

電磁気学 No.2 クーロンの法則

目的 2つの帯電体の間に働く力を調べる。

方法 1つの帯電体は軸受棒で支えられ、他の帯電体の間に働く力によって回転する。その回転するモーメントを角度から読みとり、距離と力の大きさを決定する。

測定データ

θ [度]	α [度]	$r \sim \sin(\theta/2)$	$\cos(\theta/2)$	$F \sim \frac{\alpha}{\cos(\theta/2)}$
46	35			
43	40			
39	50			
35	60			
32	70			
30	80			

データ解析

- 縦軸に $F \sim \frac{\alpha}{\cos(\theta/2)}$ 、横軸に $r \sim \sin(\theta/2)$ を両対数グラフに描きなさい。
- 両対数グラフから、傾き a を求めなさい。

- 電荷間に働く力 F は距離 r のどういった関数となるか。

距離 r [m] 離れた2つの電荷 q_1 [C]、 q_2 [C] の間に働く力 F [N] は次のように書くことができる。

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

これをクーロンの法則という。ここで $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ を真空の誘電率という。

問題

1. 水素原子は、正電荷 $+e$ の陽子のまわりを負電荷 $-e$ の電子が回転しているという。

電子の質量	$m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
陽子の質量	$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
万有引力定数	$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$
ボーア半径	$a = 5.29 \times 10^{-11} \text{ m}$

(1) 陽子と電子の間に働く電気力 F_C を求めなさい。

$$F_C = 8.99 \times 10^9 \frac{(1.60 \times 10^{-19})^2}{(5.29 \times 10^{-11})^2} \doteq 8.22 \times 10^{-8} \text{ N}$$

(2) 陽子と電子の間に働く万有引力 $F_G = G \frac{m_e m_p}{r^2}$ を求めなさい。

$$F_G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{9.11 \times 10^{-31} \cdot 1.67 \times 10^{-27}}{(5.29 \times 10^{-11})^2} \doteq 3.63 \times 10^{-47} \text{ N}$$

(3) 電気力 F_C は、万有引力 F_G の何倍か。

$$\frac{F_C}{F_G} = 2.26 \times 10^{39} \text{ 倍}$$

2. 次の間に答えなさい。

(1) 1.0 m 離れて 1.0 N の力を及ぼしあう等量の質量は何 kg か。

$$1 = G \frac{m^2}{r^2} \quad \therefore m = \sqrt{\frac{1}{G}} = 1.2 \times 10^5 \text{ kg}$$

(2) 1.0 m 離れて 1.0 N の力を及ぼしあう等量の電荷は何 C か。

$$1 = k \frac{q^2}{r^2} \quad \therefore q = \sqrt{\frac{1}{k}} = 1.1 \times 10^{-5} \text{ C}$$

(3) 上の電荷は、電子何個分に相当するか。

$$\frac{1.05 \times 10^{-5}}{1.60 \times 10^{-19}} = 6.6 \times 10^{13} \text{ 個}$$

3. NaCl 分子中で、 Na^+ イオンと Cl^- イオンは $r = 2.3 \times 10^{-10} \text{ m}$ 離れている。このイオン間に働く電気力は何 N か。

$$F = 8.99 \times 10^9 \frac{(1.60 \times 10^{-19})^2}{(2.3 \times 10^{-10})^2} = 4.4 \times 10^{-9} \text{ N}$$

4. 今日の講義でわかったこと・わからなかったこと・感想などを書きなさい。(自由記載)