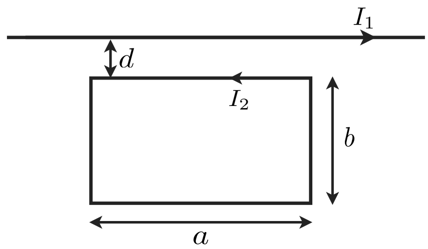
Theoretische Physik: Elektrodynamik
Übungsblatt 9

Vorlesung: Matthias Kleinmann Übungen: Cornelia Spee, Michael Gaida, Jonathan Steinberg
Vorlesung: Di. 10–12 (D308) und Fr. 10–12 (D308)
Übungen: Fr. 8:30–10:00 (D115, B030)

Zu bearbeiten bis 18.06.2019

1. Rechteckige Leiterschleife [2+2+2 Punkte]

Eine rechteckige Leiterschleife, mit Länge a und Breite b, in der ein Strom I_2 fließt, befindet sich im Magnetfeld eines dünnen, vom Strom I_1 durchfloßenen Drahtes. Die längere Seite $a > b$ sei parallel zu dem Draht ausgerichtet.



(i) Berechnen Sie den Induktionskoeffizienten L_{12}.

(ii) Welche Kraft wird vom Strom I auf die Leiterschleife ausgeübt?

(iii) Der Strom I_1 im Draht werde zum Zeitpunkt $t = 0$ gemäß

$$I_1(t) = I_0(1 - e^{-\alpha t}), \tag{1}$$

eingeschaltet. Berechnen Sie die in der Leiterschleife induzierte Spannung.
Hinweis: Die Selbstinduktivität des Kreises sei zu vernachlässigen.

2. Kondensator mit kreisförmigen Platten [6 Punkte]

Gegeben sei eine Anordnung aus zwei parallelen kreisförmigen Metallplatten vernachlässigbarer Dicke mit Radius R im Abstand d. Der Raum zwischen den Platten sei mit einem Dielektrikum gefüllt, dessen Dielektrizitätskonstante gemäß $\epsilon_r(z) = \epsilon_1 + \frac{1}{2}\Delta\epsilon(1 + 2\frac{z}{d})$ vom Ort abhängt und es sei $R \gg d$. Des Weiteren seien die Platten entgegengesetzt gleich geladen ($\pm Q$). In diesem Fall ergibt sich für die elektrische Feld zwischen den Kondensatorplatten: $\boldsymbol{E}(z) = E(z)\boldsymbol{e}_z$, mit $E(z) = \frac{-1}{\epsilon_0\epsilon_r(z)}\frac{Q}{\pi R^2}$.

Wie groß sind die elektrostatischen Kräfte, die auf die Platten wirken? Benutzen Sie die Formel für den Maxwell'schen Spannungstensor:

$$T_{ij} = \epsilon_r\epsilon_0 E_i E_j + \frac{1}{\mu_r\mu_0} B_i B_j - \frac{1}{2}\delta_{ij}\left(\epsilon_r\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{\mu_r\mu_0} B^2\right). \tag{2}$$

3. Elektromagnetische Wellen I [2+2+4 Punkte]

Eine transversale elektromagnetische Welle in einem nichtleitenden, ungeladenen Medium ($\rho_f = 0$, $j_f = 0$, $\sigma = 0$) sei (a) linear polarisiert: $E(z,t) = \boldsymbol{E}_0 \sin(kz - \omega t)$, (b) zirkularpolarisiert: $\boldsymbol{E}(z,t) = E_0 [\cos(kz - \omega t)\boldsymbol{e}_x + \sin(kz - \omega t)\boldsymbol{e}_y]$, und breite sich in z-Richtung aus.

Bitte wenden!

(i) Berechnen Sie die magnetische Induktion $\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}, t)$,

(ii) Berechnen Sie den Poynting-Vektor $\boldsymbol{S}(\boldsymbol{r}, t)$.

(iii) Berechnen Sie den Strahlungsdruck auf eine um den Winkel θ gegen die Ausbreitungsrichtung ($\boldsymbol{k} = k\boldsymbol{e}_z$) geneigte Ebene.

4. Elektromagnetische Wellen II [2 Punkte]

Gegeben sei ein linearer, homogener, ungeladener Isolator. Die magnetische Induktion $\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}, t)$ sei eine ebene Welle der Form, $\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}, t) = B_0\,(4\boldsymbol{e}_x - 3\boldsymbol{e}_y)\,e^{i\boldsymbol{kr}-\omega t}$, mit $\boldsymbol{k} = k\boldsymbol{e}_z$ und B_0 reel. Berechnen Sie die elektrische Feldstärke $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}, t)$ und untersuchen Sie die Polarisation.