

電束密度とは

篠原@物理のかぎプロジェクト

Date: tmp3638:5: (WARNING/2) Cannot extract empty bibliographic field "Date".

電磁気学において、電束密度 D という物理量があります。この記事では電束密度について解説します。

定義

真空中で電界 E が与えられるとき、電束密度 D という新しい量を $D = \epsilon_0 E$ と置くことによって、式の記述を簡単に出来る場合が多々あります。

このため、真空中においての電束密度をこのように定義します。

$$D = \epsilon_0 E$$

しかし、この電束密度 D という量は、単なる便宜上定義された量ではありません。

今、真空中ではなく誘電体で満たされた空間を考えてみよう。

この誘電体中に電場 E が存在するとします。このとき、物質の内部では分極^{*1}が発生し、本来の電界(区別するために F とします。)を打ち消す方向に電界が発生し、この分極により発生した電界は E に比例します。

そこで、その比例定数を χ と置くと、分極により発生した電界は $-\chi E$ と書くことが出来ます。

ここで、われわれが外部から測定できる電界 E は、もともとの電界 F と分極により発生した電界 $-\chi E$ の和として観測されるため、

$$E = F - \chi E$$

という関係が成り立ちます。そこで、分極による影響を差し引いた誘電体内部にある元々の電界 F は、

$$F = E + \chi E$$

となることが分かります。そこで、電束密度を次のように定義しなおすことにします。

$$D = \epsilon_0 F = \epsilon_0 E + \epsilon_0 \chi E$$

真空中では分極による影響はないため、 $\chi = 0$ となり、真空中での電束密度の定義と一致することがわかります。

*1 分極について、詳しくはまた別の機会に勉強しましょう。

上式はさらに、

$$\mathbf{D} = (1 + \chi)\varepsilon_0\mathbf{E} = \varepsilon_r\varepsilon_0\mathbf{E} = \varepsilon\mathbf{E}$$

となります。ここで、 $1 + \chi = \varepsilon_r$ を比誘電率と呼び、 $\varepsilon_r\varepsilon_0 = \varepsilon$ を誘電率と呼びます。（ ε_0 は「真空中の誘電率」と区別することもあります。）

さらに、 $\mathbf{P} = \varepsilon_0\chi\mathbf{E}$ の事を分極と呼び、その比例定数 χ を電気感受率と呼びます。

まとめ

電束密度 \mathbf{D} は、電界 \mathbf{E} に対して、誘電体中での分極を考慮した物質内での“元々の電界”に相当するものです。

電界 \mathbf{E} が与えられると、電束密度は

$$\mathbf{D} = \varepsilon\mathbf{E}$$

で、 ε を誘電率と呼びます。真空中での誘電率は、 $\varepsilon = \varepsilon_0$ です。