06.12.2005

0.1 32. Hausaufgabe

0.1.1 $\mathcal{E}$ ohne felderzeugende Ladungen!

Ein stationärer Leiter befinde sich in einem homogenen Magnetfeld und bilde einen noch ungeschlossenen Stromkreis. Ein zweiter, beweglicher Leiter sitze auf dem stationären Leiter auf und komplettiere den Stromkreis.

Bei Bewegung des aufsitzenden Leiters nimmt nun der effektiv auf die Leiter wirkender magnetische Fluss zu; außerdem ist eine von Null verschiedene Induktionsspannung U_{ind} feststellbar.

Direkt aus der Definition der magnetischen Flussdichte $\mathcal{B} = \frac{F}{Il}$ folgt mit Δl als die Strecke, um die der Leiter (im Beispiel nach rechts) bewegt wurde $F = \mathcal{B} I \Delta l$. I ist definitionsgemäß $\lim\limits_{\Delta t \to 0\,\text{s}} \frac{\Delta Q}{\Delta t}$; eingesetzt erhält man $F = \lim\limits_{\Delta t \to 0\,\text{s}} \mathcal{B} \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Delta l$.

Gruppiert man nun diesen Term nun so, dass sich Δt auf Δl statt ΔQ bezieht, wird schnell eine weitere Umformungsmöglichkeit ersichtlich:

$$F = \lim_{\Delta t \to 0\,\text{s}} \mathcal{B} Q \frac{\Delta l}{\Delta t} = \mathcal{B} Q \dot{l} = \mathcal{B} Q v;$$

Herüberbringen von Q auf die linke Seite der Gleichung bringt nun das überraschende Ergebnis

$$\frac{F}{q} = \mathcal{E} = \mathcal{B} v!$$

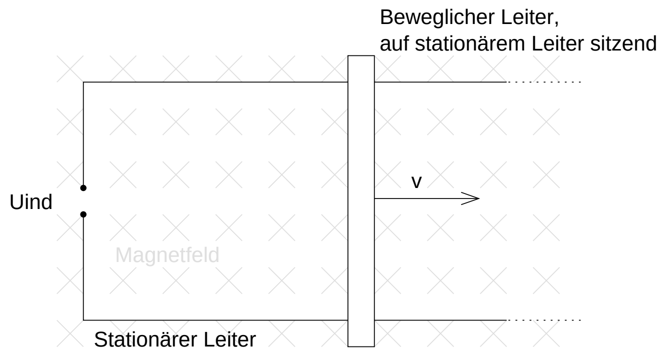
Es existiert also ein direkter und sehr einfacher Zusammenhang zwischen der magnetischen Flussdichte $\mathcal{B}$ und der elektrischen Feldstärke $\mathcal{E}$! Ferner scheint ein elektrisches Feld zu bestehen, obwohl keine Ladungen vorhanden sind, die so ein Feld erzeugen könnten! (Die Ladungen des beweglichen Leiters reichen weder aus um ein Feld dieser Größenordnung zu erzeugen noch wäre das entstehende Feld homogen – im Beispiel ist aber $\mathcal{E}$ homogen, da $\mathcal{B}$ ebenfalls homogen ist und Multiplikation mit v an dieser Tatsache nichts ändert; also können die Ladungen des Leiters nicht die Verursacher des betrachteten $\mathcal{E}$ sein.)

Mit Hilfe der Dreifingerregel kann man zu einer weiteren erstaunlichen Aussage gelangen: Der Regel entsprechend – der Strom ist nach links gerichtet, das Magnetfeld nach hinten – wirkt eine Kraft auf die Ladungen des beweglichen Leiters nach unten; es kommt also zu einer Ladungstrennung.

Dieses Szenario kennen wir bereits; wir können uns „oben“ und „unten“ als die Platten eines Kondensators vorstellen (mit dem Plattenabstand gleich der Länge des beweglichen Leiters)! Demnach gilt

$$\mathcal{E} = \frac{U}{d} = \mathcal{B}v;$$

Dieser Zusammenhang ist äußerst interessant; man rufe sich auch in Erinnerung, dass $\mathcal{E}$ nicht direkt durch die Ladungen auf dem Leiter hervorgerufen wurde und dass selbstverständlich kein Kondensator in die Schaltung eingebaut ist.



(Benötigte Zeit: 51 min)