Definitionen und Sätze	**Beispiele**
Teilchen im homogenen Magnetfeld Eines der wichtigsten elektrischen Bauteile ist die Spule. Das Magnetfeld der Spule ist definiert durch $$B = \mu_0 \frac{I_0 \cdot N}{l}$$ Dabei gilt $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\,\mathrm{Vs}Am$ Bewegt sich ein Teilchen im homogenen Magnetfeld, dann wirkt die Lorenzkraft auf dieses Teilchen: $$F_l = evB$$ Aus der Lorenzkraft kann man nun den Wert für die spezifische Ladung des Elektrons herleiten: $$\frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 r^2} = 1{,}7 \cdot 10^{11}\,\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{kg}}$$ Werden in einem Teilchenbeschleuniger geladene Teilchen auf eine Geschwindigkeit beschleunigt, die oberhalb von 10% der Lichtgeschwindigkeit liegt, dann muss man relativistisch rechnen, d.h. man muss die Ergebnisse der Relativitätslehre benützen: $$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$ Für die relativistische Energie gilt: $$E = mc^2$$	Ein Elektron bewegt sich in dem homogenen Innenfeld einer Spule mit 0,2c. Die Spule hat 300 Windungen und zum Betreiben wird eine Stromstärke von 5,00 A benötigt. Die Spule hat einen Durchmesser von 9,0 m und eine Länge von 25,0 cm. Bestimme die magnetische Flussdichte der Spule und den Radius der Kreisbahn, auf der sich das Elektron im Magnetfeld bewegt. $$B = \mu_0 \frac{NI}{l} = \mu_0 \cdot \frac{300 \cdot 5{,}00\,\mathrm{A}}{0{,}25\,\mathrm{m}}$$ $$B = 7{,}54 \cdot 10^{-5}\,\frac{\mathrm{Vs} \cdot \mathrm{A}}{\mathrm{Am} \cdot \mathrm{m}} = 7{,}54 \cdot 10^{-5}\,\frac{\mathrm{Vs}}{\mathrm{m}^2}$$ $$B = 7{,}54 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{T}$$ $v > 0{,}1c$ relativistische Rechnung $$m = \frac{m_e}{\sqrt{1 - (0{,}2c)^2}}$$ $$m = 9{,}29 \cdot 10^{-31}\,\mathrm{kg}$$ $$evB = \frac{mv^2}{r}$$ $$r = \frac{0{,}2c \cdot m}{eB}$$ $$r = 4{,}61\,\mathrm{m}$$
Das Induktionsgesetz Durch eine Änderung des magnetischen Flusses kann in einer Spule elektrischer Strom induziert werden. Der magnetische Fluss durch eine Querschnittsfläche A ist definiert durch: $$\Phi = AB$$ In differentieller Form wird das Induktionsgesetz für den ruhenden Leiter geschrieben als: $$U_{ind} = -N\dot{\Phi} = -\dot{A}B$$ Wird die von Magnetfeldlinien durchsetzte Fläche geändert, wird eine Spannung induziert	Im homogenen Feld eines Hufeisenmagneten mit der magnetischen Flussdichte $B = 0{,}750\,\mathrm{T}$ wird ein gerader Leiter der Länge 4,00 cm mit der Geschwinigkeit 2,00 $\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}}$ bewegt. Berechne welche Spannung an seinen Enden induziert wird. $$U_{\mathrm{ind}} = -B \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t}$$ $$U_{\mathrm{ind}} = -B \cdot l \cdot v$$ $$U_{\mathrm{ind}} = -0{,}750\,\mathrm{T} \cdot 2{,}00 \cdot 10^{-2}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 4{,}00 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m}$$ $$U_{\mathrm{ind}} = -0{,}600\,\mathrm{mV}$$

Definitionen und Sätze	**Beispiele**
Elemente der speziellen Relativitätstheorie Bewegen sich Teilchen mit einer Geschwindigkeit, die über 10% der Lichtgeschwindigkeit beträgt, dann müssen die Effekte der Zeitdilatation, der Massenzunahme und der Längenkontraktion beachtet werden. Entscheidend dabei ist, von welchem Bezugsystem aus man eine Beobachtung macht. m_0, l_0 und t_0 sind die Größen in dem bewegten Bezugsystem. Für die Größen im ruhenden Bezugsystem gilt dann: $$t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$ $$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$ $$l = l_0 \cdot \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$ Für die Energie eines Teilchens, dass sich mit dieser Geschwindigkeit bewegt gilt: $$E = m_0c^2\left(1-\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right)$$	Ein Teilchen wird bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 0,60c. Das Teilchen hat im Ruhezustand eine Masse von $1{,}89 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$. Berechne die Masse im Laborsystem des Teilchenbeschleunigers. $$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$ $$m = \frac{1{,}89 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}}{\sqrt{1-0{,}60^2}}$$ $$m = 2{,}36 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$$ Im ruhenden Zustand hat das Teilchen eine Lebensdauer von $3{,}00\,\mu\mathrm{s}$. Welche Lebensdauer wird im Laborsystem gemessen: $$t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$ $$t = \frac{3{,}00 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{s}}{\sqrt{1-0{,}60^2}}$$ $$t = 3{,}75 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{s}$$
Das Zyklotron Das Zyklotron ist der älteste Teilchenbeschleuniger. Dabei liegt an zwei D- förmigen Elektroden eine Wechselspannung an, wobei sich die beiden Elektroden in einem homogenen Magnetfeld befinden. Die Ionen treten im Mittelpunkt zwischen den beiden Elektroden aus der Ionenquelle aus und bewegen sich dann auf Halbkreisbahnen innerhalb der Elektroden. Für die Zyklotronfrequenz gilt: $$f = \frac{q}{2\pi \cdot m}B$$ Für den Radius einer Kreisbahn gilt der Zusammenhang $$r = \frac{mv}{qB}$$ Mit Hilfe eines Ablenkkondenensators mit dem Plattenabstand d werden die Teilchen in den Kollisionskanal abgeleitet.	Bei einem Zyklotron werden Protonen der Masse $m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$ beschleunigt. Die Zyklotronfrequenz beträgt dabei 25 MHz. Die Protonen werden auf 5% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Welchen Radius besitzt die Kreisbahn, auf der sich diese Protonen dann bewegen? $$B = \frac{2\pi \cdot m \cdot f}{Q} = \frac{25 \cdot 10^6\,\frac{1}{\mathrm{s}} \cdot 1{,}67 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg} \cdot 2\pi}{1{,}6022 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}}$$ $$B = 1{,}63\,\mathrm{T}$$ $$r = \frac{mv}{qB} = \frac{1{,}67 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg} \cdot 0{,}05 \cdot 3{,}00 \cdot 10^8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{1{,}6022 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} \cdot 1{,}63\,\mathrm{T}}$$ $$r = 9{,}6\,\mathrm{cm}$$