Einführung in die Physik I (für Nicht-PhysikerInnen)

Präsenzübungen Woche 14

21 - 25 Januar 2019

1. Zwei in der Papierebene liegende (und als unendlich lang angenommene) Leiter werden in entgegengesetzten Richtungen von gleich starken Strömen durchflossen. Berechne die Stärke des Magnetfeldes in einem Punkt, der genau in der Mitte zwischen den Leitern liegt. Falls der Strom in dem linken Leiter hoch fließt und der Strom in dem rechten Leiter runter fließt, erkläre dann in welche Richtung das magnetische Feld gerichtet ist.

Lösung: Nehmen wir an, dass der Abstand zwischen den Leitern $2r$ ist, dann ist die Stärke des Magnetfeldes in der Mitte gleich:

$$B = \frac{\mu_0 2I}{4\pi r_{\perp}}.$$

Die Richtung des Feldes bestimmen wir mit der Rechten-Hand-Regel. Für den linken Leiter geht das Magnetfeld (zwischen den zwei Leitern) in die Papierebene rein; für den rechten Leiter auch. Deshalb addieren sich die zwei Magnetfelder und das Gesamtmagnetfeld (das in die Papierebene hinein zeigt) hat den folgenden Betrag:

$$B = \frac{\mu_0 I}{\pi r_{\perp}}.$$

2. Ein Laserpuls mit einer Energie von 18,5 J und einem Strahlradius von 2,1 mm dauert 12,3 ns lang an, wobei die Energiedichte während des Pulses konstant ist.
- (a) Geben Sie die räumliche Länge des Pulses an. (Nehme an, dass die Lichtgeschwindigkeit $3,0 \cdot 10^8$ m/s beträgt.)

Lösung: Die räumliche Länge des Pulses ist das Produkt aus der Lichtgeschwindigkeit und der Dauer:

$$l = c\Delta t = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 12,3 \text{ ns} = 3,7 \text{ m}.$$

- (b) Wie groß ist die Energiedichte innerhalb des Pulses?

Lösung: Die Energiedichte w_{el} ist der Quotient aus der elektromagnetischen Energie und dem Volumen, und wir erhalten:

$$w_{\text{el}} = \frac{E_{\text{el}}}{V} = \frac{E_{\text{el}}}{\pi r^2 l} = \frac{18,5 \text{ J}}{\pi (2,1 \times 10^{-3})^2 \text{ m}^2 \cdot 3,7 \text{ m}} = 3,6 \cdot 10^5 \text{ J/m}^3$$

- (c) Berechnen Sie die Amplitude des elektrischen und die des magnetischen Felds des Laserpulses.

Lösung: Die Energiedichte w_{el} hängt mit dem Effektivwert E_{eff} der elektrischen Feldstärke zusammen über:

$$w_{\text{el}} = \epsilon_0 E_{\text{eff}}^2.$$

Daraus folgt dann:

$$E_{\text{eff}} = \sqrt{w_{\text{el}}/\epsilon_0} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^5 \text{ J/m}^3}{8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2}} = 2,0 \cdot 10^8 \text{ V/m}.$$

Die effektive Magnetfeldstärke ist:

$$B_{\text{eff}} = \frac{E_{\text{eff}}}{c} = 0,67 \text{ T.}$$