# ExPhysik - F 2010

1. Ein Wagen der Masse $m$ gleitet mit konstanter Geschwindigkeit $v$ eine schiefe Ebene mit dem Neigungswinkel $\alpha$ gegen die Horizontale hinab.
   a) Berechnen Sie die Hangabtriebskraft, die tangential zur Oberfläche wirkt.
   b) Wie groß ist der Gleitreibungskoeffizient $\mu_{Gl}$?
   c) Mit welcher Kraft $F_1$ muss man an dem Wagen ziehen, um ihn mit konstanter Geschwindigkeit $v$ die schiefe Ebene hinaufzuziehen?
   d) Mit welcher Kraft $F_2$ muss man an dem Wagen ziehen, damit er die schiefe Ebene mit der Beschleunigung $a$ hinauffährt?

   *Zahlenwerte:* $\alpha = 5°$; $m = 60$ kg; $a = 1{,}5$ m/s$^2$;

2. Oberflächenspannung
   a) Wie ist der Begriff der Oberflächenspannung definiert? Geben Sie die entsprechende Formel an und benennen Sie die darin auftretenden Größen.
   b) Welche Energie ist erforderlich, um 1,7 kg Wasser (Dichte von Wasser: 1 g/cm$^3$) in Tröpfchen von je 1 µm Durchmesser zu zerstäuben? Die ursprüngliche Oberflächenenergie sei vernachlässigbar.

   *Zahlenwerte:* $\sigma_{Wasser} = 0{,}074$ N/m.

3. Schwingungen und Wellen
   a) Was ist der Unterschied zwischen einer Schwingung und einer Welle?
   b) Wie lautet die eindimensionale Wellengleichung? Benennen Sie alle darin auftretenden Größen.
   c) In einer mit Luft gefüllten Orgelpfeife (Länge der Luftsäule: 1 m) bildet sich eine stehende Welle aus. Zeichnen Sie Wellenbäuche und Knoten für die Grundschwingung und die erste Oberschwingung ein für den Fall, dass die Orgelpfeife beidseitig offen ist.
   d) Welche Frequenz hat für die Orgelpfeife aus c) die Grundschwingung bzw. die erste Oberschwingung?

   *Zahlenwerte:* Schallgeschwindigkeit in Luft: $v_{Schall,\,Luft} = 340$ m/s.

4. Ein Eisblock der Masse $m$ und der Temperatur $T_1$ wird aus dem Gefrierfach entnommen und in einem Mikrowellenherd der Leistung $P$ vom Zeitpunkt $t_0$ an erwärmt.
   a) Skizzieren Sie den Temperaturverlauf in einem $T(t)$-Diagramm.
   b) Nach welcher Zeit ist das Eis vollständig geschmolzen?
   c) Welche Energie wird für die Erwärmung von $T_1$ auf $T_2$ benötigt? Die Wärmekapazität des Gefäßes werde vernachlässigt.

   *Zahlenwerte:* Spezifische Wärme von Eis: $c_E = 2{,}1$ J/gK; spezifische Wärme von Wasser: $c_W = 4{,}2$ J/gK; spezifische Schmelzwärme von Eis: $c_s = 330$ J/g;
   $m = 120$ g; $T_1 = -25$°C; $T_2 = 5$°C; $P = 500$ W.

5. Die Innenluft eines 400 m$^3$ fassenden Heißluftballons wird bei einer Außentemperatur von $T_1 = 10$°C und einem Luftdruck von $p = 9{,}7 \cdot 10^4$ Pa auf durchschnittlich $T_2 = 110$°C erwärmt. Welche Nutzlast kann der Ballon höchstens tragen, wenn Hülle und Korb zusammen 40 kg Masse haben?

   *Zahlenwerte:* Mittlere Molmasse von Luft: 28,8 g/mol

6. Eine Autowerkstatt bietet eine Autobatterie mit einer Batteriekapazität von 72 Ah, einer Kurzschluss-Stromstärke von 280 A und einer Leerlaufspannung von 12 V an.
   a) Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild der Batterie. Wie groß ist der Innenwiderstand der Batterie?
   b) Mit welcher Leistung wird die Batterie beheizt, wenn man sie kurzschließt?
   c) Wie lange brennt das Standlicht (4 Birnchen zu je 5 Watt), wenn die Batterie zuvor voll geladen war?
   d) Welche Energie ist in der voll geladenen Batterie gespeichert?
   e) Welche Spannung liegt an den Batterieklemmen noch an, wenn ein Strom von 110 A fließt? Wie groß ist dann die Nutzleistung beim Verbraucher?

ExPhysik - F 2010

7. Plattenkondensator
   a) Im Luftspalt eines Plattenkondensators mit dem Plattenabstand $d = 2$ mm herrscht eine Feldstärke $E = 10^6$ V/m. Berechnen und skizzieren Sie in je einem Diagramm den Verlauf von Feldstärke $E$, dielektrischer Verschiebung $D$ und Potential $\Phi$.
   b) Nun wird in die Mitte des Luftspalts eine Kunststoffplatte ($\varepsilon = 2{,}5$) der Dicke $s = d/2$ eingeschoben. Berechnen und skizzieren Sie wieder in je einem Diagramm den Verlauf von Feldstärke $E$, dielektrischer Verschiebung $D$ und Potential $\Phi$ nach dem Einschieben des Dielektrikums, wenn dabei die Ladung auf dem Kondensator konstant bleibt.

8. Im Bohr'schen Modell des Wasserstoffatoms bewegt sich ein Elektron im Grundzustand auf einer Kreisbahn mit Radius $r_B = 5{,}29 \cdot 10^{-11}$ m.
   a) Aus dem „Kräftegleichgewicht" von Coulombkraft und Zentrifugalkraft berechne man die Umlauffrequenz.
   b) Welcher mittleren Stromstärke entspricht diese Ladungsbewegung?
   c) Wie groß ist das Magnetfeld, das dadurch am Ort des Atomkerns erzeugt wird?

9. Optik
   a) Was versteht man unter dem Begriff „Brechung"?
   b) Wie lautet das Snellius'sche Brechungsgesetz? Illustrieren Sie die darin vorkommenden Begriffe in einer Skizze für den Fall $n_1 < n_2$.
   c) Was versteht man unter dem Begriff „Beugung"?
   d) Was versteht man unter „Dispersion"?

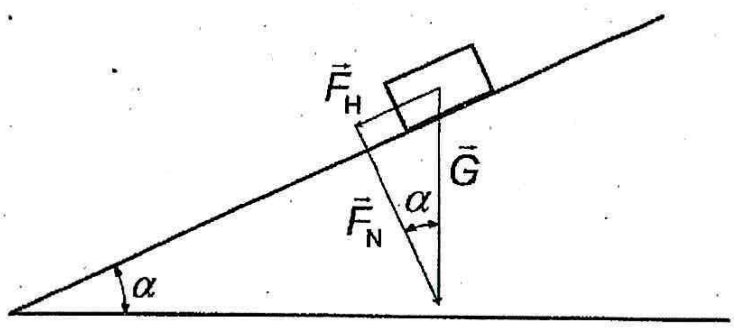
10. Ein Elektron bewege sich mit der Geschwindigkeit v = 0,95 c. Wie groß sind seine Ruheenergie, seine Gesamtenergie, seine kinetische Energie und sein Impuls?

| | | |
|---|---|---|
| Erdbeschleunigung | $g$ = | 9,81 m/s² |
| Universelle Gaskonstante | $R$ = | 8,3 J/mol K |
| Elementarladung | $e$ = | $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ As |
| Ruhemasse des Elektrons | $m_e$ = | $9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg |
| Dielektrizitätskonstante | $\varepsilon_0$ = | $8{,}9 \cdot 10^{-12}$ As/Vm |
| Magnet. Feldkonstante | $\mu_0$ = | $1{,}26 \cdot 10^{-6}$ Vs/Am |
| Vakuumlichtgeschwindigkeit | $c$ = | $3 \cdot 10^8$ m/s |

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

# Lösungen zur Klausurprüfung in Physik

## Aufgabe 1: *Schiefe Ebene*



**ExPhysik - F 2010**

$$\vec{F}_N = \vec{G}\cos\alpha,\quad \vec{F}_H = \vec{G}\sin\alpha,\quad \vec{F}_R = \mu F_N = \mu\vec{G}\cos\alpha,$$

a) $F_H = G\sin\alpha = mg\sin\alpha = 60\,\text{kg}\cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\sin 5^\circ = 51{,}3\,\text{N}$

b) $F_H \overset{!}{=} F_R \quad\Rightarrow\quad G\sin\alpha = \mu G\cos\alpha \quad\Rightarrow\quad \underline{\underline{\mu = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \tan\alpha = \tan 5^\circ = 0{,}087}}$

c) $F_1 = F_H + F_R = G(\sin\alpha + \underbrace{\mu}_{=\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}\text{ (aus a)}}\cos\alpha) = \underline{\underline{mg2\sin\alpha}} = 2\cdot 60\,\text{kg}\cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot\sin 5^\circ = \underline{\underline{102{,}6\,\text{N}}}$

d) $F_2 = F_H + F_R + ma = \underline{\underline{F_1 + ma}} = 60\,\text{kg}\cdot 1{,}5\frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 102{,}6\,\text{N} = \underline{\underline{192{,}6\,\text{N}}}$

# Aufgabe 2: *Oberflächenspannung*

a) Definition: $\sigma = \frac{dW}{dA}$

$\sigma$ : Oberflächenspannung, $\left[\frac{\text{J}}{\text{m}^2}\right] = \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}^2}\right] = \left[\frac{\text{N}}{\text{m}}\right]$

$dW$ : verrichtete Arbeit, $[\text{J}]$

$dA$ : gewonnene Oberfläche, $[\text{m}^2]$

b) $$\Delta W = \sigma_{\text{Wasser}}\Delta A = \sigma_{\text{Wasser}}(A - A_0) = \sigma_{\text{Wasser}}\left(\underbrace{N}_{\substack{\text{Zahl der}\\\text{Tröpfchen}}}\ \underbrace{4\pi r^2_{\text{Tröpfchen}}}_{\substack{\text{Oberfläche eines}\\\text{Tröpchen}}} - \underbrace{A_0}_{\substack{\text{Ursprungsoberfläche}\\\text{(vernachlässigbar, da } A_0 \ll A)}}\right)$$

mit $N = \frac{V_0}{V_{\text{Tröpfchen}}} = \frac{V_0}{\frac{4}{3}\pi r^3_{\text{Tröpfchen}}}$, $\quad r_{\text{Tröpchen}} = \frac{d_{\text{Tröpfchen}}}{2}$, $\quad V_0 = \frac{m_{\text{Wasser}}}{\rho_{\text{Wasser}}}$

ergibt sich:

$$\Delta W = \sigma_{\text{Wasser}}\frac{6V_0}{d_{\text{Tröpfchen}}} = \underline{\underline{\sigma_{\text{Wasser}}\frac{6\,m_{\text{Wasser}}}{d_{\text{Tröpfchen}}\,\rho_{\text{Wasser}}}}} = 0{,}071\frac{\text{N}}{\text{m}}\frac{6\cdot 1{,}7\,\text{kg}}{1\cdot 10^{-6}\,\text{m}\;10^3\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 755{,}8\,\text{Nm} = \underline{\underline{755{,}8\,\text{J}}}$$

# Aufgabe 3: *Schwingungen und Wellen*

a) Im Unterschied zu Schwingungen breiten sich Wellen aus, Schwingungen finden nur lokal statt. Schwingungen haben eine räumliche und zeitliche Komponente und werden durch eine Funkton der Form $f(\vec{r},t)$ beschrieben.

b) Die eindimensionale Wellengleichung ist die Differentialgleichung:

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} = 0$$

Lösung der Wellengleichung ist die Wellenfunktion:

$u(x,t) = u_0\sin(\omega t - kx)$

mit

$u(x,t)$ : Auslenkung am Ort x zur Zeit $t$

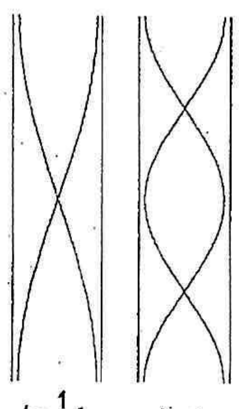
$u_0$ : Amplitude

$\omega$ : Kreisfrequenz

$k$ : Wellenzahl

$(\omega t - k\vec{r})$ : Phase

c)



$l = \frac{1}{2}\lambda \qquad l = \lambda$

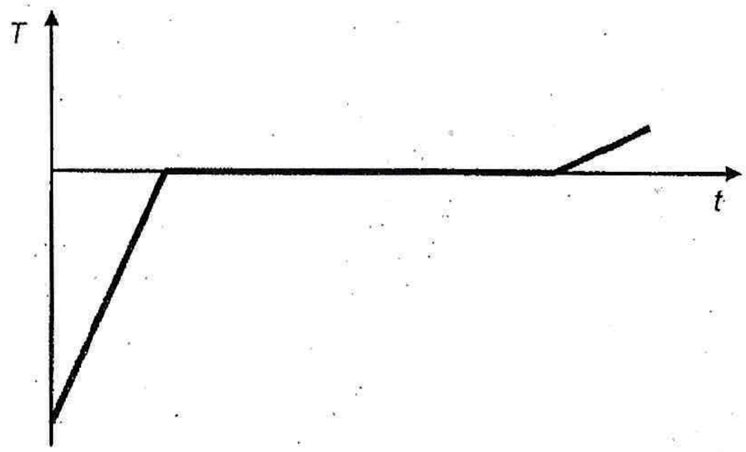
d) $f = \frac{c_{\text{Schall, Luft}}}{\lambda}$

Grundschwingung: $\lambda = 2l \quad \Rightarrow \quad f = \underline{\underline{\frac{c_{\text{Schall, Luft}}}{2l}}} = \frac{340\frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 1\text{m}} = \underline{\underline{170\text{Hz}}}$

1. Oberschwingung: $\lambda = l \quad \Rightarrow \quad f = \underline{\underline{\frac{c_{\text{Schall, Luft}}}{l}}} = \frac{340\frac{\text{m}}{\text{s}}}{1\text{m}} = \underline{\underline{340\text{Hz}}}$

# Aufgabe 4: *Temperatur und Wärmeenergie: Eisblock*

a)




$dQ = P\,dt$ Steigungen: $dT = \frac{dQ}{C} = \frac{P\,dt}{cm} \Rightarrow \frac{dT}{dt} \propto \frac{1}{c}$

b) $\Delta t = \frac{\Delta Q}{P} = \frac{1}{P}\left(c_E m \Delta T_E + m c_S\right) = \frac{1}{500\,\text{W}}\left(2{,}1\frac{\text{Ws}}{\text{gK}} \cdot 120\text{g} \cdot 25\text{K} + 120\text{g} \cdot 330\frac{\text{Ws}}{\text{g}}\right) = 91{,}8\,\text{s}$

c) $\Delta Q = c_E m \Delta T_E + m c_S + c_W m \Delta T_W = 2{,}1\frac{\text{Ws}}{\text{gK}} \cdot 120\text{g} \cdot 25\text{K} + 120\text{g} \cdot 330\frac{\text{Ws}}{\text{g}} + 4{,}2\frac{\text{Ws}}{\text{gK}} \cdot 120\text{g} \cdot 5\text{K} = 48{,}4\text{kJ}$

# Aufgabe 5: *Heißluftballon*

Es gilt: $pV = nRT$ (ideales Gasgesetz)

$\left.\begin{array}{l} p = \text{const.} \\ V = \text{const.} \end{array}\right\}$ während der Erwärmung des Ballons

$n_i$ : Stoffmenge der Luft im Ballon (verändert sich mit T)

bei $T_1$: $n_1 = \frac{p_1 V_1}{RT_1} = \frac{9{,}7 \cdot 10^4\,\text{Pa} \cdot 400\,\text{Meter}^3}{8{,}3\frac{\text{J}}{\text{mol K}} \cdot 283{,}15\text{K}} = 1{,}65 \cdot 10^4\,\text{mol}$

bei $T_2$: $n_2 = \frac{p_2 V_2}{RT_2} = n_1 \frac{T_1}{T_2} = 1{,}65 \cdot 10^4\,\text{mol}\,\frac{283{,}15\text{K}}{383{,}15\text{K}} = 1{,}22 \cdot 10^4\,\text{mol}$

$\Rightarrow \quad \Delta n = n_1 - n_2 = 0{,}43 \cdot 10^4\,\text{mol}$

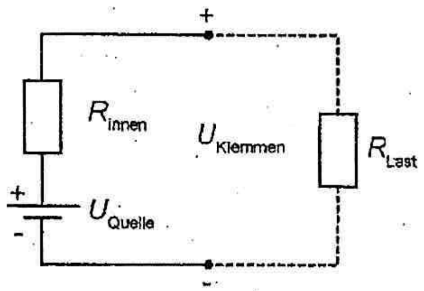
Molmasse von Luft: $M_{Luft} = \frac{4}{5} 2 A_N + \frac{1}{5} 2 A_O = 28{,}8 \frac{g}{mol}$

Gewichtsverlust Ballon: $\Delta m = \Delta n\, M_{Luft} = 123{,}8\,kg$

Nutzlast: $123{,}8\,kg - 40\,kg = \underline{\underline{83{,}8\,kg}}$

# Aufgabe 6: *Autobatterie*

a) Ersatzschaltbild:




$$R_i = \frac{U_0}{I_{kurz}} = \frac{12\,V}{280\,A} = 0{,}04\,\Omega$$

b) $P_{kurz} = U_0 I_{kurz} = 12\,V \cdot 280\,A = 3360\,W$

c) $t = \frac{(It)}{I} = \frac{72\,Ah}{I}$

$$I = \frac{U_0}{R_i + R_{SL}} \text{ wobei } P_{SL} = \frac{1}{R_{SL}} U_0^2 \Rightarrow R_{SL} = \frac{U_0^2}{P_{SL}} = \frac{144\,V^2}{4 \cdot 5\,W} = 7{,}2\,\Omega$$

$$I = \frac{U_0}{\frac{U_0}{I_{kurz}} + \frac{U_0^2}{P_{SL}}} \text{ und } t = \frac{72\,Ah}{I} = 72\,Ah\left(\frac{1}{I_{kurz}} + \frac{U_0}{P_{SL}}\right) = 72\,Ah\left(\frac{1}{280\,A} + \frac{12\,V}{20\,VA}\right) = 43{,}5\,h$$

Näherung: mit $R_i \ll R_{SL}$ $U_{ext} \approx U_0$: $I = \frac{P_{SL}}{U_0}$, $t = \frac{72\,Ah}{I} = 72\,Ah \frac{U_0}{P_{SL}} = 72\,Ah \frac{12\,V}{20\,VA} = 43{,}2\,h$

d) $W = Pt = U_0 I t = 12\,V \cdot 72\,Ah = 864\,Wh = 3{,}11\,MJ$

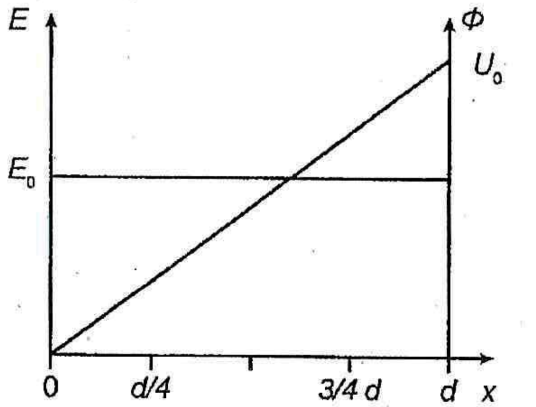
e) $U_{ext} = U_0 - R_i I = U_0 - \frac{U_0}{I_{kurz}} I = U_0 (1 - \frac{I}{I_{kurz}}) = 12\,V\left(1 - \frac{110\,A}{280\,A}\right) = 7{,}3\,V$

$$P = U_{ext} I = U_0 I (1 - \frac{I}{I_{kurz}}) = 12\,V \cdot 110\,A\left(1 - \frac{110\,A}{280\,A}\right) = 801\,W$$

# Aufgabe 7: *Plattenkondensator*

**ExPhysik - F 2010**

a) Ohne Dielektrikum:

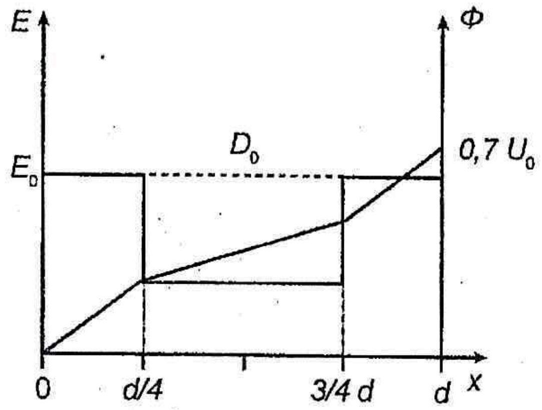



$$D=\frac{Q}{A};\quad E=\frac{D}{\varepsilon\varepsilon_0};\ U=\int_0^d E\,dx$$

$$U_0=E_0 d=10^6\frac{V}{m}\,2\cdot10^{-3}\,m=2kV$$

$$D_0=\varepsilon_0 E_0=8{,}9\cdot10^{-12}\frac{As}{Vm}\,10^6\frac{V}{m}=8{,}9\cdot10^{-6}\frac{As}{m^2}$$

b) Mit Dielektrikum:




$Q=\text{const.}\quad\Rightarrow\quad D=\text{const.}\equiv D_0$

in Luft: $E_L=E_0$

im Dielekt. $E_D=\frac{E_0}{\varepsilon}=\frac{10^6\frac{V}{m}}{2.5}=0{,}4\cdot10^6\frac{V}{m}$

$$U=\frac{d}{2}E_0+\frac{d}{2}\frac{E_0}{\varepsilon}=\frac{d}{2}E_0\left(1+\frac{1}{\varepsilon}\right)=1{,}4kV$$

# Aufgabe 8: *Wasserstoffatom*

a) $F_z=F_{Coul}\qquad m_e\omega^2 r_B=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r_B^2},\qquad \omega=2\pi f$

$$\Rightarrow f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{m_e r_B^3}}=0{,}65\cdot10^{16}\frac{1}{s}$$

b) $I=\frac{e}{T}=f\,e=1{,}05\text{ mA}$

c) Biot-Savart: $dH=\frac{I\,ds}{4\pi r^2}\sin\varphi\quad \sin\phi=1,\ da\ d\vec{s}\perp\vec{r}$

$$B=\mu_0\int_0^{2\pi}dH=\mu_0\int_0^{2\pi}\frac{I\,ds}{4\pi r^2}=\mu_0\frac{I}{4\pi r^2}\int_0^{2\pi}ds=\mu_0\frac{I}{4\pi r^2}2\pi r=\mu_0\frac{I}{2r}$$

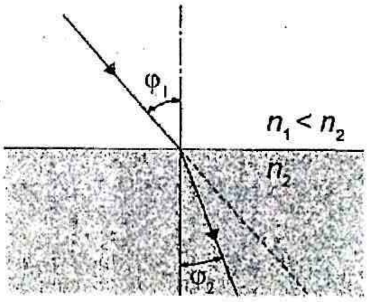
$$\Rightarrow B=\frac{\mu_0 I}{2r_B}=12{,}5\text{ T}$$

# Aufgabe 9: *Brechung, Beugung, Dispersion*

a) Brechung bezeichnet die Änderung der Ausbreitungsrichtung einer Welle an der Grenzfläche zwischen zwei Medien, in denen sich die Ausbreitungsgeschwindigkeiten (Brechungsindex) unterscheiden.

b) Snellius´sches Brechungsgesetz:

$$\frac{\sin\varphi_1}{\sin\varphi_2}=\frac{n_2}{n_1}$$




c) Beugung bezeichnet die Abweichung von der geradlinigen Ausbreitung einer Welle. Erklärt wird dies durch Huygens´sche Elementarwellen, die von jedem vcon der Welle erreichten Punkt eines Gegenstandes ausgehen.g

d) Dispersion bedeutet die Abhängigkeit des Brechungsindex von der Wellenlänge: $n = n(\lambda)$

# Aufgabe 10: *Ruheenergie*

a) Ruheenergie:

$$E_0 = m_0 c^2 = 9{,}11\cdot 10^{-31}\,\text{kg}\cdot\left(3\cdot 10^8\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = \underline{\underline{8{,}2\cdot 10^{-14}\,\text{J}}} =$$

$$= 8{,}2\cdot 10^{-14}\,\frac{1}{1{,}6\cdot 10^{-19}}\,\text{eV} = \underline{\underline{0{,}511\,\text{MeV}}}$$

b) Gesamtenergie:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{E_0}{\sqrt{1-0{,}95^2}} = \frac{1}{0{,}31}E_0 = 1{,}64\,\text{MeV} = 2{,}6\cdot 10^{-13}\,\text{J}$$

c) Kinetische Energie:

$$E_{kin} = E - E_0 = E_0\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1\right) = 1{,}13\,\text{MeV} = 1{,}8\cdot 10^{-13}\,\text{J}$$

d) Impuls:

$$p = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{E_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\frac{v}{c^2} = 1{,}55\,\frac{\text{MeV}}{c} = 8{,}3\cdot 10^{-22}\,\frac{\text{kgm}}{\text{s}}$$