	Gewerbliche Schule Ravensburg	Physik - Kreisbewegungen / Magnetfeld / SRT	Ang
		Kreisbewegung im LHC	

Der Large Hadron Collider (LHC) ist ein Teilchenbeschleuniger am Europäischen Kernforschungszentrum CERN bei Genf. In einem 26,659km langen Ringtunnel, der sich in 50–175m Tiefe unter der Erde befindet, bewegen sich Protonen mit unvorstellbar hohen Geschwindigkeiten. Die Teilchen werden dabei von supraleitenden Magneten auf ihrer Bahn gehalten. Der Einfachheit halber nehmen wir an, dass es sich hierbei um eine Kreisbahn handelt.

- Berechne unter der Annahme, dass der Ringtunnel kreisförmig ist, den Radius des Ringtunnels.
- Die Forscher geben an, dass die Protonen im Ringtunnel eine (Bahn-)Geschwindigkeit von 99,9999991% der Lichtgeschwindigkeit erreichen. Berechne die Geschwindigkeit in den Einheiten m/s und km/h.
- Berechne, wie lange ein Proton für einen Umlauf im Ringtunnel benötigt.  
Wie viele Umläufe schafft ein Proton in einer Sekunde?
- Berechne die Zentripetalbeschleunigung, die ein Proton während der Bewegung erfährt.
- Ein Ergebnis der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) von Albert Einstein ist, dass die Masse  $m$  eines Körpers mit seiner Geschwindigkeit  $v$  zunimmt. Es gilt allgemein:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Hierbei ist  $m_0$  die sogenannte Ruhemasse (für ein Proton  $m_0 = 1,673 \cdot 10^{-27}$  kg) und  $c$  die Lichtgeschwindigkeit.

Berechne die Masse eines Protons, wenn es sich im LHC bewegt.

Berechne den Betrag der Zentripetalkraft die benötigt wird, um das Proton auf der Kreisbahn zu halten.

- Die Protonen werden von starken Magnetfeldern auf ihre Kreisbahn gezwungen. Berechne die Flussdichte des hierfür notwendigen Magnetfeldes und vergleiche mit den Daten auf <http://www.lhc-facts.ch/index.php?page=parameter>
- Die bisherige Ausbaustufe des LHC ist für Protonenenergie von 7 TeV bzw. 14 TeV im Schwerpunktsystem der Kollision spezifiziert. Überprüfe diese Angaben mit der von dir berechneten Masse der Protonen.
- Der LHC kann auch mit Blei-Ionen betrieben werden. Notiere die Besonderheiten/Unterschiede zum Betrieb mit Protonen. Informiere dich beispielsweise auf Wikipedia.

$$a) \quad r = \frac{U_0}{2\pi} = \underline{\underline{4243 \text{ m}}}$$

$$b) \quad v = \underline{\underline{2,99792456 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} \approx 8,33 \cdot 10^7 \frac{\text{km}}{\text{h}} \\ \approx 83,3 \cdot 10^6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$c) \quad T = \frac{U_0}{v} = 8,863 \cdot 10^{-5} \text{ s} = \underline{\underline{88,6 \mu\text{s}}}$$

$$f = \frac{1}{T} = \underline{\underline{11283 \frac{1}{\text{s}}}} \rightarrow \underline{\underline{\text{ungefähr } 11300 \text{ mal}}}$$

$$d) \quad a_z = \frac{v^2}{r} = \underline{\underline{2,12 \cdot 10^{13} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$

$$e) \quad \beta = 0,9999999991 = \frac{v}{c}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = 7454 \quad | \quad m_0 = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

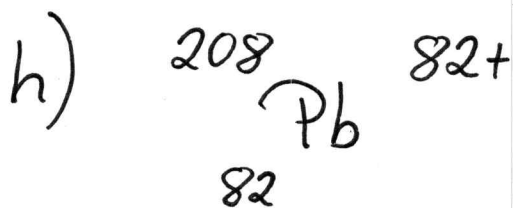
$$m = \gamma \cdot m_0 = \underline{\underline{1,25 \cdot 10^{-23} \text{ kg}}}$$

$$\overline{F}_z = m \cdot a_z = \underline{\underline{2,65 \cdot 10^{-10} \text{ N}}}$$

$$f) \quad \overline{F}_z = \overline{F}_L = B \cdot q \cdot v \quad | \quad q = e$$

$$B = \frac{\overline{F}_z}{e \cdot v} = \underline{\underline{5,5 \text{ T}}}$$

$$\begin{aligned}
 g) \quad E &= mc^2 \\
 &= 1,25 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot c^2 \\
 &= 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ J} \\
 &= 7,0 \cdot 10^{12} \text{ eV} = \underline{\underline{7,0 \text{ TeV}}}
 \end{aligned}$$



$$E = 1148 \text{ TeV}$$

bei Protonen sind es 14 TeV

$\Rightarrow$

82 mal mehr

entspricht der Ladungszahl