

Vereinfachend wird im Folgenden für die Geschwindigkeit der Protonen während der gesamten Zeit Δt die Näherung $v = c$ verwendet.

- 6 b) Die Flussdichte B des Magnetfeldes steigt in der Zeit Δt vom Wert B_{\min} kontinuierlich auf den Wert B_{\max} an. Zeigen Sie, dass für die Energie E eines Protons näherungsweise $E = r \cdot e \cdot c \cdot B$ gilt, und berechnen Sie B_{\max} .
- 6 c) Berechnen Sie die Anzahl der Umläufe bis zum Erreichen von E_{\max} und die Energie, die einem Proton pro Umlauf durchschnittlich zugeführt wird. Gehen Sie dabei von der vereinfachenden Annahme aus, dass ein Proton Energie, die ihm einmal zugeführt wurde, nicht wieder abgibt. [zur Kontrolle: 263 keV]

Tatsächlich gibt ein kreisendes Proton elektromagnetische Strahlung ab.

Für die Energie E_S der sogenannten Synchrotronstrahlung, die ein Teilchen (Ladung q , Ruheenergie E_0) mit konstant angenommener Energie E während

$$\text{eines Umlaufs abstrahlt, gilt die Beziehung } E_S = \frac{q^2}{3\epsilon_0 r} \cdot \left(\frac{E}{E_0} \right)^4.$$

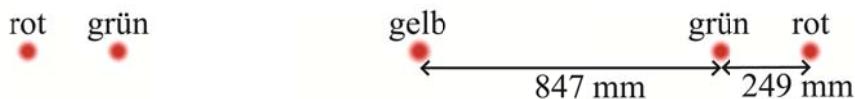
- 5 d) Berechnen Sie die Energie, die einem Proton mit Endenergie E_{\max} pro Umlauf zugeführt werden muss, um die Energieabgabe durch Synchrotronstrahlung auszugleichen. Begründen Sie, ob die in Teilaufgabe 2c getroffene vereinfachende Annahme gerechtfertigt war. [zur Kontrolle: 0,470 keV]

Der Ringtunnel des LHC wurde ursprünglich für einen anderen Beschleuniger, den „Large Elektron Positron Collider“ (LEP), erbaut. Im LEP wurden Elektronen und Positronen bei hoher Energie zur Kollision gebracht.

- 5 e) Vergleichen Sie quantitativ die beiden Beschleuniger im Hinblick auf die Energieabgabe durch Synchrotronstrahlung. Gehen Sie davon aus, dass die Protonen die gleiche Energie E wie die Elektronen bzw. Positronen haben.

3. Dreifarbiges Interferenzbild

Zur visuellen Untermalung eines Konzerts werden Lichtstrahlen der verschiedensten Farben eingesetzt. Die Spektralanalyse eines bestimmten Lichtstrahls mithilfe eines Gitters ergibt das nachfolgende symmetrische Interferenzbild.



- 3 a) Begründen Sie anhand des Interferenzbildes, in welcher Farbe der untersuchte Strahl erscheint.

Der Strahl trifft senkrecht auf das Gitter. Der Schirm, auf dem das Interferenzbild zu sehen ist, wurde im Abstand 1,80 m parallel zur Gitterebene aufgestellt.

- 9 b) Berechnen Sie die Wellenlänge λ_r des roten Lichts, wenn die Wellenlänge des grünen Lichts $\lambda_g = 532$ nm beträgt. Begründen Sie, dass hierbei die Verwendung der Kleinwinkelnäherung nicht sinnvoll ist.