Aufgaben zur Klausur
zur Vorlesung Einführung in die Physik für Natur- und Umweltwissenschaftler
v. Issendorff, WS2013/14
18.02.2014

1) Eine Kanonenkugel wird unter einem Winkel von 45 Grad nach oben geschossen; Im höchsten Punkt ihrer Flugbahn erreicht sie eine Höhe von h=100 m. In welcher Entfernung von der Kanone trifft sie auf der Erdoberfläche auf? (Luftreibung kann vernachlässigt werden)

A. 100 m
B. 200 m
C. 400 m
D. 800 m
E. 1200 m

Lösung
Zunächst berechnen wir Geschwindigkeiten in x (horizontal) und z (vertikal)-Richtung. In vertikaler Richtung folgt aus der Energieerhaltung

$$\frac{1}{2} m\, v_z{}^2 = m\, g\, h \Rightarrow v_y = \sqrt{2\, g\, h}$$

Wg. des Winkels von 45 Grad gilt $v_x = v_y$
Die Flugzeit errechnet sich aus der Trajektorie für den Fall

$$z(t_2) = v_z t_2 - \frac{1}{2} g\, t_2{}^2 = 0 \Rightarrow t_2 = \frac{2v_z}{g} = 2\sqrt{\frac{2\, h}{g}}$$

Also $x = v_x t_2 = \sqrt{2\, g\, h}\, 2\sqrt{\frac{2\, h}{g}} = 4\, h$ = 400 m.

2) Ein dünner Ring rolle mit einer Anfangsgeschwindigkeit v_0=10 m/s eine schräge Rampe hinauf. Auf welcher Höhe bleibt er stehen? (gemeint ist der Höhenunterschied des Schwerpunkts)

A. 10 m
B. 100 m
C. 20 m
D. 5 m
E. 200 m

Lösung
Das Trägheitsmoment des dünnen Rings ist $J = m\, r^2$, die Winkelgeschwindigkeit $\omega = v/r$

Die kinetische Energie des rollenden Rings teilt sich in Rotationsenergie $E_{rot} = \frac{1}{2} J\, \omega^2$ und in Translationsenergie $E_{trans} = \frac{1}{2} m\, v^2$ auf.
Es gilt die Energieerhaltung

$$\frac{1}{2} J\, \omega^2 + \frac{1}{2} m\, v^2 = m\, g\, h \Rightarrow m\, v^2 = m\, g\, h \;\Rightarrow h = \frac{v^2}{g} = 10\, m$$

3) An einer Feder mit Federkonstante D=1000 N/m ist eine Masse von m=2 kg befestigt. Wenn man die Masse um Δx=10 cm aus der Ruhelage auslenkt und loslässt, wie groß ist dann die maximale kinetische Energie, die die Masse während der Schwingung erreicht?

A. 5 J
B. 50 J
C. 10 J
D. 100 J
E. 2,5 J

Lösung
Da sich periodisch kinetische in potentielle Energie umwandelt, ist die maximale kinetische Energie gleich der maximalen potentiellen Energie, $E_{pot}^{max} = \frac{1}{2}\, D\, \Delta x^2 = 5$ J

4) Eine Person dreht sich um sich selbst und hält dabei eine 2 m lange Schnur fest, an deren Ende ein Ball mit einer Masse von 5 kg befestigt ist. Wenn sich die Person einmal pro Sekunde um sich selbst dreht, mit welcher Kraft muss sie dann an der Schnur ziehen? (Schwerkrafteffekte vernachlässigt)

A. 395 N
B. 63 N
C. 126 N
D. 800 N
E. 25 N

Lösung
Die Zentripetalkraft ist

$$F_z = m\, \omega^2 r = m\, (2\, \pi\, f)^2 r = 395\, N$$

5) Das Stickstoffmolekül N_2 kann durch eine rotierende Hantel (2 Massepunkte mit jeweils der Masse m_N=2,3·10^{-26} kg im Abstand d_1=1·10^{-10} m) beschrieben werden, die mit einer Kreisfrequenz ω_0=3·10^{12} *1*/s senkrecht zur Molekülachse rotiert. Nun wird durch eine Schwingungsanregung der mittlere Abstand auf d_2=1,2·10^{-10} m vergrößert. Wie schnell rotiert das Molekül jetzt? (Tipp: denken Sie an die Drehimpulserhaltung!)

A. $2 \cdot 10^{12}$ 1/s
B. $4 \cdot 10^{12}$ 1/s
C. $2{,}5 \cdot 10^{12}$ 1/s
D. $5 \cdot 10^{12}$ 1/s
E. $1{,}25 \cdot 10^{12}$ 1/s

Lösung
Es gilt die Drehimpulserhaltung,

$$l_1 = l_2 \Rightarrow J_1\omega_1 = J_2\omega_2 \;\Rightarrow \omega_2 = \frac{J_1}{J_2}\omega_1 = \frac{{d_1}^2}{{d_2}^2}\omega_1 = \frac{1}{1{,}44} 3 * 10^{12}\,\frac{1}{\mathrm{s}}$$
$$= 2{,}1 * 10^{12}\;\frac{1}{\mathrm{s}}$$

6) Ein Ball mit einer Masse von m=0,5 kg werde mit einer Geschwindigkeit von v=20 m/s gegen eine Wand geworfen und springt elastisch zurück. Wenn man annimmt, dass er für 5 ms (also $5 \cdot 10^{-3}$ s) in Kontakt mit der Wand ist, und dass über diese Zeit konstante Kräfte wirken, wie groß ist dann die Kraft, die er auf die Wand ausübt? (Tipp: welcher Impuls wird übertragen?)

A. 4000 N
B. 40 N
C. 2000 N
D. 200 N
E. 8000 N

Lösung
Der Impuls des Balles vorher ist $p = mv$ = 10 kg m/s, die Impulsänderung doppelt so groß.
Da für diese gilt $\Delta p = Ft$, ist also $F = \Delta p / t$ =20 kg m/s / 5 ms = 4000 N.

7) Eine Billardkugel (Masse m_1=100 g) stoße im schwerelosen Raum mit einer Geschwindigkeit v_1=10 m/s zentral auf eine ruhende Bowlingkugel (Masse m_2=1 kg). Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich die Bowlingkugel nach dem Stoß?

F. 1,8 m/s
G. 0,9 m/s
H. 3,6 m/s
I. 10 m/s
J. 5 m/s

Lösung

Für die Geschwindigkeit der zweiten Masse nach dem zentralen Stoß gilt

$$v_2' = \frac{2\,m_1}{m_1 + m_2} v_1 = 1{,}8\,m/s$$

8) Ein Automotor erzeuge eine Drehmoment von *T*=100 Nm bei *f*=2400 Umdrehungen pro Minute. Welcher Leitung *P* entspricht dies? (Achtung, die Umdrehungszahlen sind pro Minute angegeben und entsprechen einer Frequenz *f*, nicht einer Kreisfrequenz ω)

K. 25 kW
L. 4 kW
M. 50 kW
N. 8 kW
O. 16 kW

Lösung

$$\frac{W}{Umdrehung} = T\,2\pi \;\Rightarrow P = \frac{W}{t} = T\,2\pi\,f = 100\,Nm\,2\pi\,2400\frac{U}{min}$$
$$= \;100\,Nm\,2\pi\,40\frac{1}{s} = 25{,}1\,kW$$

9) Ein Körper schwimmt in Wasser. Sein gesamtes Volumen beträgt *V*=125 Liter, wovon 25 Liter über die Wasseroberfläche ragen. Die Dichte von Wasser ist ρ_W=1 g/cm^3. Wie groß ist die Dichte des Körpers? (Tipp: welche Masse hat der Körper?)

A. 0,8 g/cm^3
B. 1,6 g/cm^3
C. 1,25 g/cm^3
D. 0,2 g/cm^3
E. 0,1 g/cm^3

Lösung:
Die Masse des Körpers entspricht der Masse des verdrängten Wassers,

$$m_K = m_W = 100\,\mathrm{l} * \;1\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} = 0{,}1\,\mathrm{m}^3 * 1000\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} = 100\,\mathrm{kg}$$

Also ist die Dichte des Körpers

$$\rho_K = \frac{m_K}{V_K} = \frac{100\,\mathrm{kg}}{125\,\mathrm{l}} = \frac{100\,\mathrm{kg}}{0{,}125\,\mathrm{m}^3} = 800\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} = 0{,}8\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$$

10) Die Luft (Dichte ρ_L=1.29 kg/m^3) umströmt einen Flugzeugflügel (Fläche *A*=10 m^2) aufgrund seines Querschnittsprofils an der Ober- und Unterseite mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten v_{oben}=600 m/s bzw. v_{unten}=580 m/s. Wie

groß ist die Auftriebskraft, die auf den Flügel wirkt? (Tipp: Die Auftriebskraft resultiert aus dem Druckunterschied zwischen Ober- und Unterseite)

A. 152 kN
B. 100 N
C. 1520 N
D. 152 t
E. 300 kN

Lösung:
Der Druckunterschied berechnet sich nach dem Gesetz von Bernoulli,

$$p_{unten} - p_{oben} = p_0 + \frac{1}{2}\rho\, {v_u}^2 - \left(p_0 + \frac{1}{2}\rho\, {v_o}^2\right) = \frac{1}{2}\rho(\,{v_u}^2 - \,{v_o}^2) = 15222 \text{ Pa}$$

Also ist die Kraft

$$F = (p_{unten} - p_{oben})A = 152220 \text{ N} \approx 152 \text{ kN}$$

(in einer Version der Klausuren wurde diese Antwort nicht angeboten)

11) An einem kalten Tag wird bei einer Außentemperatur von 0°C ein Luftballon mit
V=10 Litern Luft gefüllt und anschließend in die Sonne gelegt. Aufgrund der Sonneneinstrahlung wird die Luft im Ballon auf 27°C aufgewärmt. Wie verändert sich das Volumen des Luftballons bei gleichbleibendem Druck?

A. Es nimmt um 1 *l* zu
B. Es nimmt um 1 *l* ab
C. Es nimmt um 1,5 *l* zu
D. Es bleibt gleich
E. Es nimmt um 0,1 *l* zu

Lösung:
Nach der idealen Gasgleichung ist das Volumen proportional zur Temperatur bei konstantem Druck. Daraus folgt

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow V_2 = V_1\,\frac{T_2}{T_1} = 10\text{ l}\,\frac{300\text{ K}}{273\text{ K}} = 11\, l.$$

12) Ein Elektron (Masse m_e= $9{,}1\cdot10^{-31}$ kg, Ladung e= $-1{,}6\cdot10^{-19}$ C) werde an der Kathode eines sich im Vakuum befindlichen Plattenkondensators ausgelöst und zur Anode hin beschleunigt. Die Anode und Kathode haben je eine Fläche A=10 cm^2 und der Plattenabstand betrage d=1 cm. Der Kondensator sei mit der Ladung Q=10^{-9} C aufgeladen. Mit welcher Geschwindigkeit trifft das Elektron auf die Anode?

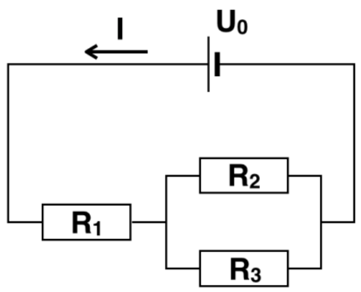
A. $2\cdot 10^7$ m/s

B. $1{,}4 \cdot 10^{7}$ m/s
C. $2 \cdot 10^{-7}$ m/s
D. $2 \cdot 10^{6}$ m/s
E. $1 \cdot 10^{7}$ m/s

Lösung:
Die Spannung am Kondensator beträgt $U = \frac{Q\,d}{\varepsilon_0 A} = 1{,}1\ kV$
Da das Elektron die gesamte Poentialdifferenz durchläuft, gilt

$$\frac{1}{2} m\, v^2 = e\, U \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2\, e\, U}{m}} = 2 * 10^7\ \mathrm{m/s}$$

13) Welcher Strom fließt in dem dargestellten Stromkreis bei einer angelegten Spannung von U_0= 12 V und Widerständen von R_1=10 Ω, R_2=20 Ω und R_3=30 Ω?



A. 0,55 A
B. 1,1 A
C. 0,26 A
D. 1,5 A
E. 0,33 A

Lösung:
Der Ersatzwiderstand der beiden parallelen Widerstände ist

$$R_p = \frac{1}{\frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}} = 12\ \Omega$$

Mit dem in Serie geschalteten Widerstand ist dann der Gesamtwiderstand:
$Rtot = R1 + Rp = 22\ \Omega$. Der fließende Strom ist damit $I = U_0/R_{tot}$ = 0,55 A;

14) Eine Metallstange habe eine Wärmekapazität von *C* = 10 J/K und einen elektrischen Widerstand *R*=5 Ω. Wenn man nun eine Spannung von *U*=20 V an die Stange anlegt, wie stark erwärmt sie sich pro Sekunde? (die gesamte elektrische Arbeit werde in Wärme umgewandelt)

A. 16 K
B. 10 K

C. 0 K
D. 0,8 K
E. 33,3 K

Lösung:
Die elektrische Leistung beträgt:
$$P = U\,I = \frac{U^2}{R} = 80\ \mathrm{W}$$
Die im Widerstand deponierte Wärme pro Sekunde ist also
$$Q = P\,t = 80\ \mathrm{J}$$

Die Temperaturerhöhung pro Sekunde ist damit
$$\Delta T = \frac{Q}{C} = \frac{80\ \mathrm{J}}{10\mathrm{J/K}} = 8\ \mathrm{K}$$

Dieser Wert wurde nicht als Antwort vorgeschlagen.

15) Ein Kondensator der Kapazität C=20 mF (10^{-2} F) sei mit einer Spannung von U=500 V aufgeladen worden. Nun wird er mit einem Strom von I=0,2 A entladen. Wie hoch ist die Spannung des Kondensators nach 10 s?

A. 400 V
B. 200 V
C. 800 V
D. 500 V
E. 100 V

Lösung:
Aus der Kondensatorgleichung folgt die Spannungsänderung pro Zeit
$$U = \frac{Q}{C} \Rightarrow \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{I}{C}$$
Damit erhält man den neuen Spannungswert nach 10 s,
$$U(10\ s) = U_0 - \Delta U = U_0 - \frac{I}{C}\Delta t = 400\ V.$$

16) Die Zusammenschaltung eines Kondensators der Kapazität C=100 µF, einer Spule der Induktivität L=10 mH ergibt einen Schwingkreis. Welche Formel beschreibt die Spannung $U(t)$ am Kondensator richtig, falls $U(t=0)$=10 V und $I(t=0)$=0?

A. $U(t)$=10 V*cos(1 kHz*t)
B. $U(t)$=10 V*sin(1 kHz*t)
C. $U(t)$=7*cos(1 kHz*t)
D. $U(t)$=7*V *cos(1 MHz*t)

E. $U(t)$=10 V*tan(1 kHz*t)

Lösung:
In einem Schwingkreis oszilliert der Strom periodisch mit einer Frequenz ω=$\frac{1}{\sqrt{LC}} = 1000\ 1/s$. Die Spannung am Kondensator ist für t=0 maximal, daher ergibt sich für U(t) ein Kosinus-Verlauf

17) Ein Proton (Masse m_p=1,7·10^{-27} kg, Ladung q_p=1.6 10^{-19} C) fliegt mit einer Geschwindigkeit v=10^4 m/s senkrecht in ein homogenes Magnetfeld der Stärke B=1 T. Senkrecht zum Magnetfeld und zur Flugrichtung des Protons steht ein zusätzliches elektrisches Feld der Stärke E. Wie groß muss die elektrische Feldstärke E sein, damit das Proton auf einer geraden Bahn durch die gekreuzten Felder hindurchfliegt?

A. 10 000 V/m
B. 1000 V/m
C. 100 V/m
D. 10 0000 V/m
E. 3333 V/m

Lösung:
Es soll Kräftegleichgewicht zwischen der Lorentz- und der Coulombkraft herrschen,

$$q\ v\ B = q\ E\ \Rightarrow E = v\ B = 10^4\ \mathrm{V/m}$$

18) Eine Leiterschleife der Fläche A=10 cm^2 dreht sich in einem homogengen Magnetfeld der Stärke B=0,1 T mit der Kreisfrequenz ω=10 1/s so, daß die Fläche mal senkrecht, mal parallel zum B-Feld steht. Wie hoch ist die maximale Spannung, die in der Leiterschleife induziert wird? (Tipp: Die „effektive Fäche" läßt sich als sin- oder cos-Funktion schreiben)

A. 1 mV
B. 10 V
C. 10 kV
D. 1 V
E. 0,1 V

Lösung:
Die effektive Fläche, die von den B-Feldlinien durchdrungen wird, ist

$$A(t) = A\cos\omega t$$

Damit ist die Induktionsspannung

$$U = \frac{d}{dt}(B\ A(t)) = -B\ A\ \omega \sin \omega\ t$$

und die maximale Induktionsspannung

$$U_{max} = B\ A\ \omega = 0{,}001\ V$$

19) Ein Lichtstrahl mit der Vakuum-Wellenlänge λ_0=500 nm werde in Glas (Brechungsindex n_g) eingestrahlt. Welche Aussagen treffen für die Wellenlänge λ_g , die Frequenz f_g, und die Ausbreitungsgeschwindigkeit c_g des Lichtstrahls im Glas zu?

A. $\lambda_g = \lambda_0 / n_g$; $f_g = f_0 = c_0 / \lambda_0$; $c_g = c_0 / n_g$;
B. $\lambda_g = \lambda_0$; $f_g = c_g / \lambda_0$; $c_g = c_0$;
C. $\lambda_g = \lambda_0 \cdot n_g$; $f_g = f_0 = c_0 / \lambda_0$; $c_g = c_0 / n_g$;
D. $\lambda_g = \lambda_0 / n_g$; $f_g = c_0 / \lambda_0$; $c_g = c_0 \cdot n_g$;
E. $\lambda_g = \lambda_0 / n_g$; $f_g = c_g \cdot \lambda_0$; $c_g = c_0 \cdot n_g$;

Lösung:
Im Medium verkürzt sich die Wellenlänge um den Faktor $1/n_g$, aber die Frequenz bleibt gleich. Die Lichtgeschwindigkeit ist $c=c_0/n_g$

20) Mit einer Sammellinse der Brennweite von f = 0,2 m werde ein leuchtendes Quadrat mit einer Seitenlänge von 5 cm auf einen Schirm hinter der Linse abgebildet; der Abstand zwischen dem Quadrat und der Linse sei g = 0,5 m. Welche Seitenlänge hat das Bild des Quadrats auf dem Schirm? (Tipp: Wie groß ist die Bildweite?)

A. 3,33 cm
B. 5 cm
C. 6,66 cm
D. 2 cm
E. 20 cm

Lösung:
Zunächst berechnen wir die Bildweite nach dem Linsengesetz,

$$b = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{g}} = \frac{f\ g}{g - f}$$

Die Bildgröße erhalten wir dann aus dem Abbildungsmaßstab,

$$B = G\frac{b}{g} = G\ \frac{f}{g - f} = 5\ cm\ \frac{0{,}2\ m}{0{,}5\ m - 0{,}2\ m} = 3{,}33\ \text{cm}$$