

실험 결과 보고서

3-5 평행판 축전기의 전기용량

학과 전기통신학과 학년 1 학번 2201856 이름 김대영 실험조 C
 제출일 20.10.07 담당교수 강영현 담당조교 박성철

1. 측정치 및 계산

평행판의 직경 = 0.15 m, 평행판의 면적(A) = 0.01767 m²

전압이 걸리지 않은 상태에서 전자 저울의 눈금 (@ 0 kV) $m_0 = \frac{0.10539}{0.10439}$ kg 0.0047m일 때
0.008m

1) 평행판의 거리에 따른 전기용량 - 유전체가 없는 경우

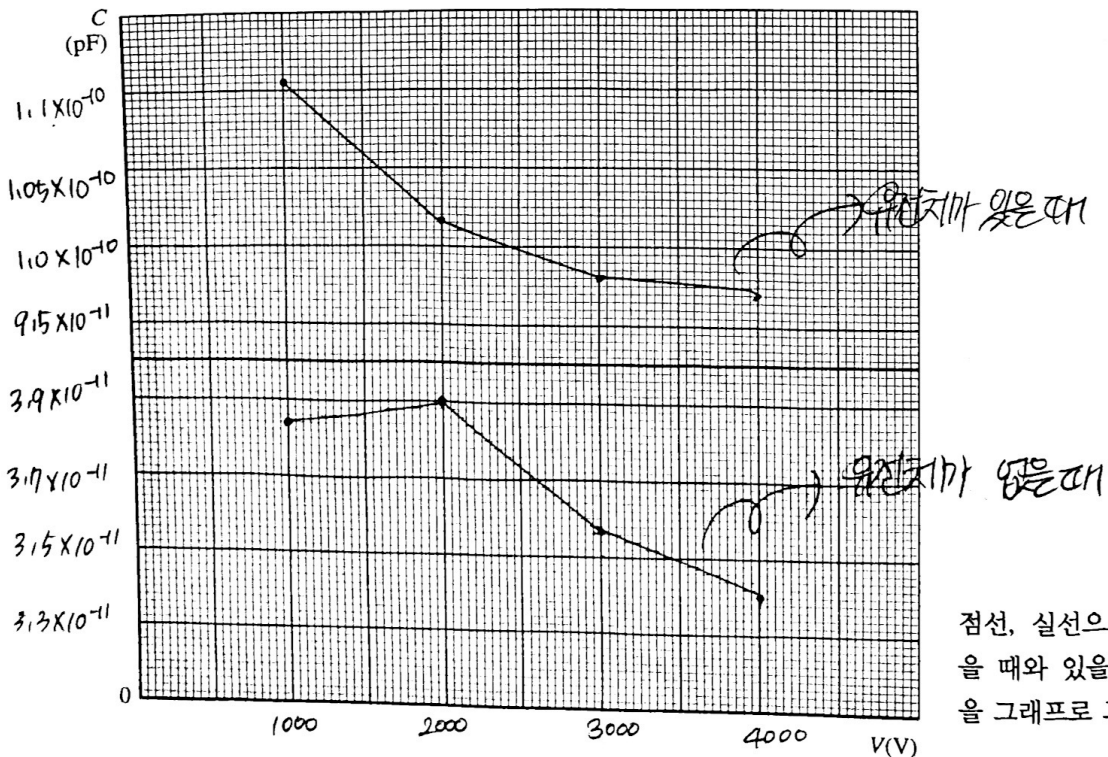
$d(m)$	$V(V)$	$m'(kg)$	$\Delta m = m' - m_0$ (kg)	$C_1 (= \epsilon_0 \frac{A}{d})$ (단위: F)	$F (= \Delta mg)$ (단위: N)	$C_2 (= \frac{2Fd}{V^2})$ (단위: F)	상대오차 ($= \frac{ C_1 - C_2 }{C_1} \times 100$)
0.004	1000	0.110490	-0.00049	3.910×10^{-11}	-0.00480	3.841×10^{-11}	1.76
	2000	0.110340	-0.00199		-0.019502	3.900×10^{-11}	0.26
	3000	0.110131	-0.00409		-0.03999	3.554×10^{-11}	9.10
	4000	0.109845	-0.00694		-0.06801	3.401×10^{-11}	13.0
0.008	1000	0.110475	-0.00014	1.955×10^{-11}	-0.001372	2.195×10^{-11}	12.3
	2000	0.110441	-0.00048		-0.004704	1.882×10^{-11}	3.73
	3000	0.110381	-0.00108		-0.01058	1.881×10^{-11}	3.79
	4000	0.110295	-0.00194		-0.01901	1.901×10^{-11}	2.76

2) 평행판의 거리에 따른 전기용량 - 유전체(아크릴판)가 있는 경우

$A = 0.011761 \text{ m}^2$, $t(d) = 0.004 \text{ m}$, $\kappa = 2.56$

전압이 걸리지 않은 상태에서 전자 저울의 눈금 (@ 0 kV) $m_0 = \frac{0.10539}{0.117335} \text{ kg}$ 유전체가 있을 때
유전체가 없을 때

	V(V)	$m' \text{ (kg)}$	$\Delta m = m' - m_0 \text{ (kg)}$	계산값 $C_1 (= \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d})$ (단위: F)	$F (= \Delta mg)$ (단위: N)	$C_2 (= \frac{2Fd}{V^2})$ (단위: F)	상대오차 $(= \frac{ C_1 - C_2 }{C_1} \times 100)$
유전체가 없는 경우	0						
	1000	0.114490	-0.100049	3.910×10^{-11}	-0.00480	3.841×10^{-11}	1.176
	2000	0.110340	-0.100199	3.910×10^{-11}	-0.019502	3.900×10^{-11}	0.26
	3000	0.110131	-0.100408	3.910×10^{-11}	-0.103998	3.554×10^{-11}	9.10
	4000	0.09845	-0.100694	3.910×10^{-11}	-0.06801	3.401×10^{-11}	13.0
유전체가 있는 경우	0	0.117335					
	1000	0.117194	-0.00141	1.1001×10^{-10}	-0.013818	1.1054×10^{-10}	10.4
	2000	0.16816	-0.100519	1.1001×10^{-10}	-0.1050862	1.01172×10^{-10}	1.62
	3000	0.16210	-0.10125	1.1001×10^{-10}	-0.11025	9.8×10^{-11}	2.10
	4000	0.15355	-0.10198	1.1001×10^{-10}	-0.19404	9.1702×10^{-11}	3.08

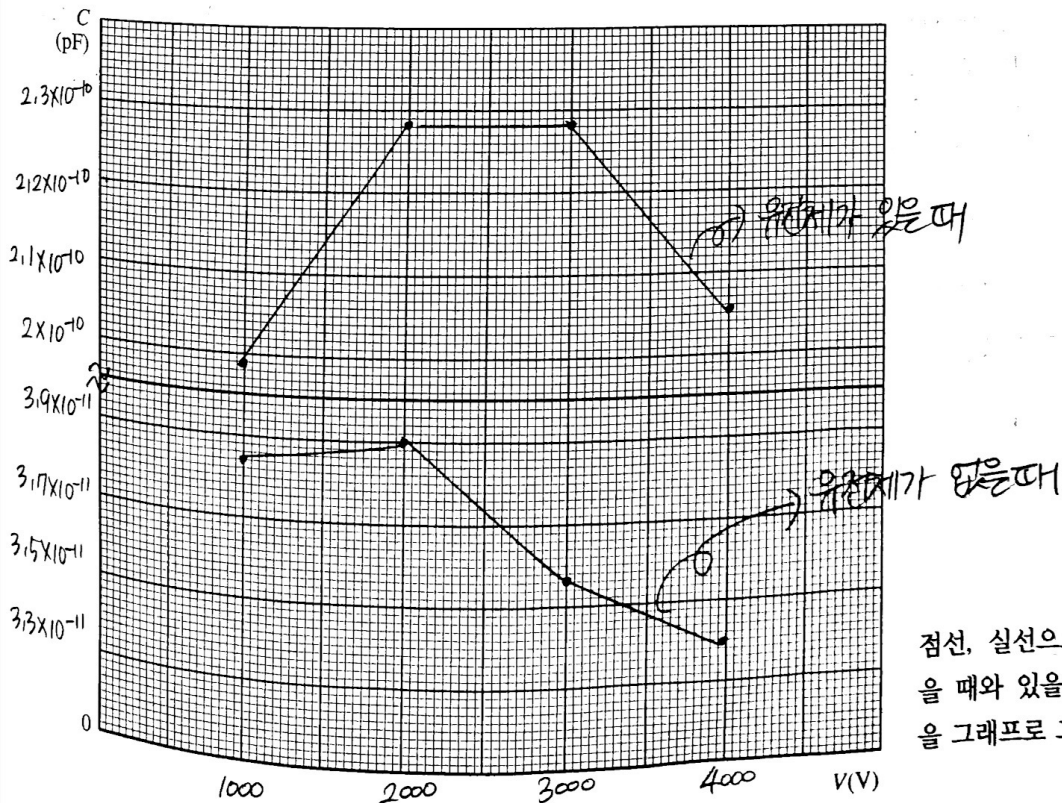


3) 평행판의 거리에 따른 전기용량 - 유전체(유리판)가 있는 경우

$$A = \underline{0.011767} \text{ m}^2, \quad t(d) = \underline{0.004} \text{ m}, \quad \kappa = \underline{5.6}$$

전압이 걸리지 않은 상태에서 전자 저울의 눈금 (@ 0 kV) $m_0 = \underline{0.10539} \text{ kg}$ 유전체 없을 경우
 $\underline{0.26683} \text{ kg}$ 유전체 있을 경우

	V(V)	$m'(\text{kg})$	$\Delta m = m' - m_0$ (kg)	계산값 $C_1 (= \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d})$ (단위: F)	$F (= \Delta mg)$ (단위: N)	$C_2 (= \frac{2Fd}{V^2})$ (단위: F)	상대오차 ($= \frac{ C_1 - C_2 }{C_1} \times 100$)
유전체가 없는 경우	0	0.10539					
	1000	0.10440	-0.00049	3.910×10^{-11}	-0.00480	3.841×10^{-11}	1.76
	2000	0.10340	-0.00199	3.910×10^{-11}	-0.019502	3.900×10^{-11}	0.26
	3000	0.10131	-0.00408	3.910×10^{-11}	-0.03998	3.554×10^{-11}	9.10
	4000	0.104845	-0.00694	3.910×10^{-11}	-0.06801	3.401×10^{-11}	13.0
유전체가 있는 경우	0	0.26683					
	1000	0.26429	-0.00254	2.1895×10^{-10}	-0.024892	1.9914×10^{-10}	9.05
	2000	0.25517	-0.01166	2.1895×10^{-10}	-0.114268	2.2354×10^{-10}	4.38
	3000	0.24062	-0.02621	2.1895×10^{-10}	-0.256858	2.2832×10^{-10}	4.28
	4000	0.22489	-0.04194	2.1895×10^{-10}	-0.411012	2.0551×10^{-11}	6.14



점선, 실선으로 유전체가 없을 때와 있을 때의 전기용량을 그래프로 그려 보시오.

2. 결과 및 논의

이번 실험은 <평행판 축전기의 전량량>으로 평행판 사이의 간격, 유전체 삽입여부 등 변하는 조건에 따라 평행판 축전기의 전량량을 측정하고, 변화하는 조건과 평행판 축전기의 전량량 사이의 관계를 알아보는 실험이다.

'1) 유전체가 없는 경우에서의 데이터를 통해서 평행판 사이의 거리인 d 가 증가할수록 전량량 C 가 감소하는 것을 알 수 있다. $d=0.004m$ 일 때는 C_1 이 3.910×10^{-10} 이고 $0.008m$ 일 경우에 C_2 은 1.955 이다. 또 C_2 에 대해서도 $0.004m$ 일 경우의 전량량이 $0.008m$ 일 때의 전량량보다 큰 것을 알 수 있다. 이는 전기량량의 공식을 통해 이유를 알 수 있다.

$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ 이므로 전기량량은 거리(d)에 반비례한다. 따라서 d 가 더 큰 경우, 즉, $0.008m$ 일 때 전량량이 더 작을 것이다. 또 '1), 2), 3)의 데이터를 통해 V 가 증가할수록 Δm 이 커지는 것을 알 수 있다. 이는 평행판 축전기가 충전이 되면 한쪽 평행판은 +전하를, 다른쪽 평행판은 -전하를 띠게 돼 서로 인력이 작용하게 되고, 그 결과 처음에 측정하는 m 의 크기가 작아져 Δm 이 커지는 것이다.

'2), 3) 유전체가 있는 경우의 데이터 값을 통해서 유전체가 있으면 전량량이 더 커지는 것을 알 수 있다. 이는 유전체가 평행판으로 인해 형성되는 자장의 영향을 받아 유전율 현상이 일어나게 되고 유전체에서는 평행판과 반대방향의 자장이 형성돼 총 자장이 상대적으로 1인 평행판에 의한 자장보다 작아져 더 많은 전하가 축전기에 되고 그 결과 전량량이 증가하게 된다. 이는 $C = k \frac{\epsilon_0 A}{d}$ 식을 통해서도 유추 가능하다. C 는 유전상수 k 에 비례하므로 유전상수가 커짐에 따라 전량량이 증가한다. 유전판의 유전상수가 이크릴판의 유전상수보다 크므로 유전판에서의 전량량이 더 커진다는 것 또한 알 수 있다.

이 실험에서 오차는 작게는 0.26% , 크게는 13.0% 정도로 나타났다. 실험 데이터 영상을 보면 각 경우에서 같은 평행판을 사용하면 m 이 같은 값이 나와야 하는데 (유전체가 없는 경우엔 유전체 무게 제외) 데이터마다 m 이 달라지게 된다. 따라서 평행판에 놓아있는 전하를 모두 인력하는 2점에 딱 떨어지면 데이터 오차를 줄일 수 있다.

3. 질 문 또 정공상태가 아니고 전공정공을 대신 공극정공을 이용하면 오차를 감소시킬 수 있을 것이다.

(1) Gauss 법칙을 이용하여 식 (2)를 유도하라.

하나의 도체판에 대한 전장량을 Gauss 법칙을 이용해 구해보자. 면전하밀도 σ 인 균일하게 대전된 도체판에 가우시언으로 원통을 선택하면, 원통의 둘 측면은 전장과 수직이므로 $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = 0$ 이고, 원기둥 양쪽 단면에 의해 $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = 2EA = \frac{Q}{\epsilon_0}$ 이므로 $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ 가 된다. 따라서 두 도체판에 의한 두 평행판 사이의 전장량은 중첩되어 2배가 돼 $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ 가 된다.

$$\text{식(8)} \quad C = k \cdot \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

(2) 식 (8)을 유도하라.

$$V = Ed \text{ 이고 } E = \frac{Q}{\epsilon_0 A} \text{ 이므로 } V = \frac{Qd}{\epsilon_0 A} \text{ 라 할 수 있다}$$

$$Q = CV \text{ 이므로 } C = \frac{Q}{V} \text{ 이고 } V = \frac{Qd}{\epsilon_0 A} \text{ 를 대입하면 } C = Q \cdot \frac{\epsilon_0 A}{Qd} = \frac{\epsilon_0 A}{d} \text{ 이다. 또 유전상수 } k = \frac{C_0}{C} \text{ 이므로 } C_0 = kC = k \frac{\epsilon_0 A}{d} \text{ 이 된다.}$$

(3) 평행판 축전기 내부에 유전체를 삽입하면 전기용량이 증가하는 이유를 설명하라.

유전체에 유전율 현상이 발생해서이다. 축전기 내부에 유전체를 삽입하고 외부에서 전장을 걸어주면 유전체 내부의 유전체가 외부 전장의 반대 방향으로 정렬해 자장이 상대적으로 전체 자장이 감소된다. 이렇게 되면 유전체가 삽입되기 전보다 오랜 시간 충전을 해야 외부에 연결된 전지만큼의 전위차를 가질 수 있다. (평행판에 대해 두 전위차가 일정하면 축전기에 전하를 모으는 것이 '충전'이다) 오랜 시간 충전한다는 것은 전압 많은 전하가 모인다는 것이다. $Q = CV$ 를 통해 보면, 이 실험에서 V 는 일정하므로 Q 가 커짐에 따라 전량량 C 가 커지게 된다.

(4) 이 실험의 결과로부터 상수 ϵ_0 를 계산하고 식 (3)과 비교하라.

$$C_1 = C_2 \text{ 여야 하므로 } \epsilon_0 \frac{A}{d} = \frac{2\pi d}{V^2} \text{ 이고 } \epsilon_0 = \frac{2\pi d}{V^2} \frac{d}{A} \text{ 가 된다. 유전체가 있는 경우에는 } \epsilon = \frac{2\pi d}{V^2} \frac{d}{A} \text{ 이다.}$$

이를 통해 1)에서 $d=0.004m$, $V=1000$ 일 때를 구하면 8.69496×10^{-12} 로 식(3)인 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/(N \cdot m^2)$ 과 오차는 있지만 비슷한 값을 갖는다.

또 2)에서 이크릴판이 있고 $V=2000$ 일 때 ϵ_0 을 위 식을 이용해 구하면 $1.1054 \times 10^{-10} \times \frac{0.004}{0.010767 \times 2156} = 9.77 \times 10^{-12}$ ϵ_0 와 오차가 크게 발생하지만 비슷한 값을 갖는 것을 알 수 있다.