

Modern Fizika Laboratórium Fizika Bsc.  
**2. Az elemi töltés meghatározása**

***A mérést végezte:***

*Albert Andrea, Sándor Szende*

***A mérés ideje: 2020.02.26, 8.00-12.00***

*Szerdai csoport*

***A beadás ideje: 2020. május 22.***



## 1. A mérési célja

Faraday törvényei szerint bármilyen ion gramegyenérték súlynyi mennyiségének semlegesítéséhez ugyanannyi töltésmennyiség szükséges (96 500 C), és Avogadro törvénye alapján bármilyen egy vegyértékű anyag gramegyenérték súlynyi mennyiségében ugyanannyi atom van ( $N_A = 6.023 \cdot 10^{23}$ ), ezért az elektromosságnak van elemi töltése. Ezt Robert Millikan híres kísérlete bizonyította, melyért Nobel-díjat kapott, mi is ezt a kísérletet végezzük el apró módosításokkal.

## 2. A mérési elv

A kísérlet lényege, hogy homogén, de változtatható elektromos térbe makroszkópikusnak tekinthető olajcseppeket lövünk, és azok mozgásából meghatározható az elemi töltés.

A síkkondenzátor lemezei közé olajat porlasztva a cseppek egyenletes sebességgel esnek, vagy emelkednek az elektromos tér irányától függően. Mivel a sebesség egyenletes, ezért az erők egyensúlyban vannak ( $F_g, F_A, F_S = 6\pi\eta rv$ , ahol  $r$  az olajcsepp sugara,  $v$  a sebessége,  $\eta$  a belső súrlódási együttható). Az erőegyensúly:

$$F_S + F_A = F_g$$

$$6\pi\eta rv + \frac{4}{3}r^3\pi\varrho_{lev}g = \frac{4}{3}r^3\pi\varrho_{ol}g$$

$$6\pi\eta rv = \frac{4}{3}r^3\pi(\varrho_{ol} - \varrho_{lev})g$$

$\varrho_{ol}$  az olaj sűrűsége,  $\varrho_{lev}$  a levegőé,  $g$  a gravitációs gyorsulás.

Amiből megkaphatjuk a cseppek sugarát:

$$r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2(\varrho_{ol} - \varrho_{lev})g}}$$

Elektromos tér bekapcsolása után a fenti egyenlet módosul egy  $q\frac{U}{d}$  elektromos erővel, attól függően, hogy felfelé, vagy lefelé halad:

$$q\frac{U}{d} = 6\pi\eta rv + \frac{4}{3}r^3\pi(\varrho_{ol} - \varrho_{lev})g$$

$$q\frac{U}{d} = -6\pi\eta rv + \frac{4}{3}r^3\pi(\varrho_{ol} - \varrho_{lev})g$$

Ebbe a képletbe behelyettesítve a sugarat, megkaphatjuk az elemi töltést.

## 3. A mérés menete

Kiválasztottunk 25 db olajcseppet, és megmértük, hogy mennyi idő alatt teszik meg a két nagy osztásnyi távolságot elektromos tér nélkül, majd elektromos tér esetén is (itt lejegyeztük azt is, hogy milyen irányba haladtak). Végül lemértük a külső hőmérsékletet és a nyomást a korrekciók kiszámításához.

## 4. A mért adatok

Az alábbi táblázatban a Nr. az olajcsepp sorszámát jelenti, a Fel/le a haladás irányát az elektromos tér hatására, az idő [s] az eltelt időt elektromos tér nélkül, az idő [+E][s] pedig azt az időt, ami elektromos tér bekapcsolása esetén mértünk.

Nr.	Fel(+)/le(-)	idő [s]	idő[+E][s]	Nr.	Fel(+)/le(-)	idő [s]	idő[+E][s]
1	-	21.56	24.04	14	-	8.00	18.72
2	+	31.17	15.63	15	+	28.46	18.61
3	-	08.46	05.09	16	-	26.82	8.96
4	+	14.13	21.23	17	-	8.43	5.46
5	+	21.24	38.29	18	+	22.56	10.64
6	+	23.37	26.46	19	-	7.73	6.38
7	+	49.09	10.93	20	-	18.76	15.70
8	+	25.39	09.43	21	+	17.13	18.76
9	+	34.76	14.85	22	-	6.93	4.89
10	+	16.79	17.15	23	+	14.51	20.17
11	-	7.98	22.56	24	-	03.62	05.23
12	+	9.25	7.26	25	-	5.40	4.59
13	+	29.10	22.13				

1. táblázat. Mért adatok

$$T = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$p = 1001\text{ hPa}$$

$$U_0 = 503\text{ V}, U_v = 497\text{ V}$$

## 5. Eredmények és hibaszámítás

A táblázatban a  $v_0$  az elektromos tér nélküli sebesség,  $v$  pedig a térben lévő sebesség.

Nr.	$v_0$ [ $10^{-5} \frac{m}{s}$ ]	$v$ [ $10^{-5} \frac{m}{s}$ ]	Nr.	$v_0$ [ $10^{-5} \frac{m}{s}$ ]	$v$ [ $10^{-5} \frac{m}{s}$ ]
1	4.947	4.437	14	13.333	5.698
2	3.422	6.824	15	3.748	5.732
3	12.608	20.956	16	3.977	11.905
4	7.549	5.024	17	12.653	19.536
5	5.022	2.786	18	4.728	10.025
6	4.564	4.031	19	13.799	16.719
7	2.173	3.759	20	5.686	6.794
8	4.201	11.311	21	6.227	5.686
9	3.069	7.183	22	15.392	21.813
10	6.353	6.220	23	7.351	5.288
11	13.367	4.728	24	29.466	20.395
12	11.532	14.692	25	19.753	23.239
13	3.666	4.820			

2. táblázat. Sebességek kiszámítása a sugárhoz

Nr.	$r_0$ [ $\cdot 10^{-5}$ m]	$F_S$ [ $\cdot 10^{-13}$ N]	r [ $\cdot 10^{-5}$ m]	Nr.	$r_0$ [ $\cdot 10^{-5}$ m]	$F_S$ [ $\cdot 10^{-13}$ N]	r [ $\cdot 10^{-5}$ m]
1	3.140	5.330	3.137	14	5.155	23.606	5.152
2	2.612	3.065	2.610	15	2.733	3.513	2.730
3	5.013	21.707	5.010	16	2.816	3.841	2.813
4	3.879	10.052	3.876	17	5.022	21.823	5.019
5	3.164	5.452	3.161	18	3.070	4.980	3.067
6	3.016	4.722	3.013	19	5.244	24.854	5.242
7	2.081	1.549	2.078	20	3.367	6.570	3.364
8	2.894	4.170	2.891	21	3.523	7.529	3.520
9	2.473	2.602	2.470	22	5.539	29.285	5.536
10	3.559	7.760	3.556	23	3.829	9.662	3.825
11	5.162	23.699	5.159	24	7.664	77.602	7.661
12	4.794	18.985	4.791	25	6.275	42.583	6.272
13	2.703	3.399	2.701				

3. táblázat. Sugár, súrlódási erő, sugár korrekcióval

### 5.1. Korrekciók

Figyelembe véve azt, hogy a levegő belső súrlódási együtthatója hőmérsékletfüggő,  $\eta$ -ra a következőt kapjuk:

$$\eta_T = \eta_0 \sqrt{\frac{T}{T_0} \frac{1 + \frac{C}{T_0}}{1 + \frac{C}{T}}} = 1.825 \cdot 10^{-5} \text{ Pas},$$

ahol  $\eta_0 = 1.708 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ ,  $C = 113 \text{ K}$ ,  $T_0 = 273 \text{ K}$  Valamint a Stokes-féle erőt is kell korrigálni a nyomás miatt:

$$F_S = 6\pi\eta r v \frac{1}{1 + \frac{K}{p}} =,$$

ahol  $K = 8.26 \cdot 10^{-3} \text{ Pam}$ ,  $p$  a külső légnyomás.

## 6. Diszkusszió