h. sehr guten Austausch mit der Umgebung voraussetzt.

Modifizierte Gleichung:  $p \cdot V^{\kappa} = \text{const.}$

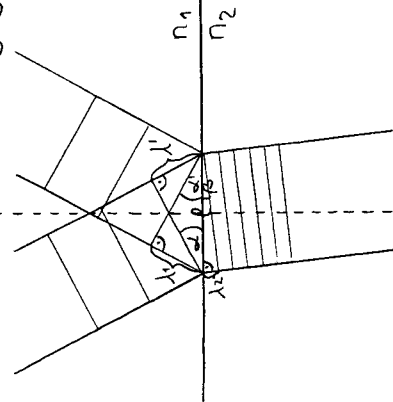
$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$

$c_p$ : spezifische Wärmekapazität bei isobaren Zustandsänderungen

$c_v$ : spezifische Wärmekapazität bei isochoren Zustandsänderungen

3. Snelliussches Brechungsgesetz:

$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$



Einfallswinkel  $\alpha$   
Reflexionswinkel  $\alpha'$   
Brechungswinkel  $\beta$

$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{f}{f} = \frac{c \cdot \frac{1}{\lambda_2}}{c \cdot \frac{1}{\lambda_1}} = \frac{n_2}{n_1}$

Erläuterung: rechtwinkliges Dreieck

Während die letzte Wellenfront im optisch dünneren, oberen Medium gerade noch die Strecke  $\lambda_1$ , bis zur Grenzfläche zurücklegt, breitet sich die Welle im optisch dichteren Medium ( $n_2$ ) schon mit kleinerer Phasengeschwindigkeit ( $v_2 = \lambda_2 \cdot f$ ) aus.

Aufgrund des Energieerhaltungssatzes ändert sich die Frequenz bei Lichtbrechung nicht.  $f$  kann daher geteilt werden.

4. Ruhespannung ist die Leerlaufspannung einer Batterie, d.h. die Spannung, die in der Quelle im belastungsfreien Zustand vorherrscht.

Klemmenspannung ist die Spannung, die sich bei Belastung der Quelle im äußeren Stromkreis einstellt.

Die Differenz der beiden Spannungen ist der Spannungsabfall in der Quelle im belasteten Zustand.

$U_B - R_i I = \underbrace{R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + \dots}_{\text{Spannungsabfall i.d. Quelle}} = \text{Klemmenspannung}$

5.  $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{25 \text{m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \approx 10 \text{s}$

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10 \text{s}} = 0,1 \text{Hz}$

(6) Impuls: Masse mal Geschwindigkeit  
 Kraftstoß: einwirkende Kraft in einer sehr kurzen Einwirkzeit

mathematisch

Sowohl Impuls als auch Kraftstoß leiten sich aus dem II. bzw III. Newtonschen Gesetz ab,

Kraftstoß:  $F = m \cdot a = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$

Impuls:  $F_1 = -F_2$

$m_1 \cdot a_1 = -m_2 \cdot a_2$

$m_1 \cdot \frac{\Delta v_1}{\Delta t} = -m_2 \cdot \frac{\Delta v_2}{\Delta t}$  vgl. Kraftstoß

$m_1 \cdot \Delta v_1 = -m_2 \cdot \Delta v_2$

$m_1 \Delta v_1 + m_2 \Delta v_2 = 0$  Impulserhaltung

(7)  $\int m v^2 = m \cdot g \cdot h$

$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(33,9 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \approx 58,6 \text{ m}$

$v = \frac{122 \cdot 10^3 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 33,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(8)  $v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot 6370 \cdot 10^3 \text{ m}}{24 \cdot 3600 \text{ s}} \approx 463 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

↑ eine Umdrehung / Tag

zentrifugalkraft:  $F_z = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow$

$\ddot{a}_z = \frac{v^2}{r} = \frac{(463 \text{ m/s})^2}{6370000 \text{ m}} = 0,03 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$\frac{g-a}{g} = \frac{9,81 \text{ m/s}^2 - 0,03 \text{ m/s}^2}{9,81 \text{ m/s}^2} = 99,7 \%$

Das Gewicht wird auf 99,7% reduziert.

SI-Einheiten

Kilogramm (kg)	Masse
Sekunde (s)	Zeit
Meter (m)	Länge
Kelvin (K)	Temperatur
Ampère (A)	Stromstärke
Candela (cd)	Lichtstärke
Mol (mol)	Stoffmenge

(10)  $\epsilon = \frac{1}{2} D x^2$

$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}} ; D = \frac{4\pi^2 \cdot m}{T^2} = \frac{4\pi^2 \cdot 0,05 \text{ kg}}{(0,6 \text{ s})^2} \approx 55 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

im stationären Zustand:

$m \cdot g = D \cdot x$

$x = \frac{m \cdot g}{D} = \frac{0,05 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{55 \frac{\text{N}}{\text{m}}} \approx 0,09 \text{ m}$

$\epsilon = \frac{1}{2} \cdot 55 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0,09 \text{ m})^2 = 0,22 \text{ J}$



Physikpraktikum für Mediziner SS 2000

2. Klausur, Mittwoch, den 12.07.2000 ab 18.30; Abz: 70 Min.

1) Was kennzeichnet einen "voll elastischen" Stoß, bzw. einen "voll inelastischen" Stoß?

2) Jemand hält ein 5 kg-Massestück mit waagrecht gestrecktem Arm. Berechnen Sie die (in etwa) auftretende kraftmäßige Zugbelastung des Armmuskels. Die Armlänge beträgt 60 cm, und der Ansatz des Muskels liegt (ca.) 2,5 cm über dem Schultergelenk.

3) Beschreiben Sie die Vorgänge "Stehen" und "Gehen" physikalisch mit Hilfe des Begriffs "Schwerpunkt"!

4) In einem Dewargefäß befindet sich 1 Liter Wasser von  $60^{\circ}\text{C}$ . Nachdem man etwas Eis (von  $0^{\circ}\text{C}$ ) dazugegeben, den Schmelzvorgang, sowie den Temperaturausgleich abgewartet hat, misst man nur noch  $40^{\circ}\text{C}$ . Wieviel Eis wurde hinzu gegeben? (Der Wasserwert des Gefäßes sei vernachlässigbar klein.)

5) Wie groß ist die Brennweite einer planparallelen Fensterscheibe? Begründen Sie Ihre Antwort physikalisch verständlich!

6) Ein Mikroskopobjektiv hat die Brennweite 5mm, das benutzte Okular 2,5cm. Die optische Tubuslänge des Mikroskops beträgt 160mm.

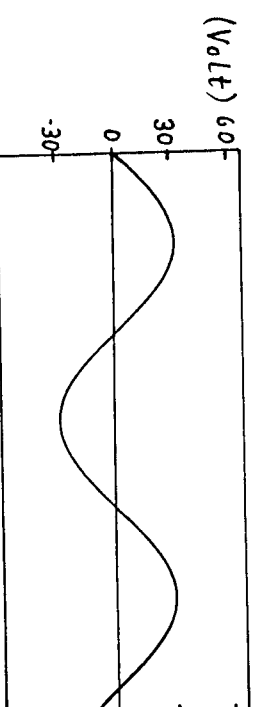
Wie groß ist:

a) die Okularvergrößerung?

b) die Gesamtvergrößerung des Mikroskops?

c) die Objektivvergrößerung?

7) An einen Ohmschen Widerstand ist eine Wechselspannung angelegt. Ein in Reihe geschaltetes Amperemeter zeigt 200 mA an. Auf dem Schirm eines parallel zum Widerstand geschalteten Oszillografen erscheint folgendes Bild:



Wieviel Energie wird in einer Minute an diesem Widerstand in Wärme umgesetzt?

8) Geben Sie (algebraisch) die maximale Geschwindigkeit  $v$  der Elektronen in einer Röntgenröhre explizit als Funktion der variablen Beschleunigungsspannung  $U$  an!

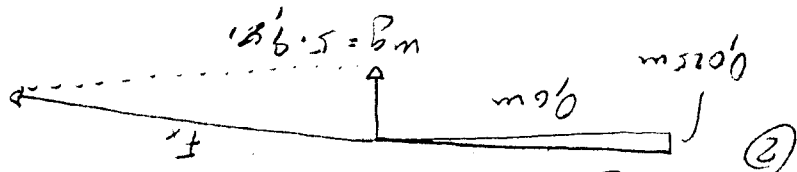
9) Eine Laborantin hantiert mit einem radioaktiven Präparat in ca. 50cm Abstand. Ihr Chef, der in 2,5m Abstand vom Präparat neben ihr steht, gibt die Anweisungen. Wieviel Prozent der Strahlungsbelastung der Laborantin beträgt die des Chefs?

10) "Bayern 5" sendet (u.a.) bei der Frequenz 105,5 MHz. Wie lang wäre die Sendeanenne, wenn sie in der Grundfrequenz schwingt (und sendet)?

Hilfsmittel: Taschenrechner

Spezifische Schmelzenergie von Eis: 333 J/g

- ① Wärmeabfuhr: Wärmeverlust - Verlust  
 Wärmeverlust: Wärmeverlust - Verlust  
 Wärmeverlust: Wärmeverlust - Verlust  
 Wärmeverlust: Wärmeverlust - Verlust



$F_x = 0.6 \cdot 5.981 \text{ (N)} = 1177 \text{ N}$   
 $F_x = 0.25 \cdot F_x = 0.60 \cdot w_g$

- ③ Stellen: Richtiges Gebräuch = Schwerepunkt über dem Auflagerpunkt  
 Gebräuch: permanente Fächerbewegung in der Nähe des Auflagerpunktes  
 Gebräuch: permanente Fächerbewegung in der Nähe des Auflagerpunktes  
 Gebräuch: permanente Fächerbewegung in der Nähe des Auflagerpunktes

$4.2 \cdot 1000 \cdot (60 - 40) = 353 \cdot m + 4.2 \cdot m \cdot (40 - 0)$

$84000 = m(353 + 168) ; m = \frac{84000}{501} \text{ g} = 168 \text{ g}$

- ⑤ f - D: 8m großen Gießbehälter wird nicht mehr zum  
 umklappen gebracht; Brückkraft  $D = \frac{1}{5} \rightarrow 0$

$f_{04} = \frac{25 \text{ cm}}{10 \times} = 10 \times ; f_{04} = 25 \cdot t = \frac{25 \cdot 16}{2.5 \cdot 0.5} = 320 \times$

$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = \frac{50 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 21.2 \text{ V} ; W = U \cdot I \cdot t = 21.2 \cdot 0.2 \cdot 60(3) = 254.7$

$U_e = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2U_e}{m}}$   
 $e$ : Elementarladung = Faraday!  
 $m_e$ : Elektronenmasse = Faraday!

④ quadratische Kurve oder Lösung:  
 $\left(\frac{1}{5}\right)^2 = \left(\frac{1}{5}\right)^2 = \frac{1}{4} = \frac{25}{100} = 4\%$   
 mit der Distanz:

⑩  $c = \lambda \cdot f ; \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{105.5 \cdot 10^6} = 2.84 \text{ m}$   
 $\lambda = 2\lambda \Rightarrow \lambda = \lambda/2 = 1.42 \text{ m}$