

電子ボルト

崎間@物理のかぎプロジェクト

2004-07-26

「電子ボルト」もしくは「エレクトロンボルト (electron volt)」という言葉は電磁気学のみならず、さまざまな分野で耳にします。「ボルト」はよく知られているように、電位差 (電圧) の単位です。それでは電子ボルトも電圧の単位なのかな、と誤ってしまいそうですが、そうではなくエネルギーの単位なのです。エネルギーと電子とボルトにいったいなんの関係があるのか、について紹介します。

電位差とエネルギー

電位差の単位はボルト V で表します。乾電池は普通 $1.5V$ ですし、日本の家庭用コンセントの電圧は $100V$ です。え、電位差と言ったり電圧と言ったりするけど、違う意味なのかって？ いえいえ、だいたい同じ意味で使っています。

「電圧」と言った場合、使う状況によって意味が少々異なるのです。「高さ」という言葉もそうですね。「高低差」を表すのか、「海拔」を表すのか、使う状況によって解釈が変わります。「電位差」は「高低差」に相当する言葉です。電池などは電位の高低差、電位差を生み出す装置で、いわば小さな発電機です。

電位差を生み出すのにはなんらかのエネルギーが要ります。乾電池の場合、化学反応のエネルギーによって電位差を生み出しているのです。エネルギーを使い切ったら電位差を生みだせず、乾電池は寿命が尽きてしまいます。

要するに、電位差とは「なんらかのエネルギーが変換されたものだ」、とすることができます。

位置エネルギーと運動エネルギー

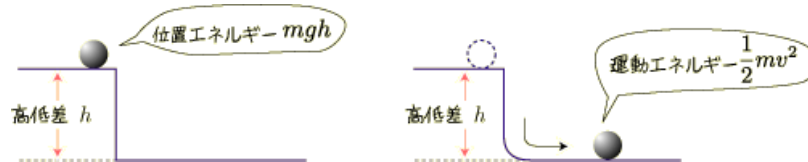
では逆に、電位差をなんらかのエネルギーに変換することもできるはずで、変換先のエネルギーとして、運動エネルギーを想定してみます。似たようなものは他にもないかな、と考えて、すぐに思い浮かぶのは重力による位置エネルギーです。高いところから物を落とすと、どんどん加速されて落ちて行きます。落としたときの速度がゼロでも、下へ落ちて行ったときには物は速度をもつこととなります。そして速度をもつ物には、運動エネルギーがあります。

高低差の場合

言葉ではあやふやな感じがしますから、数式に直してみます。エネルギー保存則から、重力の位置エネルギーがロスなく運動エネルギーに変換されると考えると

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

と書けます。数式のイメージとしては、下図のようなものを思い浮かべるといいでしょう。



左辺が重力の位置エネルギー，右辺が運動エネルギーです。ここで m は質量， g は重力加速度， h は高さ， v が速度です。エネルギーですから，単位はジュール J です。

電位差の場合

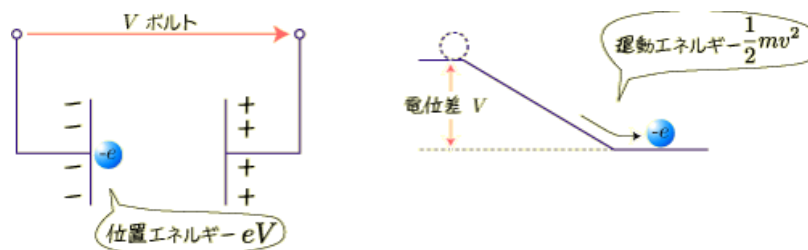
いまは電子ボルトのことを考えていますので，知りたいのは重力による位置エネルギーではなく，電位差による位置エネルギーです。このエネルギーは電荷 × 電位差で表せます。電位差を V ボルト，電子の電荷を e とすると

$$\text{電荷} \times \text{電位差} = eV$$

です。もちろん単位はジュール J です。この位置エネルギーから，先ほどと同じようにエネルギー保存則の式を立てると

$$eV = \frac{1}{2}mv^2$$

という形になります。図で表すと



のようになります。電子の電荷は負なので，電位の高い方（プラス側）に向かって加速される事には注意してください。負の電荷をもつ電子から見れば，プラスの方が「低い」ので，物が上から下へ落ちるイ

メッセージはそのままです。

電子ボルト

さて、電位差のエネルギーの意味が分かったところで、電子ボルトの定義を見えます。電子ボルトの定義は

Important

1 ボルトで加速された電子 1 つのエネルギーが 1 電子ボルト

です。「加速される」というのは先ほどのエネルギー保存則から理解できるでしょう。定義でも言うように、電子ボルトとはエネルギーの単位です。具体的な値は、

$$\begin{aligned} eV &= 1.6 \times 10^{-19} \cdot 1 \text{ J} \\ &= 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 1 \text{ eV} \end{aligned}$$

と計算できます。eV というのは電子ボルトの単位です。電子ボルトとジュールの関係は

$$1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 1 \text{ eV}$$

です。なぜわざわざ新たにエネルギーの単位が導入されているのかというと、式を見て分かる通り、1 電子ボルトはジュールで表すにはあまりにも小さな値だからです。原子レベルの大きさでの現象を考えると、電子 1 つを 1 ボルトで加速したエネルギーを考えたほうが都合のいいことが多いので、このような単位が決められているのです。

また、核反応のエネルギーを考える場合は、電子ボルトでは小さすぎるのでキロ (k) やメガ (M) などの単位接頭記号をつけて

$$\begin{aligned} 1 \times 10^3 \text{ eV} &= 1 \text{ keV} \\ 1 \times 10^6 \text{ eV} &= 1 \text{ MeV} \end{aligned}$$

と表すことが多いです。それぞれ「キロ電子ボルト」、「メガ電子ボルト」ですが、単位記号を読んで「ケブ」、「メブ」と言うこともあります。