

コンデンサーと誘電体

1 導入

この講義で最重要なのは、誘電体の問題では式を並べる前に、電池につながっているかどうかで Q と V のどちらが一定かを定めることです。

コンデンサーの問題で間違いやすいのは、誘電体を入れると電気容量 C が変わることだけを覚えて、 Q と V のどちらが変わるかを場面ごとに区別しないことです。

2 用語と定義

誘電体とは、電場の中で分極し、コンデンサーの電気容量を変える物質です。

3 方針

まず、なぜ誘電体を入れると電気容量が増えるかを電場の側から見ます。そのあと電池につながっているかどうかで V 一定か Q 一定かを決め、

$$Q = CV, \quad U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$$

を使って、どの量がどう変わるかを判定します。

4 直感的な説明

誘電体を入れると、コンデンサーは同じ電圧でより多くの電荷をためやすくなります。だから C は大きくなります。ただし、その結果として Q が増えるのか、 V が下がるのかは、電池とのつながりで決まります。

5 厳密な説明

5.1 1. なぜ誘電体で C が増えるか

誘電体を入れると分極が起り、板間の電場を弱める向きの内部電場ができます。したがって、同じ自由電荷 Q を保ったままなら電場 E は小さくなります。平行板で

$$V = Ed$$

→ 講義 ガウスの法則の基本 [lecture](#) [physics](#) [electromagnetism](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/electromagnetism/ガウスの法則の基本-講義/>

だから、 Q 一定なら V は下がります。すると

$$C = \frac{Q}{V}$$

より C は大きくなります。これが「誘電体を入れると容量が増える」理由です。

5.2 2. 電池につないだまま

電池につながっているなら V 一定です。誘電体を入れて C が増えると

$$Q = CV$$

より Q は増えます。

5.3 3. 電池から外したあと

外したあとは電荷の出入りがないので Q 一定です。すると

$$V = \frac{Q}{C}$$

より C が増えると V は下がります。

5.4 4. エネルギー

V 一定なら

$$U = \frac{1}{2}CV^2$$

なので C が増えると U は増えます。

Q 一定なら

$$U = \frac{Q^2}{2C}$$

なので C が増えると U は減ります。

6 見分け方

- 電池が残っているかどうかを最初に確認します。
- 誘電体が入ると C は増える、と先に固定します。
- そのうえで Q 一定か V 一定かを分けて追います。

7 最終形

battery on $\Rightarrow V$ constant, battery off $\Rightarrow Q$ constant

8 一言でいうと

- 誘電体では、まず分極が電場を弱めて C を増やすことを押さえ、そのあと Q 一定か V 一定かを決めるのが核心です。