

6月12日の授業は、電場と物質の関わりについて

65 ページ

先週の今日の問題。

電子の（古典）半径を求める式を示したが、実際の長さとして認識するには、その式に代入する物理量には、同時に単位を含めることが重要である。その計算方法を示す。

66 ページ

物質が出てきたらとりあえず、周期律表を眺める。

電氣的に言うと物質は導体と不導体にわけられる。導体とはその中を電荷がある程度動くことができる物質であり、普通には金属である。周期律表における左側の物質は導体である。

反対に右側には不導体が並ぶ。導体はほぼ金属であったのに対し、不導体は誘電体とも呼ばれる。

このことに関しては授業の後半で。

中間的に半導体と呼ばれる物質群があって、現在のエレクトロニクスを支える物質であるが、ここでは深入りしない。

67 ページ

1990年代までは「導体＝金属」であったが、それを変えたのが、電導高分子化合物である。しかし、それを見るとアルミフォイルとよく似ている。つまり、我々が金属的として知っている知っている性質は、電荷がその中で移動できることによる性質である。

68 ページ

導体（金属的な物質）では、電荷が長距離移動できることが、電氣的な性質を決めている。

電池などの起電力で、電流を流し続けていない限り、電位差があるとすぐさま電荷が移動して、電位差を打ち消してしまう。なので、単独に存在する導体に内部には電位差が存在しない。

ただし、起電力を導体に結びつけることで電位差を保つことができる。ただし、このときは電荷の「電荷の移動＝電流」が物質の中に発生する。

69 ページ

導体に起電力をつなぎ、電流を流し続けることを考える。電流は金属のある太さをもった線の中を流れるとしよう。電荷（電子）の移動の平均速度を考えることにより、電流の大きさを定義する。電荷は電位差により作られる電場に力を受けて移動するわけだが、この力を受けて加速度運動をするわけではない。速度に比例する抵抗（粘性抵抗と呼ばれる）を受けて一定速度に近づいたと考えられる。

この時、起電力で作る電位差（電圧）と電流の大きさを考えると、オームの法則を導くことができる。

70 ページ

オームの法則の抵抗は、前のページで述べた粘性抵抗で決まってくるが、これは電流を流している導体の物質的性質で決まるものであって、一般には実験で決められる。

また、電荷がある電位差の中を、電場の力によって移動するので、電荷は運動エネルギーをもらうことになるが、前に述べた粘性抵抗により電子の速度にはならず熱として消費される。この熱の発生を考察すると、電流に関するワットの法則が得られる。

71 ページ

不導体の場合にも、電荷の移動は起こるのだが、その範囲が分子の中、原子の中だけと限られている。不導体の電荷の移動をまとめると、

まず全体として、電氣的に中性であること。電場が0（ゼロ）の時、電荷の局在は無いが、電場が掛り始め、だんだん強くなると、電荷の局在。分子の変形などが起こる。

72-75 ページ、

71 ページのまとめの電場の強度ごとのイラスト。

76 ページ、イラストのアニメ。しかし PDF では動かない。（授業のみ動く）

77 ページ

電気双極子、電気双極子モーメントの説明。

電場から受ける力は回転力であり、電気双極子モーメントがその係数となる。

また、電気双極子は自ら周囲に電場を作る。

78 ページ

電気双極子の作る電場は、外からか掛けられた電場（外場）を弱める方向に働くことの説明。

79 ページ

71-78 ページのまとめ。

80 ページ

不導体をコンデンサーの極板をはさみ、ガウスの法則を用いてここまでの議論を定量化する。

重量なのは、カウスの法則に用いる閉曲面の内部に不導体が入ってくるときは、不導体の中で発生する分極による電荷を考慮する必要があること。

81 ページ

不導体の内部の電荷の考慮の仕方。閉曲面の近い分極による電気双極子だけが関わってくる。

82 ページ

ここでは、無限に広い極板をもつコンデンサーを考えているので、電場は極板垂直になる。80 ページで考えたような茶筒型の閉曲面であれば、側面は面積積分に寄与しない。

83 ページ

81-82 ページのまとめ。

電気双極子の電場が加わるので、電気双極子に近いところだと、遠いところでは、電場に違いができるので、電場は一様にならないが少し広い範囲で、平均電場を考えると、例えば電気双極子を 100 個ぐらいいつもまとめた領域ごとの平均電場は、一様と言っても良いだろう。

そうすると、平均電場は分極による電気双極子モーメントと、その電気双極子の不導体内の密度で書けることになる。

84 ページ

電気双極子モーメントと電気双極子の密度を掛けて、電気双極子モーメント密度を定義して、「分極」と呼ぶことにする。これは物理量（つまりは物理法則の変数）としての定義なので、71-78 ページで考えた現象として考えた分極とは異なるので注意。歴史的には、2つの事柄に同じ言葉が使われてしまった例である。

また、分子を数 100 個集めたところで、我々にとってその内部の電場の変化を見ることはできないので、不導体内部の平均電場を単に、不導体（物質）内の電場と呼ぶ。

85 ページ

分極、ここでは物理量が、不導体内部の平均電場の強さに比例すると仮定することにより、分極率、物質の誘電率、更に電束密度が定義できる。この電束密度を導入することのメリットは、電場に関わる式を書く時に、誘電率が隠されてしまうので、物質の存在に関わらず同じ式で書けることにある。デメリットは、この都合のため導入されたので、他の物理量、例えば電荷が電場から受ける力、コンデンサーの電気容量。蓄えられたエネルギーなどを計算するときには、電場に戻さなければならぬことである。

86 ページ

不導体と電場の関係のまとめ。

ここで示したような、不導体の内部の電場について議論するときには、誘電体と呼ばれるのがふつうである。むしろ、電流が流れるかどうかに限られた時に使われる用語とある。