

Physik F'91

Klausur vom 19.03.91

Und das alles zum fantastischen Preis von 1 DM
bei einer Auflage von
1000 Stück

Herausgegeben von der Fachschaft Mathematik/Informatik
Für die Wiedereinführung der Verfaßten Studierendenschaft
Vorfinanziert mit Hilfe der Semestermarke
Gedruckt beim Studentenserviceverein



Umbrecher: Thomas
Viele Grüße und einen dicken Kuß an Gina

1) Ein Schwungrad mit Radius R und mit Massenträgheitsmoment I rotiere mit der Winkelgeschwindigkeit ω_0 . Es wird durch eine konstante tangential am Umfang angreifende Kraft F im Zeitintervall Δt auf die Kreisfrequenz ω_1 abgebremst.

- Berechnen Sie die Kraft F .
- Berechnen Sie die mittlere Bremsleistung P .
- Wieviele Umdrehungen Z führt das Rad innerhalb Δt aus?

Zahlenwerte: $\omega_0 = 2 \text{ s}^{-1}$ $\omega_1 = 1,5 \text{ s}^{-1}$ $\Delta t = 10 \text{ s}$ $I = 10^4 \text{ kgm}^2$ $R = 1 \text{ m}$

2) Eine Fernsehgesellschaft will ihre Programme über einen Satelliten ausstrahlen. Dieser soll geostationär umlaufen, d.h. relativ zu einem festen Punkt der Erde in Ruhe sein.

- Berechnen Sie die Höhe h über der Erdoberfläche, in welcher der Satellit stehen muß.
- Begründen Sie, daß eine solche stationäre Position nur über dem Äquator möglich ist.
- Welche Mindestenergie muß für den Satelliten der Masse m_s aufgebracht werden, um ihn in diese Position zu bringen?

Zahlenwert: $m_s = 1 \text{ t}$

3) Zur Erwärmung von 300 l Brauchwasser von der Temperatur T_1 auf die Temperatur T_2 wird ein elektrischer Heizstab verwendet. Er benötigt dazu die Zeit Δt . Er soll durch eine Wärmepumpe ersetzt werden, die mit 40% des idealen Wirkungsgrades arbeitet und die gleiche Erwärmung in der halben Zeit schaffen soll.

- Welche Leistung P_H muß der Heizstab haben?
- Skizzieren Sie das Schema einer Wärmepumpe.
- Welche elektrische Leistung P_W muß die Wärmepumpe haben?
- Ermöglicht die Wärmepumpe unter den genannten Bedingungen eine Energieeinsparung und wie groß wäre diese gegebenenfalls für jeden Aufwärmvorgang?

Zahlenwerte: $T_1 = 14 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ $\Delta t = 20 \text{ h}$

4) Ein Wasserkraftwerk nutzt einen Höhenunterschied von 190 m aus. Durch die Turbinen strömen pro Sekunde 6 m^3 Wasser.

- Wie groß ist die erzeugte elektrische Leistung bei einem Wirkungsgrad von 0,9?
- Die Leistung soll über eine Entfernung von 60 km über eine Kupfer-Freileitung mit einem Querschnitt der Hin- und der Rückleitung von je 1 cm^2 übertragen werden. Wie groß ist der gesamte Leitungswiderstand R_L ?
- Welche Spannung muß man dabei verwenden, damit die Leitungsverluste nur 1,7% betragen?
- Angenommen, das Kraftwerk arbeite mit einer Spannung von 220V. Am Ende der Leitung soll maximale Leistung entnommen werden. Wie groß muß der Widerstand R_V des Verbrauchers sein und wie groß ist die entnommene Leistung? (Der Generator-Innenwiderstand bleibe vernachlässigt.)

Zahlenwert: Spezifischer Widerstand von Kupfer: $\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ } \Omega \text{ m}$

5) Eine lange Spule mit der Länge L und der Gesamtwindungszahl n wird von einem Strom I durchflossen. In der Spule befindet sich eine kreisförmige Drahtwindung mit Radius r , die um eine Achse, die in der Drahtwindung liegt, senkrecht zum B-Feld der Spule drehbar ist.

- Die Drahtwindung ist zunächst frei drehbar. Durch sie fließt ein Gleichstrom I_G . Welches Drehmoment tritt auf und in welche Richtung stellt sich die Drahtwindung ein?
- Die Drahtwindung wird jetzt, ohne daß durch sie ein Gleichstrom fließt, um ihre Drehachse mit der Frequenz f gedreht. Welche Scheitelspannung U_0 tritt an den Enden der Drahtwindung auf?

Zahlenwerte: $L = 0,5 \text{ m}$ $n = 600$ $I = 2 \text{ A}$ $I_G = 3 \text{ mA}$ $r = 7 \text{ cm}$ $f = 5 \text{ Hz}$

6) Ein elektronisches Blitzgerät wird mithilfe eines Kondensators der Kapazität C gezündet. Der Kondensator wird jeweils aus einer Quelle der Spannung U über einen Widerstand R_L aufgeladen bis nach einer Ladezeit t_L die Ladung Q_L erreicht ist. Berechnen Sie

- die Spannung U_C , die nach Ablauf von t_L am Kondensator erreicht wird
- die gespeicherte Energie E_L .
- Leiten Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung am Kondensator her und bestimmen Sie den Wert des Ladewiderstandes R_L .
- Wie groß ist die maximale Blitzdauer bei konstanter Blitzleistung P , wenn der Blitz nach Unterschreiten der Löschspannung $U_{\text{Lösch}}$ abbricht?

Zahlenwerte: $P = 100 \text{ kW}$ $C = 400 \text{ } \mu\text{F}$ $Q_L = 0,32 \text{ C}$ $t_L = 0,5 \text{ s}$ $U = 1 \text{ kV}$ $U_{\text{Lösch}} = 275 \text{ V}$

7) Elektronen werden durch eine Spannung U_0 auf eine Geschwindigkeit v beschleunigt. Sie bewegen sich in einem zu v senkrechten, homogenen Magnetfeld B auf einer Kreisbahn mit dem Radius r .

a) Welche Stärke hat das Magnetfeld B ?

b) Wie ändern sich Radius und Kreisfrequenz ω der Umlaufs, wenn die Beschleunigungsspannung bei konstantem Magnetfeld auf $2U_0$ verdoppelt wird?

c) Welcher relativistische Effekt tritt bei hohen Teilchengeschwindigkeiten auf? Wie muß B dann verändert werden, damit die Kreisfrequenz ω der Umlaufs konstant bleibt?

Zahlenwerte: $U_0 = 1 \text{ kV}$ $r = 5 \text{ cm}$

8) Es soll ein Due für Violine und Klavier gespielt werden. Der Klavierspieler schlägt die Taste an, die den Kamerton 'a' bei $\nu_1 = 440 \text{ Hz}$ erklingen läßt. Als der Geiger seine 'a' Saite anstreicht, hört man Schwebungen von $\nu_s = 2 \text{ Hz}$.

a) Mit welcher Frequenz ν_2 schwingt die Saite des Geigers?

b) Nach leichtem Spannen der Saite erhöht sich die Schwebungsfrequenz ν_s . War ν_2 im Fall a) größer oder kleiner als ν_1 ? Begründen Sie Ihre Aussage.

c) Mit welcher Geschwindigkeit v müßte sich der Geiger relativ zum Pianisten bewegen, damit dieser im Fall a) keine Schwebungen mehr wahrnimmt?

d) Eine Violine Saite liege im Abstand L an beiden Enden auf. Geben Sie für eine vorgegebene Schallgeschwindigkeit v_{sch} des Saitenmaterials für den n -ten Oberton die Wellenzahl k_n und die Kreisfrequenz ω_n an.

9) Wasserstoffatome werden durch Elektronenstoß aus dem Grundzustand angeregt. Im Emissionsspektrum werden 6 Linien beobachtet.

a) Skizzieren Sie die beteiligten Energieebenen und die Übergänge und kennzeichnen Sie die Niveaus mit der entsprechenden Hauptquantenzahl n .

b) Welche kinetische Energie müssen Elektronen mindestens haben, damit bei der Anregung das Emissionsspektrum der H-Atome die genannten 6 Spektrallinien enthält?

c) Geben Sie die Wellenlänge λ_{min} und λ_{max} der energiereichsten bzw. der energieärmsten Spektrallinie an.

d) Die Emissionslinien werden mit einem Prismenspektrometer registriert. Skizzieren Sie ein solches Spektrometer und zeichnen Sie den Strahlengang ein.

10) Bei einem Kernfusions-Experiment sollen sich zwei Deuterium-Kerne (${}^2_1\text{H}$) gegen die abstoßende elektrische Kraft ihrer beiden Ladungen auf den Abstand r_{min} nähern, damit die Kernkräfte wirksam werden.

a) Berechnen Sie die kinetische Energie W in MeV, die von jedem der beiden Teilchen mindestens aufgebracht werden muß, damit sich die beiden Deuteriumkerne bis auf r_{min} nahekomen.

b) Wie hoch ist die entsprechende Temperatur T des als Gas zu betrachtenden Deuteronenplasmas, wenn diese Energie gleich der mittleren kinetischen Energie der Teilchen ist?

c) Geben Sie die freiwerdende Bindungsenergie für eine solche Fusionsreaktion in MeV an, wenn als Reaktionsprodukte je ein ${}^3_2\text{He}$ -Kern und ein Neutron entstehen.

d) Skizzieren Sie den Verlauf der Bindungsenergien E_B/A als Funktion der Massenzahl der Kerne.

Zahlenwerte: $r_{min} = 10^{-14}$

Die Bindungsenergie pro Nukleon E_B/A sind für ${}^2_1\text{H} = 1,11 \text{ MeV}$ ${}^3_2\text{He} = 2,57 \text{ MeV}$

Erdradius	$R_E = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$
Masse der Erde	$M_E = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Gravitationskonstante	$\gamma = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
Elementarladung	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$
Ruhemasse des Elektrons	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Boltzmann-Konstante	$k = 1,4 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Schallgeschwindigkeit in Luft	$v_s = 340 \text{ m s}^{-1}$
Rydberg-Konstante	$R_y = 13,6 \text{ eV}$
Lichtgeschwindigkeit	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Plancksche Konstante	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ W s}^2$
Elektrische Feldkonstante	$\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ As V}^{-1} \text{ m}^{-1}$
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs A}^{-1} \text{ m}^{-1}$

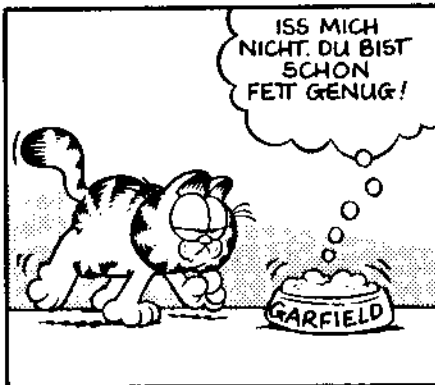
Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Punkte	3	4	4	3	4	5	4	4	5	4

Die Lösungen

Zum Herausnehmen

Aufgabe 1

- a) $\omega_1 = \omega_0 - \alpha \Delta t$; $\alpha = \text{Winkelbeschleunigung}$
 $F \cdot R = I \cdot \alpha$
 $F = (I \cdot \alpha) / R = (I/R) \cdot (\omega_0 - \omega_1) / \Delta t = (10^4 \text{ kg m}^2 \cdot 0,5 \text{ s}^{-1}) / (1 \text{ m} \cdot 10 \text{ s}) = 500 \text{ N}$
- b) $P = M \cdot \omega = M \cdot (\omega_0 + \omega_1) / 2 = F \cdot R (\omega_0 + \omega_1) / 2 = I \cdot ((\omega_0 - \omega_1)(\omega_0 + \omega_1)) / (2 \Delta t)$
 $= I \cdot (\omega_0^2 - \omega_1^2) / (2 \cdot \Delta t) = (10^4 \text{ kg m}^2 \cdot (4 - 2,25) \text{ s}^{-2}) / (20 \text{ s}) = 875 \text{ N m s}^{-1}$
- c) $2\pi \cdot Z = \omega_0 \cdot \Delta t - (1/2) \alpha \cdot \Delta t^2$
 $Z = 1/(2\pi) \cdot (\omega_0 \cdot \Delta t - (1/2) \cdot (F \cdot R) / I \cdot \Delta t^2)$
 $= 1/(2\pi) \cdot (2 \text{ s}^{-1} \cdot 10 \text{ s} - (500 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} \cdot 10^2 \text{ s}^2) / (2 \cdot 10^4 \text{ kg m}^2))$
 $= 1/(2\pi) \cdot (20 - 2,5) = 17,5 / (2\pi) \approx 2,79 \text{ Umdrehungen}$
 oder: $2\pi \cdot Z = \omega \cdot \Delta t = 3,5 \text{ s}^{-1} \cdot 10 \text{ s}$; $Z = 2,79$



Aufgabe 2

- a) für eine stationäre Position müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:

$$(1) \quad m_s \cdot \omega_s^2 \cdot R^* = \gamma \cdot (M_E \cdot m_s) / (R^{*2}) \quad \text{Dabei ist } R^* = R_E + h$$

$$(2) \quad \omega_s = \omega_E$$

$$R^{*3} = \gamma \cdot M_E / \omega_E^2$$

$$h = \sqrt[3]{\gamma \cdot M_E / \omega_E^2} - R_E$$

$$= \sqrt[3]{6,7 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2} \cdot (6 \cdot 10^{24} \text{ kg}) / (7,27 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1})} - 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$= 3,6 \cdot 10^7 \text{ m} = 36 \text{ km}$$

- b) Betrag und Richtung der Winkelgeschwindigkeit ω_s und ω_E müssen gleich sein. Dies ist nur für eine Bahn über dem Äquator möglich.
- c) Differenz der Gesamtenergie in beiden Positionen ergibt sich aus:

$$E_{\text{ges}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} \quad E_{\text{pot}} = -\gamma \cdot (M_E \cdot m_s) / R$$

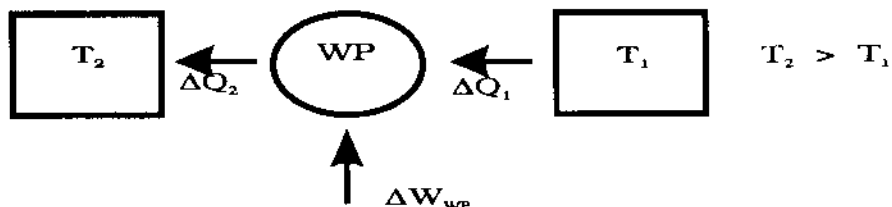
$$\Delta E_{\text{ges}} = (m_s/2) \cdot \omega_E^2 \cdot (R^{*2} - R_E^2) + \gamma \cdot M_E \cdot m_s \cdot (1/R_E - 1/R^*) = 2,88 \cdot 10^{10} \text{ N m}$$

Aufgabe 3

- a) Heizleistung: Zufuhr von Wärmemenge pro Zeit

$$P_H = (\Delta Q_2) / (\Delta t) = (c \cdot m \cdot \Delta T) / (\Delta t) = (4,2 \text{ Ws} \cdot 300 \text{ kg} \cdot 46 \text{ K}) / (\text{g} \cdot \text{K} \cdot 7,2 \cdot 10^4 \text{ s}) = \mathbf{0,81 \text{ kW}}$$

- b)



- c) $P_{WP} = (\Delta W_{WP}) / (\Delta t)$

$$\eta_{id} = T_2 / (T_2 - T_1) = (333 \text{ K}) / (46 \text{ K}) = 7,2 \quad \eta_{eff} = 0,4 \quad \eta_{id} = 2,9 = (\Delta Q^2) / (\Delta W_{WP})$$

$$P_{WP} = (\Delta Q_2) / ((\Delta t/2) \cdot \eta_{eff}) = (2 \cdot P_H) / \eta_{eff} = (2 \cdot 0,81 \text{ kW}) / 2,9 = \mathbf{0,56 \text{ kW}}$$

- d) Pro Aufwärmungszyklus beträgt die Energieersparnis

$$P_H \cdot \Delta t - P_{WP} \cdot \Delta t / 2 = (0,81 \cdot 20 - 0,56 \cdot 10) \text{ kWh} = \Delta W = \mathbf{10,6 \text{ kWh}}$$

Aufgabe 4

- a) Elektrische Leistung

$$P_{el} = \eta \cdot \Delta E_{pot} \cdot t^{-1} = 0,9 \cdot 6 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ s}^{-2} \cdot 190 \text{ m s}^{-1} = \mathbf{10 \text{ MW}}$$

- b) Leitungswiderstand

$$R_L = \rho \cdot l \cdot A^{-1} = (1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m} \cdot 2 \cdot 6 \cdot 10^4 \text{ m}) / (10^{-4} \text{ m}^2) = \mathbf{20,4 \Omega}$$

- c) Verlustleistung

$$R \cdot I^2 = 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot P_{el} = 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \text{ MW} = 1,7 \cdot 10^5 \text{ W} = 20,4 \cdot I^2$$

$$I = \sqrt{[(1,7 \cdot 10^5 \text{ W}) / (20,4 \Omega)]} = \mathbf{91,3 \text{ A}}$$

$$U = P_{el} / I = (10 \text{ MW}) / (91 \text{ A}) = \mathbf{1,1 \cdot 10^5 \text{ V} = 110 \text{ kV}}$$

- d) $U = I \cdot (R_L + R_V)$ $P_V = I^2 \cdot R_V$ soll maximal werden bei festem U und R_L

$$dP_V / dR_V = d/dR_V \cdot ((U^2 \cdot R_V) / (R_L + R_V)^2) = (U^2 \cdot (R_L - R_V)) / (R_L + R_V)^3 = 0, \text{ dann } P_V \text{ maximal}$$

Dies ist der Fall für $R_L - R_V = 0$, d.h. $R_V = R_L = 20,4 \Omega$. Dann ist

$$P_V = (U^2 \cdot R_V) / (R_L + R_V)^2 = ((220 \text{ V})^2 \cdot 20,4 \Omega) / (2 \cdot 20,4 \Omega)^2 = \mathbf{593 \text{ W}}$$

Aufgabe 5

Magnetfeld der Spule: $B = \mu_0 \cdot (n/L) \cdot I = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ V s A m}^{-1} \cdot ((6 \cdot 10^2)/(0,5 \text{ m})) \cdot 2 \text{ A} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Tesla}$

a) Dipolmoment μ der Drahtwindung

$$|\mu| = \mu = A \cdot I_G = \pi \cdot r^2 \cdot I_G = 2\pi \cdot (7 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 \cdot 3 \text{ A} = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ A m}^2$$

Drehmoment im Feld B:

$$|M| = |\mu \otimes B| = |\mu| \cdot B \cdot \sin \alpha = 1,4 \cdot 10^{-7} \text{ W s} \cdot \sin \alpha \quad ; \alpha = \text{Winkel } (\mu, B)$$

Die Drahtwindung stellt sich mit Vektor μ (der senkrecht auf der Spulenebene steht) **parallel** zum Vektor B ein.

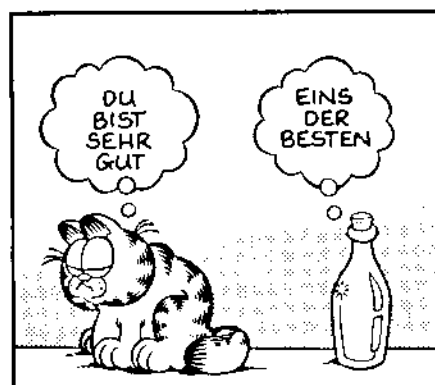
b) Maximaler magnetischer Fluß durch Windung: $\Phi_0 = A \cdot B = \pi \cdot r^2 \cdot B = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ Vs}$

Bei Drehung wird $\Phi(t) = \Phi_0 \cdot \cos \omega t = A \cdot B \cdot \cos 2\pi f t$

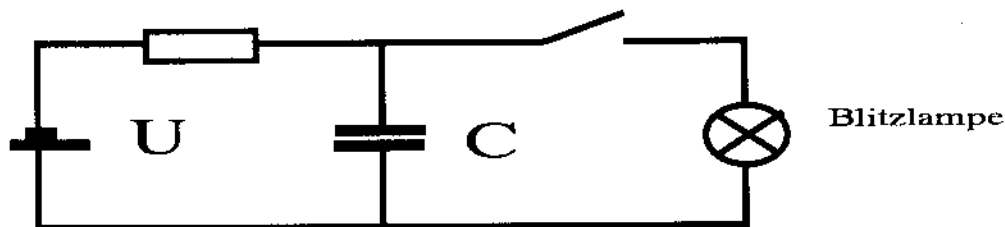
$$U_{\text{ind}}(t) = -(d\Phi(t)/dt) = \omega \Phi_0 \sin \omega t = U_0 \sin 2\pi f t$$

$$U_0 = \omega \Phi_0 = 2\pi f \cdot A \cdot B = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ V}$$

$$U_{\text{ind}}(t) = 1,44 \cdot 10^{-3} \cdot \sin \omega t \text{ V}$$



Aufgabe 6



- a) $Q_L = C \cdot U_C$ $U_C = (0,32 \text{ Coul.}) / (4 \cdot 10^{-4} \text{ F}) = 800 \text{ V}$
- b) $E_L = (C \cdot U_C^2) / 2 = (1/2) \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ F} \cdot (800 \text{ V})^2 = 128 \text{ F} \cdot \text{V}^2 = 128 \text{ Joule}$
- c) $-U + I \cdot R_L + U_C = 0$

$$I \cdot R_L = U - U_C = U - q/C$$

$$R_L \cdot (dq/dt) = -(1/C) \cdot (q - UC)$$

$$(dq/(q - UC)) = -(1/(R_L \cdot C)) dt \quad ; \text{Integration } \int \frac{1}{Q} \text{ und } \int dt$$

$$\ln(Q - UC) - \ln(-UC) = -(t_L / (R_L \cdot C))$$

$$Q(t) = U \cdot C \cdot (1 - \exp(-t_L / (R_L \cdot C))) \quad U_C(t) = U \cdot (1 - \exp(-t_L / (R_L \cdot C)))$$

$$\exp(-t_L / (R_L \cdot C)) = 1 - U_C / U = (U - U_C) / U$$

$$-t_L / (R_L \cdot C) = \ln(U - U_C) / U$$

$$t_L / (R_L \cdot C) = \ln(U / (U - U_C)) \quad ; \text{ mit } U_C = U_L$$

$$R_L = t_L / (C \cdot \ln(U / (U - U_L))) = (0,5 \text{ s}) / (4 \cdot 10^{-4} \text{ F} \cdot \ln((10^3 \text{ V}) / (10^3 \text{ V} - 800 \text{ V}))) = 776,7 \Omega$$

- d) Blitzenergie $E = E_L - E(t_{\max})$

$$E_L = 128 \text{ Joule} \quad ; E(t_{\max}) = 1/2 C U_L^2$$

$$E = (128 \text{ J} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ F} \cdot (275 \text{ V})^2) = 112,8 \text{ Joule}$$

$$\text{Blitzleistung } P = E / t_{\max} \quad ; t_{\max} = 1,13 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$



Aufgabe 7

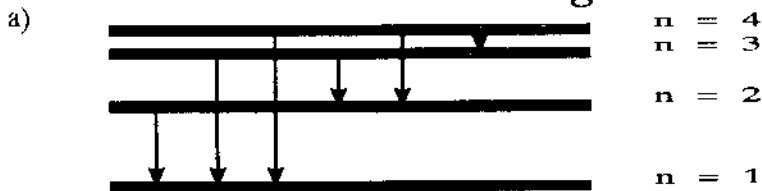
- a) $F_{\text{Zentripetal}} = F_{\text{Lorentz}} \quad ; \quad (m \cdot v^2)/r = e \cdot v \cdot B$
 $B = (m \cdot v^2)/(r \cdot e \cdot v) = (m \cdot v)/(e \cdot r)$
 $(m \cdot v^2)/2 = e \cdot U_0 \quad ; \quad v = \sqrt{[(2 \cdot e \cdot U_0)/m]}$
 $B = (1/r) \sqrt{[(2 \cdot U_0 \cdot m)/e]} = (1/0,05 \text{ m}) \sqrt{[(2 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg})/(1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As})]} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ Vs/m}^2$
- b) $r \sim \sqrt{[U_0]} \quad ; \quad r$ nimmt um den Faktor $\sqrt{[2]}$ zu, wenn Beschleunigungsspannung auf $2 U_0$ erhöht wird.
- $\omega = (e/m) \cdot B = \text{const} \Leftrightarrow f(U_0)$ (nichtrelativistisch)
- c) Es tritt relativistische Massenzunahme auf:
 $m = m_0 / (\sqrt{[1 - v^2/c^2]}) \quad ; \quad \omega \sim B/m$
 B muß proportional m anwachsen, wenn ω konstant bleiben soll.



Aufgabe 8

- a) Schwebungsfrequenz $v_s = |v_2 - v_1|$
 $v_2 = v_1 \pm v_s = (440 \pm 2) \text{ Hz}$
- b) $v_2 > v_1$, da $v = (1/(2 \cdot l)) \sqrt{[k \cdot (p/(pq))]}$
 mit $l =$ Saitenlänge, $k = \text{const}$, $p/q = \text{Kraft/Querschnitt} = \text{Spannung der Saite}$
- c) Doppler-Effekt bei bewegter Quelle
 $v' = v/(1 \pm v/v_s) = v(1 \pm v/v_s)$ für $v \ll c$
 $|\Delta v|/v = v/v_s$
 $v = v_s \cdot \Delta v/v = 340 \text{ m s}^{-1} \cdot (2 \text{ Hz})/(440 \text{ Hz}) = 1,55 \text{ m s}^{-1}$
- d) n -ter Oberton: $L = (n + 1) \cdot (\lambda \cdot n)/2$
 somit $k_n = (2\pi)/(\lambda n) = (n + 1) \cdot \pi/L$
 $\omega_n = k_n \cdot v_{\text{Sch}} = (n + 1) \cdot \pi/L \cdot v_{\text{Sch}}$

Aufgabe 9

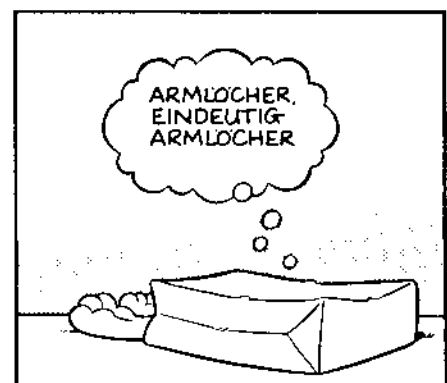
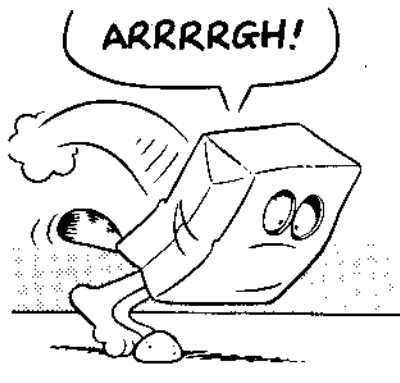
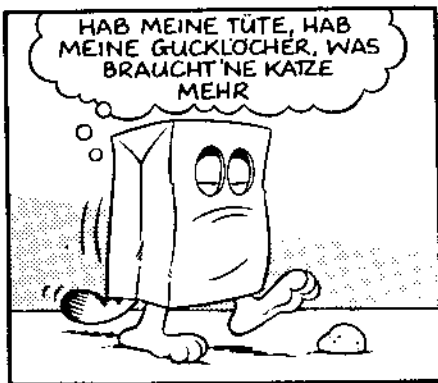
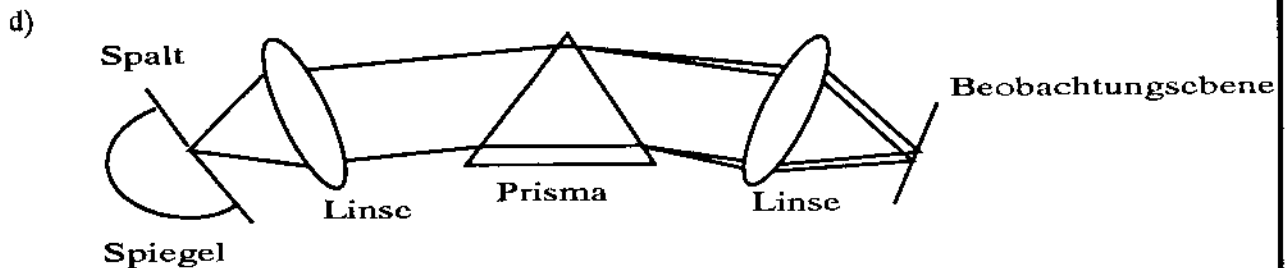


b) $E_e = \Delta E_{n,m} = R_y \cdot (1/n^2 - 1/m^2) = 13,6 \text{ eV} \cdot (1 - 1/16) = 12,8 \text{ eV}$

c) $E = (h \cdot c) / \lambda \quad ; \quad \lambda = (h \cdot c) / E$

$$\lambda_{4,1} = (6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Ws}^2 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}) / (13,6 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}) \cdot 16/15 = 9,7 \cdot 10^{-8} \text{ m} = 97 \text{ nm} = \lambda_{\min}$$

$$\lambda_{4,3} = (6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Ws}^2 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}) / (13,6 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}) \cdot 1 / (1/9 - 1/16) = 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1900 \text{ nm} = \lambda_{\max}$$



Aufgabe 10

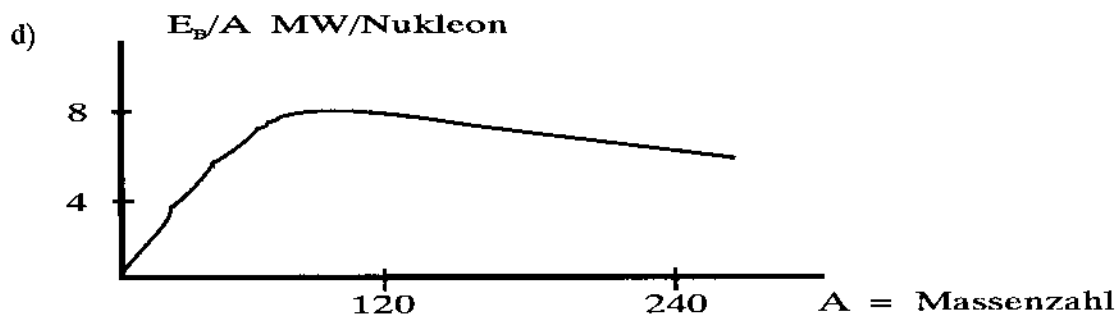
- a) $W = 1 / (4\pi \cdot \epsilon_0) \cdot e^2 / r$ = gesamte pot. Energie im Abstand r pro Teilchen muß $W/2$ aufgebracht werden:

$$W/2 = 1/2 \cdot 1 / (4\pi \cdot 8,8 \cdot 10^{-12} \text{ AsV}^{-1}\text{m}^{-1}) \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As})^2 / (10^{-14} \text{ m}) = 1,15 \cdot 10^{-14} \text{ VAs}$$

$$= (1,15 \cdot 10^{-14} \text{ VAs} \cdot e) / (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}) = 70 \text{ keV}$$

b) $3/2 \cdot k \cdot T = 1,15 \cdot 10^{-14} \text{ VAs}$

$$T = 2/3 \cdot (1,15 \cdot 10^{-14} \text{ VAs}) / (1,4 \cdot 10^{-23} \text{ VAs} \cdot \text{K}^{-1}) = 5,4 \cdot 10^8 \text{ K}$$



Klausurstatistik (Prüfer: Prof. Appel, Hasse, Kahle, Wuehl, Zeitnitz)

		baui	geod	mach	ciwe	ctec	info	wiwi
Anmeldungen	698	160	13	255	108	44	92	26
davon Wiederholer	123	12	3	42	5	25	21	15
nicht erschienen	50	13	0	20	7	4	5	1
	14	2	0	5	1	4	2	0
Teilnehmer	648	147	13	235	101	40	87	25
	109	10	3	37	4	21	19	15
erfolgreich	494	111	6	191	82	24	62	18
	88	9	3	31	4	15	13	13
nicht erfolgreich	154	36	7	44	19	16	25	7
	21	1	0	6	0	6	6	2
sehr gut	41	4	0	24	9	1	3	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
gut	102	18	0	50	23	1	9	1
	9	0	0	6	1	0	1	0
befriedigend	175	40	0	70	29	8	22	6
	28	2	0	13	1	5	2	5
ausreichend	176	49	6	47	21	14	28	11
	51	7	3	12	2	10	9	8
nicht ausreichend	154	36	7	44	19	16	25	7
	21	1	0	6	0	6	6	2
Durchschnittsnote	3,4	3,6	4,5	3,1	3,1	4,1	3,7	3,9
erfolgr. Tln.	3,0	3,2	4,0	2,7	2,7	3,5	3,2	3,6
Durchfallquote in %	24	24	54	19	19	40	29	28

