

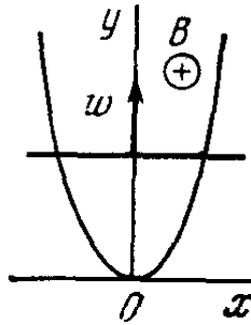
Klassische Theoretische Physik III WS 2020/2021

Prof. Dr. M. Garst  
Dr. B. Narozhny

Blatt 9  
Abgabe 15.01.2021, Besprechung 19-20.01.2021

1. Elektromagnetische Induktion: (30 Punkte)

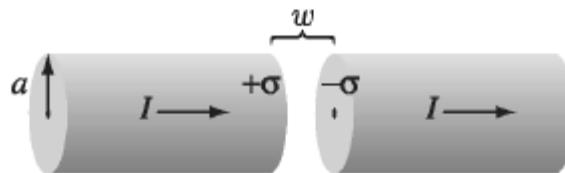
- (a) Ein dünner Leiter bildet eine Parabel in der  $xy$ -Ebene ( $y = ax^2$ ). Ein homogenes, konstantes externes Magnetfeld zeigt entlang der  $z$ -Achse. Zur Zeit  $t = 0$  beginnt ein waagrecht ausgerichteter Draht, der die beiden Parabelstücke verbindet, vom Scheitelpunkt aus mit einer konstanten Beschleunigung  $w$  nach oben zu gleiten (siehe Bild).



Finden Sie die elektromotorische Kraft in der Schleife als Funktion von  $y$ .

- (b) Eine quadratische Drahtschleife mit der Seitenlänge  $a$  liegt im ersten Quadranten der  $xy$ -Ebene, mit einer Ecke im Ursprung. In diesem Bereich wirkt ein ungleichmäßiges zeitabhängiges Magnetfeld  $\mathbf{B}(y, t) = ky^3t^2\mathbf{e}_z$  (wobei  $k$  eine Konstante ist). Bestimmen Sie die in der Schleife induzierte elektromotorische Kraft.

2. Ladekondensator: (40 Punkte)



Ein dicker Draht (Radius  $a$ ), führt einen konstanten Strom  $I$ , der gleichmäßig über seinen Querschnitt verteilt ist. Ein schmaler Spalt im Draht, mit der Breite  $w \ll a$ , bildet einen Parallelplattenkondensator, wie in der Abbildung dargestellt. Der Strom  $I$  führt zu einer zeitlich veränderlichen Flächenladungsdichte  $\sigma(t)$  am Kondensator. Nehmen Sie an, dass  $\sigma(t) = 0$  bei  $t = 0$ .

- (a) Bestimmen Sie die elektrischen und magnetischen Felder im Spalt als Funktionen der Abstände von der Achse und der Zeit  $t$ .
- (b) Ermitteln Sie die Energiedichte und den Poynting-Vektor  $\mathbf{S}$  im Spalt. Beachten Sie insbesondere die Richtung von  $\mathbf{S}$ .
- (c) Prüfen Sie, ob Ihr Ergebnis die Kontinuitätsgleichung innerhalb des Spaltes erfüllt

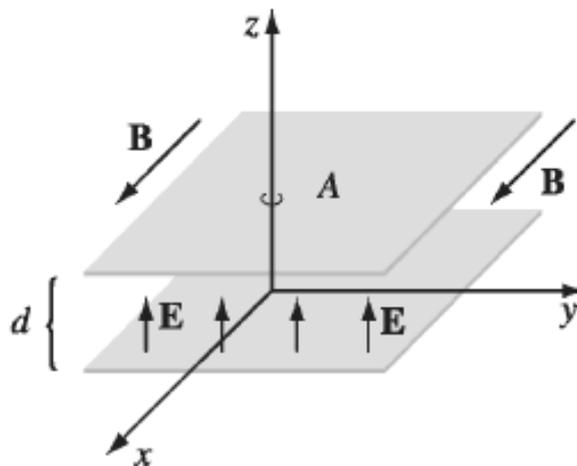
$$\partial_t w_{em} + \nabla \cdot \mathbf{S} = 0.$$

- (d) Bestimmen Sie die Gesamtenergie im Spalt als Funktion der Zeit. Berechnen Sie die Gesamtenergie, die in den Spalt fließt, durch Integration des Poynting-Vektors über die entsprechende Fläche. Prüfen Sie, ob die Leistungsaufnahme gleich der Steigerungsrate der Energie im Spalt ist.

*Hinweis* Wenn Sie sich Sorgen um die Streufelder machen, rechnen Sie mit einem Volumen mit Radius  $b < a$  innerhalb des Spaltes.

### 3. Drehmoment auf Stromverteilung:

(30 Punkte)



Ein geladener Parallelplattenkondensator (mit gleichmäßigem elektrischem Feld  $\mathbf{E} = E\mathbf{e}_z$ ) befindet sich in einem gleichmäßigen Magnetfeld  $\mathbf{B} = B\mathbf{e}_x$ , siehe Abbildung.

- (a) Bestimmen Sie den elektromagnetischen Impuls im Raum zwischen den Platten.
- (b) Nun wird ein widerstandsfähiger Draht zwischen den Platten, entlang der  $z$ -Achse, angeschlossen, so dass sich der Kondensator langsam entlädt. Der Strom durch den Draht erfährt eine magnetische Kraft; wie hoch ist der Gesamtimpuls, der während der Entladung an das System abgegeben wird?