

電気素量測定実験

η : 空気の粘性率, r : ラテックス球の半径, ρ : ラテックス球の密度

σ : 空気の密度, g : 重力の加速度, q : 粒子の電荷

粒子が下向きに落下するよう電場 E をかけて等速直線運動になったときの力のつりあいの式は

$$6\pi r \eta v_{\downarrow} + \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - qE = 0 \quad (1)$$

(v_{\downarrow} : 下降速度)

粒子が上向きに上昇するよう電場 E をかけて等速直線運動になったときの力のつりあいの式は

$$-6\pi r \eta v_{\uparrow} + \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g + qE = 0 \quad (2)$$

(v_{\uparrow} : 上昇速度)

(1), (2) より

$$r = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{\eta}{g(\rho - \sigma)}} \sqrt{v_{\downarrow} - v_{\uparrow}}, \quad q = \frac{3\pi r \eta}{E} (v_{\downarrow} + v_{\uparrow}) \quad (3)$$

1 mm (5目盛) 下降する時間を t_{\downarrow} sec, 上昇する時間を t_{\uparrow} sec とする。

$\eta = 1.809 \times 10^{-5}$ Nsec/m², $g = 9.8$ m/sec², $\rho = 1.056 \times 10^3$ kg/m³

$\sigma = 1.226$ kg/m³, $v_{\downarrow} = 10^{-3}/t_{\downarrow}$ m/sec, $v_{\uparrow} = 10^{-3}/t_{\uparrow}$ m/sec
を代入して

$$r = 1.9843 \times 10^{-6} \sqrt{\frac{1}{t_{\downarrow}} - \frac{1}{t_{\uparrow}}} \text{ m} \quad (A)$$

極板間の電位差を V ボルト, 間隔を $d = 5.0 \times 10^{-3}$ m とすると $E = V/d$.
これと r の真の値 5.055×10^{-7} m を (3) の q の式に代入して

$$q = 4.3092 \times 10^{-16} \frac{1}{V} \left(\frac{1}{t_{\downarrow}} + \frac{1}{t_{\uparrow}} \right) \text{ coulomb}$$

特に $V = 200$ ボルトにとるとき

$$q = 2.1546 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{t_{\downarrow}} + \frac{1}{t_{\uparrow}} \right) \text{ coulomb} \quad (B)$$

測定方法

(1) 20個のデータをとる。

(2) それぞれについて (A) 式で r を計算し, $4.06 \times 10^{-7} \leq r \leq 6.06 \times 10^{-7}$ (cm)

のデータのみ採用し、残りは捨てる。(ここでデータが少なすぎるようなら判定規
準を $3.56 \times 10^{-7} \leq r \leq 6.56 \times 10^{-7}$ までゆるめてもよい)。

(イ) 残ったデータについて ($V=200$ ボルトの場合は) (B)式より q を計算する。

回	$t \downarrow$ sec	$t \uparrow$ sec	$r \times 10^{-7} m$	判定	$q \times 10^{-19}$
1	7.40	14.51	5.106	O	4.397
2	4.11	12.30	7.987	X	
.
.
.
20	5.30	10.00	5.909	O	6.220

(ニ) 求めた q を各ブロックに分ける (近いものをまとめる)。
ブロック平均を求め、それらの間の整数比を求める。

q $\times 10^{-19}$ Coulomb	ブロック平均 $\times 10^{-19}$	整数比
3.380 2.971 3.355	3.235	2
5.012 4.730 4.980 4.562	4.821	3
6.513 6.228 6.398	6.380	4
48.129		

整数比の求め方は、ブロック平均
の最小のもの $\frac{1}{n}$ を単位とし
て考え、 $n=1, 2, 3, \dots$
と調べていって整数比に
近いものをえらべは「良い」。

$$q = \frac{48.129}{2 \times 3 + 3 \times 4 + 4 \times 3} \times 10^{-19} = 1.604 \times 10^{-19} \text{ coulomb.}$$