

전하 센서를 이용한 정전기 실험

이정숙¹, 채민², 김종복^{2*}

한국교원대학교 초등교육과¹, 물리교육과² 충청북도 363-791

Experiment on Electrostatics Using Charge Sensor

JungSook Lee¹, Min Chae², and Jung Bog Kim^{2*}

Department of Physics Education, Korea National University of Education, Chung-buk 363-791, Korea

요약

우리나라 교육과정 중 정전기에서 전류로 발전시키는 과정에서 교사와 학생들은 정전기와 전류를 별개의 개념으로 생각하는 문제점을 개선하기 위하여, 전하 센서를 이용하여 전하량을 측정하는 과정을 학습하도록 함으로써 둘 사이의 관계를 이해할 수 있도록 돕는 실험 과정을 개발하였다. 전하센서는 유도에 의한 전하 탐지와 외부 전원 장치에 의한 전하의 충전을 전하량 측정 장치로 측정하여 보여줌으로써 실제 전하의 이동을 알 수 있도록 하였다. 평행판 축전기를 만들어 정전기 유도와 충전에 의한 전하의 이동을 측정하여 볼 수 있도록 하였으며 여러 가지 형태의 축전기에서 정량 및 정성적 정전기 실험을 통해 전기용량을 측정할 수 있었다. 또한, 최근에 발표된 논문에서의 문제점과 개선 방향을 제시함으로써 전하의 이동에 대해 보다 정확한 개념을 갖도록 하였다.

주제어 : 전하, 정전기, 전하 센서, 축전기, 정전기 유도, 충전, 전류

서론

전기가 일으키는 여러 가지 현상은 주로 눈에 보이지 않는 극히 작은 알갱이인 전자가 원인이 되어 나타나는 것이므로 이해하기가 어려우며, 그에 따라서 학생들이 기피하는 교과내용 중의 하나이다(최영준, 2003). 학생들은 초등학교 4학년의 전구에 불켜기와 5학년의 전기 회로 꾸미기, 그리고 6학년의 전자석 등 기본적인 전기 현상을 학습한다. 중학교에서는 일상생활에서 경험할 수 있는 재미있고 호기심을 유발할 수 있는 현상을 도입하여 눈에 보이지 않는 전기에 대하여 어려워하는 마음을 가지지 않도록 지도하도록 명시하고 있다. 그럼에도 불구하고 전기의 성질을 이해하기 위하여 검전기를 이용한 물체의 대전 여부와 정전기 유도 현상을 확인하도록 하는데 검전기의 작동 원리를 이해하지 못하는 중학생들이 많은 것으로 알려져 있다(교육부, 1997).

전기 개념의 교육에서 정전기를 먼저 도입하는 이유는 정전

기를 통하여 전하의 개념을 형성하고, 이를 바탕으로 전류 개념과 그 작용에 대하여 학생들이 이해하게 하려는 것이다. 그러나 학생들은 이 두 개념들을 서로 별개로 인식함으로써, 기대하는 개념학습에 도달하지 못하고 있다. 제7차 교육과정의 중학교 과학 2학년에서는 정전기 소단원에서 ‘대전’, ‘정전기’, ‘마찰전기’, ‘검전기’, ‘정전기 유도’ 등의 용어가 제시되지만 정전기의 실험이나 이에 관련된 현상의 관찰이 적절한 개념적 관련을 통하여 이후에 제시되는 전류나 전압의 개념과 연관되도록 구성되지 않고 있다(김재우와 오원근, 2004).

학생들은 전하와 전하의 운동을 구분하지 못한다. 대전체를 가까이 했을 때 검전기의 금속막이 벌어지는 이유에 대해 “대전체를 검전기에 접촉시켜 알짜 전하가 검전기 쪽으로 이동한 후에 대전체를 떼어내면 전하들이 다시 검전기에서 막대(대전체)로 돌아온다” 라고 대답하였다. 학생들은 전하를 물질의 특성이라기보다는 물체 자체로 생각하고 있으며 “대전된 물체의 행동을 사고하기 위한 아무런 정신모델도 가지고 있지 않은” 것은 기존의 강의 시범 실험과 전통적인 실험이 긍정적인 효과를 얻지 못함을 볼 수 있다(Knight, 2002).

인터페이스로 컴퓨터와 연결된 전하 센서는 정성적, 정량적

*교신저자: jbkim@knu.ac.kr.

•2008년 6월 10일 접수, 2008년 8월 5일 통과.

인 전하량 측정을 가능하게 한다. 본 논문에서는 유도에 의한 전하의 이동 탐지와 외부 전원 장치에 의한 전하의 충전 과정을 전하량 측정을 통해 보여줌으로써 실제 전하의 이동을 시각적으로 알 수 있도록 하였으며 여러 가지 형태의 축전기들에서 정량 및 정성적 정전기 실험을 통해 전기 관련 학습 프로그램을 개발하는데 기초를 제공하고자 한다.

이론

상용의 전하 센서(PASCO)는 10nF의 용량을 갖는 내부 축전기 양단의 전압을 측정함으로써 전하량을 측정하도록 되어 있다. 이 축전기에는 외부 리드선이 연결되어 있어 리드선을 전하량을 측정하고자 하는 대상(편의상 외부 축전기라 하자.)에 연결하면 내부 축전기와 외부 축전기는 병렬로 연결된다. 이 센서는 두 가지 방법으로 사용할 수 있다. 하나는 외부 축전기에 쌓인 전하를 직접 측정하는 방법과 정전기 유도에 의해 유도된 전하를 측정하는 방법이 있다.

외부 축전기에 충전된 전하량 측정

충전이 이루어진 외부 축전기를 전원 장치로부터 분리한 후에 전하 센서를 연결하면 외부 축전기의 전하가 전하 센서의 내부 축전기로 이동하여 오게 되는데, 외부 축전기의 용량이 작을수록 충전된 전하들이 거의 전부 내부 축전기로 이동하게 되며 이동된 전하에 의해 발생된 전위차를 측정하여 이동한 전하량을 측정하게 된다. 외부 축전기에 전하 센서를 연결하면 전하들이 옮겨오게 되는 원리는 다음과 같다.

외부 축전기 C_1 에 전원 V_1 을 연결하여 충전한다. 이때 외부 축전기에 충전된 전하량은 다음과 같다.

$$Q_1 = C_1 V_1 \tag{1}$$

충전시킨 C_1 을 외부 전원으로부터 분리한 후에 전하 센서 C_2 에 연결하면, C_1 에 있던 전하들이 중성이던 C_2 쪽으로 이동하여 온다. C_1 과 C_2 는 같은 전위차(전압) V' 가 될 때까지 전하들이 옮겨가게 될 것이다. 연결 후의 C_1 의 전하량은

$$Q'_1 = C_1 V' \tag{2}$$

연결 후에 C_2 의 전하량은

$$Q'_2 = C_2 V' \tag{3}$$

V' 과 V'_2 는 같게 된다. 전하량 보존법칙에 의해

$$Q_1 = Q'_1 + Q'_2 \tag{4}$$

이다. (1)-(4) 식을 이용하여 정리하면 전하량 Q'_2 은 다음과 같이 된다.

$$Q_1 = (C_1/C_2 + 1)Q'_2 \tag{5}$$

이 때, 만약 $C_2 \gg C_1$ 라면 (5)식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$Q'_2 \approx Q_1 \tag{6}$$

즉, 외부 축전기에 저장된 전하들이 거의 모두 전하 센서의 내부 축전기 쪽으로 이동하게 된다. 따라서 전하센서의 전압을 측정하여 외부 축전기의 전하량을 구할 수 있게 된다.

전하 센서의 원리를 물 비유를 통하여 다음과 같이 설명할 수 있다. 물 비유의 핵심은 용기의 모양이 불규칙하여 용기에 담긴 물의 양을 측정할 수 없을 때 밀면적을 정확히 알고 있는 용기를 연결하여 물을 이동시킨 후에 높이를 정확하게 측정하여 옮겨온 물의 양을 측정함으로써 원래 용기에 담겨있는 물의 양을 측정하는 것이다.

그림 1에서 왼쪽은 전하량 센서이고 오른쪽은 물 비유 모델이다. 위쪽은 충전 과정이고 아래쪽은 측정과정이다. 축전기 C_1 을 전원에 충전시키면 전하들이 충전되는데, 모양이 불규칙한 용기에 물을 담는 것과 같다. 따라서 전하량은 물의 양에 대응된다. 충전시킨 C_1 에 용량을 알고 있는 전하 센서의 축전기 C_2

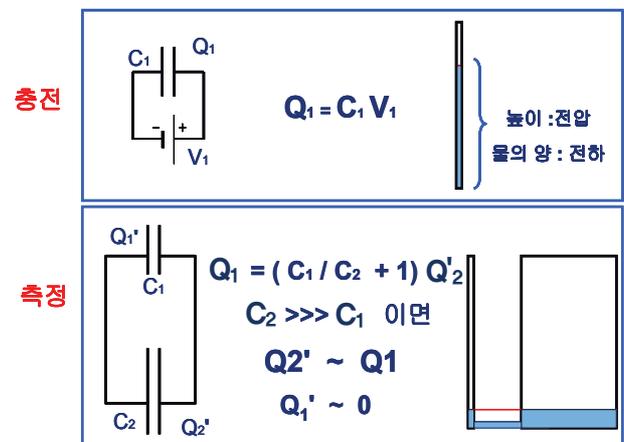


그림 1. 전하량 측정 원리(물 비유)

를 연결 하면 전하들이 옮겨오게 되는데, 물비유 모형에서는 밀면적을 알고 있는 용기와 작은 관을 사용하여 아래쪽에 연결하면 물이 옮겨오는 것과 같다고 생각할 수 있다. 전하들이 옮겨오는 양은 두 축전기의 전압이 같아질 때까지이다. 물 비유 모형에서는 각 용기에서 물의 높이가 같아질 때까지 물이 옮겨올 것이다. 따라서 물의 높이는 전압에 대응된다고 볼 수 있다. 측정 용기의 밀면적이 크면 물을 담고 있는 작은 용기안의 거의 모든 물이 옮겨오게 될 것이다. 이것은 (6)식에서 $C_2 \gg C_1$ 이면 거의 모든 전하들이 옮겨오는 것과 같은 원리이다. 따라서 옮겨온 물의 높이를 측정하면 밀면적을 곱하여 원래 용기에 담겨 있는 물의 양의 거의 정확하게 측정할 수 있는 것이다. 최근에 외부 축전기의 용량이 커도 다중 측정법을 이용하면 전하량을 구할 수 있는 방법이 고안되어 발표되고 있다(Lee et al., 2008).

외부 축전기의 용량 측정

전하 센서는 내부 축전기로 이동한 전하량을 측정해서 그 양을 보여주므로 외부의 전압을 알고 있는 전원 장치를 이용하여 외부 축전기를 충전한 경우 전압 V 와 전하량 Q 를 알 수 있으므로 외부 축전기의 C 값을

$$C = Q / V \quad (7)$$

관계식으로부터 구할 수 있다.

실험 장치

정전기 유도 실험

전하 센서 장치를 이용하여 정전기 유도 실험을 보여주는 장치는 그림 2의 오른 쪽과 같다. Morse와 유사한 방법으로 정전기 유도를 하기 위하여 외부 축전기를 구성하였다. 그림2의 왼쪽과 같이 외부 축전기는 알루미늄 접시 위에 부도체인 유리컵을 놓고 그 위에 금속 컵을 놓음으로써 구성하였다. 전하 센서의 접지 리드선을 알루미늄 판에 연결시키고 다른 리드선은 금속 컵에 연결한다. 전하 센서에는 인터페이스를 연결하여 측정된 결과를 컴퓨터에서 읽도록 구성한다. 털가죽으로 문질러 대전시킨 에보나이트 막대를 금속 컵 가까이 가면서 측정된 전하량을 컴퓨터 모니터에서 확인한다. 컵에 접촉되지 않도록 하면

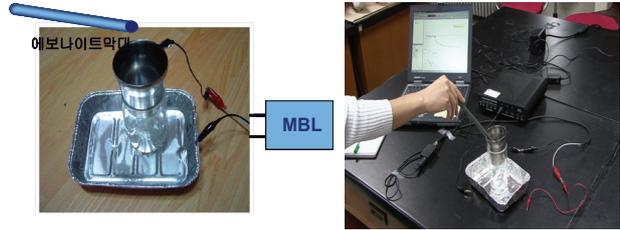


그림 2. 컴퓨터와 연결된 전하 센서 실험장치

서 컵 속까지 막대를 넣었다가 빼는 과정을 통하여 막대와 컵 사이의 거리에 따라 유도된 전하량이 차이가 있음을 확인하여 그 이유를 설명하는 것은 금속에서 정전기 유도 현상을 이해하는데 매우 효과적이다. 위와 같은 연결을 통하여 많은 정전기 유도 실험을 할 수 있는데 그 내용은 Morse의 논문(Morse, 2006)에 잘 기술되어 있다. 그러나, Morse의 방법은 정성적인 정전기 수업을 위해서는 좋지만 정량적인 수업을 하기 위해서는 꼭 알아야할 2가지 문제점이 있다. 본 논문에서는 2가지 문제점이 무엇이고 그것을 어떻게 해결했는지도 기술할 예정이다.

외부 축전기의 전기 용량 측정

전하 센서를 이용하여 외부 축전기의 전기 용량을 측정하기 위해서는 (7)식에서 언급한 바와 같이 충전시키는 전원의 전압을 알아야 한다. 따라서 대전된 에보나이트 막대는 전압을 알 수 없으므로 사용할 수 없다. 에보나이트 막대 대신에 건전지나 전원 장치를 사용한다. 외부 축전기를 충전할 때 주의할 점은 전하센서를 축전기로부터 분리하여야 한다. 그렇지 않으면 센서 내부의 축전기로 인하여 더 많은 전하가 충전되기 때문이다. 충전이 끝난 후에는 외부 전원을 외부 축전기로부터 분리시킨다. 충전된 외부 축전기에 전하 센서를 연결하여 충전된 전하량을 정량적으로 측정하여 (7)식으로부터 외부 축전기의 전기 용량을 계산한다.

위의 실험을 할 때 주의할 점은 접지의 문제이다. 실험하는 동안 외부 전원, 외부 축전기, 센서의 (-) 선들이 함께 연결되어 있어야 한다. 이러한 행위를 접지시킨다고 말한다. 실제로 전선을 따로 준비하여 함께 연결된 곳과 땅속을 연결하기도 한다. 이 실험을 위해서는 땅속까지 연결할 필요는 없다. 접지에서 매우 중요한 점은 실험자 또한 전선을 이용하여 접지되어 있어야 한다. 피복이 벗겨진 전선으로 팔에 감아 팔찌를 만들어 피부와 잘 접촉이 되도록 하고 전선의 다른 끝은 앞서 설명한 접시에 연결되어야 한다. 충전을 위하여 외부 전원선을 연결하고

충전이 끝나면 그 선을 떼어내어 다른 곳에 놓고 센서의 리드 선을 컵에 접촉하는 과정을 수행하는 동안 사람이 접지가 되어 있지 않으면 신뢰성 있는 전하량을 측정할 수 없다. 그 이유는 사람이 정전기 유도에 참여하기 때문이다. 실험자가 접지되어 있음에도 불구하고 때로 실험자가 입고 있는 옷에 의해서도 센서가 민감하게 반응하기도 하며 실험자 외에 다른 사람이 옆에 있는 경우도 측정값에 차이를 보인다. 고전압 장치를 사용할 때는 충전시킨 후에 다른 실험자의 도움을 받아(실험자는 충전기를 충전시킨 후에는 접지를 유지하면서 전하량을 측정해야 하기 때문에) 전원을 꺼야 한다. 계속 켜 놓을 경우 고전압에 연결된 도선이 실험자의 테이블을 따라 센서에 영향을 주기 때문이다. 센서로부터 고전압 장치를 가능한 멀리 떨어뜨려야 하는 것도 이러한 이유 때문이다.

실험 결과 및 논의

Morse의 오류 및 해결

Morse의 논문에서는 용량이 작은 축전기 C₁에 전하센서를 연결한 채로 전자기 유도 실험을 하였다. 연구자의 실험 결과 전하센서가 연결된 상태에서 정전기 유도실험을 하면 실제 값보다 훨씬 큰 전하량이 측정된다는 문제점이 발견되었다.

또한, 연구자는 대전된 에보나이트 막대를 이용하여 여러 차례 전자기 유도 실험을 해본 결과 정량적인 결과를 얻기 어렵다는 것을 알게 되었다. 에보나이트 막대를 가까이 가져갈 때 매번 측정하는 위치나 거리, 측정 때에 머무는 시간의 일정치 않음, 전하 센서를 사용할 때의 주의 점에서 언급한 문제들 때문에 매 회 여러 가지 주변 조건이 통제된 실험을 하기가 어렵고 일관된 실험값을 얻기가 어려웠다. 그 이유는 에보나이트 막대를 대전시킬 때마다 막대가 가지고 있는 전하량이 다르고, 시간이 지남에 따라 공기 중으로 방전이 일어나기 때문이다.

통제된 조건에서 일정한 실험값을 얻기 위해 전원 장치를 이용하여 정량적인 실험을 수행하였다. 5V의 전원장치를 이용하였고, 충전을 위한 외부 축전기로 15.3cm×11.9cm의 사각형 에폭시글래스(양면기판) 동판을 사용하였다. 에폭시글래스의 양면에 전선을 납땀하여 센서와 연결할 수 있도록 준비하였다. 첫 번째는 전하센서를 축전기에 연결한 상태에서 충전하고 전하량을 측정하고, 두 번째는 전하센서를 끊은 상태에서 충전시킨 후에 전원을 분리하고 나서 전하 센서를 연결하여 전하량을 측정하였다.

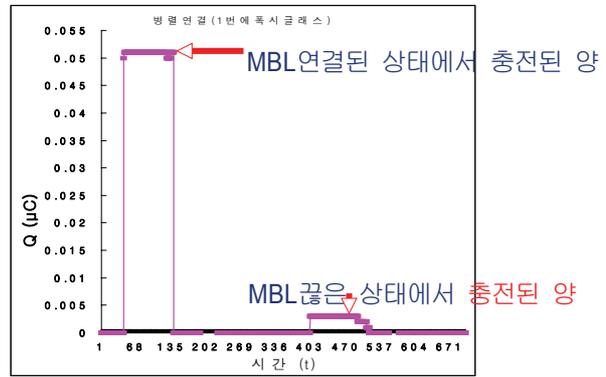


그림 3. 전하센서를 연결했을 때와 끊은 상태에서 충전된 양

전하 센서가 연결된 상태에서 측정된 전하량은 0.051 μ C 이고 전하 센서를 끊은 상태에서는 0.0025 μ C 이 측정되었다(그림 3). 전하 센서의 내부에는 외부의 축전기 용량보다 용량이 큰 축전기가 있기 때문에 충전된 전하량은 외부 축전기보다 센서의 내부 축전기에 의해 더 많은 전하량이 충전되는 것이다. 그림 4는 전하센서가 연결되어 있을 때 외부 축전기와 센서 내부 축전기가 병렬로 연결되어 전체적인 전기 용량이 크게 증가하는 이유를 보여주는 그림이다. 따라서 정량적인 실험을 위해서는 충전시킬 때 전하 센서를 외부 축전기에서 분리하여야 한다.

Morse의 논문에서 한 가지 더 의문이 되는 것은 그림 2에서 알루미늄 접시를 평행판 축전기의 또 다른 판이라고 생각하는 것이다. 에보나이트 막대를 가까이 가져가서 전하량을 측정하였을 때 알루미늄 접시와 컵이 있는 상태에서는 0.023 μ C이 측정되었고, 알루미늄 접시를 없애고 센서의 (-)선을 아무것도 연결하지 않은 상태에서 컵만 연결하여 실험한 결과 0.04 μ C이 측정되었다. 놀라운 결과이었다. 금속 컵만 있으면 충전(정확하게 말하면 여기서는 정전기 유도)이 안 될 것 같은데도 불구하고 더 많은 전하량이 측정된 것이다. 정량적인 실험을 위

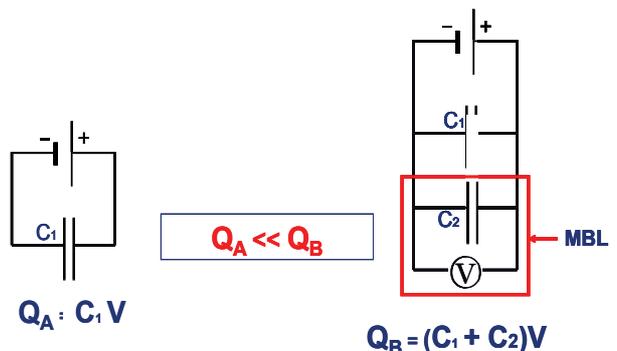


그림 4. 충전시키기 전에 MBL을 차단시켜야 하는 이유

표 1. 접지가 있는 경우와 접지가 없는 경우

	에보나이트 (정성적)	전원장치 (V=1.5kV)	C
금속받침 있는 경우 (접지있는)	0.023 μ C	-0.015 μ C	10 ⁻¹¹ (10pF)
금속받침 없는 경우 (접지없는)	0.04 μ C	-0.01 μ C	~10 ⁻¹¹ (\approx 10pF)

해 1.5kV의 전원장치를 이용하여 전하량을 측정해 보았다. 저전압 전원 장치를 사용하면 충전된 전하량이 너무 작아 전하 센서의 측정 한계로 인하여 0으로 나왔다. 고전압으로 금속 컵을 충전시키는 경우에 매우 주의해야 할 점은 절대로 센서가 컵에 연결되어 있으면 안 된다. 센서의 최대입력 전압이 250V이기 때문에 이와 같은 고전압을 연결하면 센서가 파손되기 때문이다. 반드시 전하 센서를 금속 컵으로부터 분리시킨 후에 충전하고, 충전 후에는 반드시 고전압 전원을 분리하여야 한다. 알루미늄 접시와 컵으로 외부 축전기를 구성한 경우에 전하량이 -0.015 μ C로 측정되었고, 컵만으로 외부 축전기를 구성한 경우에 -0.01 μ C이 측정되었다. V와 측정된 Q로부터 식(7)을 이용하여 C값을 표 1과 같이 구할 수 있다. 알루미늄 접시와 컵의 경우에 전기 용량 C값은 10pF, 컵만의 경우에도 C값이 근사적으로 10pF가 나왔다. 결과는 오차 범위 내에서 같다는 것을 보여주고 있으며 알루미늄 접시가 축전기의 또 다른 판의 역할을 하지 못함을 알 수 있었다.

한 개의 금속만으로 축전기가 될 수 있다는 사실은 교사들에게 매우 중요한 의미가 있다. 즉, 금속 컵 하나만으로 전하를 저장할 수 있는 축전기가 된다는 것을 아는 것은 매우 중요하다. 사실은 교육과정에서 금속의 정전기 유도 항목을 가르칠 때, 정전기 유도를 실시하고 나서 사람이 손을 대고 나면 금속이 알짜 전하를 갖는다고 가르치고 있지만 이 과정이 금속하나만으로 전하가 충전될 수 있다는 관점을 가지도록 하지 못하고 있다. 즉, 2개의 금속이 마주 보고 있어야만 충전이 될 수 있다는 개념에 묶여 있는 것을 풀어줄 필요가 있다. 또 다른 중요한 점은 두 개의 금속판이 마주 보기만 하면 축전기가 된다고 생각하는 것은 잘 못이라는 것이다. 멀리 떨어져 있으면 축전기의 용량이 너무 작아 하나만 있는 경우와 같은 양의 전하가 충전된다. 앞서 설명한 것처럼 금속판 한 개만 있으면 축전기가 될 수 있는데 대부분의 교과서에서는 두 개의 금속판을 가지고 축전기를 보여주고 있다. 교과서에 나와 있는 축전기는 두 금속판이 매우 가까운 경우이다. 두 개의 금속판을 매우 가까이 하면 한 개만 있을 때보다 용량을 매우 키울 수가 있기 때문에 실제로 사용되고 있는 축전기들은 두 개의 금속판을 사용한다.

뿐만 아니라 두 금속판 사이에 유전체를 넣어 전기 용량을 더 크게 하여 사용하고 있다. 본 연구에서 이와 같은 사실을 확인하였다.

전압에 따른 충전 전하량

평행판 축전기에서 전압에 따라 충전되는 전하량을 측정하였다. 25.7cm \times 22.4cm 사각형 에폭시글래스(양면기판) 동판을 사용하였고 전압은 5V에서부터 30V까지 5V 간격으로 변화시켰다. 에폭시글래스라는 부도체(절연체) 양쪽 면에 금속인 구리로 얇은 판을 입혀 만든 것으로 그 위에 전기 회로를 만들 때 사용한다. 전자 부품점에서 쉽게 구할 수 있다. 충전 전압에 따른 측정된 전하량은 그림 5와 같다. 전압이 커짐에 따라 전하량이 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 이 결과는 식(7)이 성립함을 보여주는 것이다. 충전 전압과 측정된 전하량을 통해 구한 축전기의 전기용량은 거의 1.3nF이다.

면적에 따른 전기용량

평행판 축전기의 면적에 따른 전기용량을 측정하였다. 면적이 180.88cm²로 가장 면적이 작은 판을 1번, 면적이 575.68cm²인 중간 면적을 2번, 면적이 927.14cm²로 가장 면적이 큰 판을

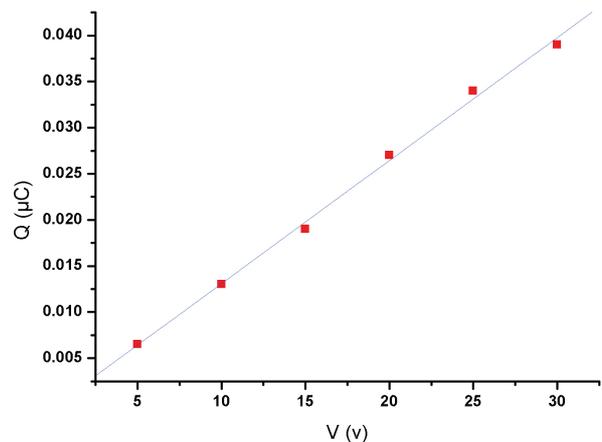


그림 5. 전압에 따른 충전 전하량

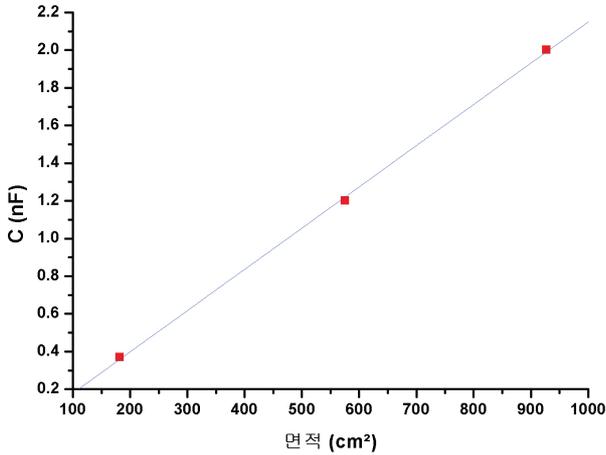


그림 6 면적에 따른 전기용량

3번이라고 하였다. 충전 전압은 30V로 모두 동일하게 하였다. 1번 판의 전하량은 0.011 μ C, 2번 판의 전하량은 0.0365 μ C, 3번 판의 전하량은 0.06 μ C이었다. 따라서 (7)식을 이용하여 구한 전기 용량은 1번 판은 0.37nF, 2번 판은 1.2nF, 3번 판은 2nF으로 면적이 커짐에 따라 그림 6과 같이 비례하여 전기용량이 커지는 것을 알 수 있었다.

간격에 따른 전기용량

평행판 축전기의 간격에 따른 전기용량을 측정하였다. 크기는 13.7cm × 11.5cm으로 한쪽면은 동판으로 되어있고, 다른 쪽면은 bakelite(베크라이트)로 되어 있다. 동판 쪽에 납땜으로 전선을 부착하여 센서와 연결할 수 있도록 하였다. 절연체 베크라이트의 두께는 1.6mm 이다. 두 개의 판을 준비하여 서로

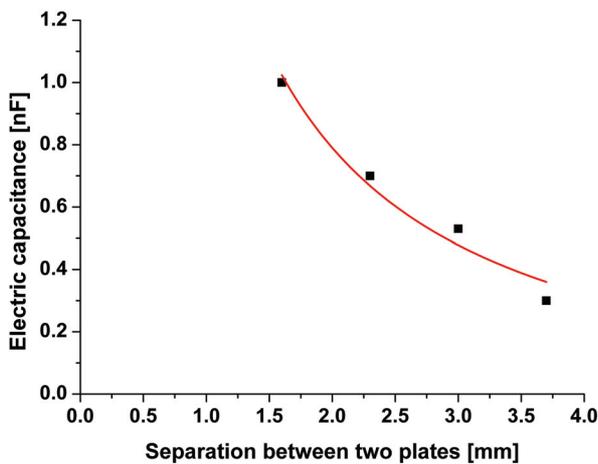


그림 7. 판 사이의 간격에 따른 전기 용량 변화

표 2. 여러 가지 형태의 축전기

물체	Q(μ C)	C(pF)
컵	0.0029	2.9
가위	0.0019	1.9
펜치	0.0051	5.1
기판	0.01	10
호일	0.003	3
봉	0.0038	3.8
의자	0.005	5

같은 방향을 보게 함으로써 축전기를 만들었다. 즉, 두 판이 붙었을 때 동판 사이의 간격은 1.6mm가 된다. 두 개의 판 사이에 종이를 끼워 넣어 간격을 변화시킬 수 있도록 하였다. 충전 전압은 30V이다. 종이가 3장 있을 때 전하량은 0.009 μ C으로 측정되었고 2장일 때 0.016 μ C, 1장일 때 0.021 μ C 이었으며, 베크라이트 만의 두께일 때 0.03 μ C으로 측정되었다. 전압이 일정할 때 평행판 축전기의 간격이 작아짐에 따라 측정된 전하량을 통해 축전기의 전기용량을 구해본 결과 0.3nF에서 1nF으로 전기 용량이 커지는 것을 볼 수 있었다. 그림 7은 판 사이의 간격과 전기용량과의 관계를 나타낸 것으로서 이론적으로는 전기 용량이 간격에 반비례한다는 것이 알려져 있는데 우리의 결과도 대략적으로 이론과 일치하였다.

여러 가지 형태의 축전기

우리는 앞서 살펴 본 바와 같이 물체 자체가 축전이 가능하기 때문에 물체 하나만의 전기 용량을 구하여 학생들에게 보여 주는 것이 의미가 있다고 사료되어 주변의 여러 가지 물체의 전기용량을 측정해 보았다. 저전압으로 하면 전하량이 너무 작아서 전하 센서가 측정을 못하므로 1KV의 고전압을 사용하여 충전 시킨 후에 전하량을 측정해 보았다. 사용한 물체는 컵(지름 6.5cm), 가위(25.5cm), 펜치(20cm), 기판(30.7cm×30.2cm), 호일접시(20cm×15cm), 봉(57cm), 의자 등이며 전하량과 전기 용량은 표 2와 같다. 물체의 전기 용량이 센서의 전기 용량보다 매우 작지 않을 때는 측정에 많은 오차가 포함된다. 이 문제는 최근에 발표된 다중 측정법을 사용하면 해결할 수 있다.

결론

정전기에서 전류로 넘어가는 과정을 가르치기 위하여 전하

의 이동을 전하량 측정을 통해 보여준 연구의 결과, 유도에 의한 전하 탐지와 외부 전원 장치에 의한 실제 전하의 이동을 알 수 있었다.

여러 가지 형태의 축전기는 정전기 유도와 대전판, 전하의 이동을 보여주기엔 효과적인 실험으로서 정량 및 정성적 정전기 실험을 한 결과는 평행판 축전기의 전압이 커짐에 따라 전하량이 증가하고, 평행판 축전기의 면적이 커짐에 따라 전기용량이 커지며, 평행판 축전기의 간격이 작아짐에 따라 전기용량이 커짐을 알 수 있었다. 전하센서를 통해 전하량을 측정하고 전압을 알고 있는 외부 전원 장치를 통해 우리 주변의 여러 가지 물체 컵, 가위, 펜치, 기판, 호일, 봉, 의자 등의 전기용량을 구할 수 있었다.

ABSTRACT

We have developed experimental process to let Korean students or teachers know an relation between electrostatics and current, which are considered independent concepts, We have used a commercial charge sensor to help them to have mental model for thinking real movement of charges by measuring charges induced or charged into various shaped capacitors. We have been able to measure capacitances of capacitors consisted of

two parallel plates, which are dependent on plate area and separation. Also, by suggesting improved direction to problems of the paper reported recently, we could help them to have scientific concepts on movement of charges.

Key words: charge, electrostatics, charge sensor, capacitor, charge induction, charging, current

참고문헌

- 최영준 (2003) 전기와 자기에 관한 초,중,고등학교 교육과정의 국제 비교. 한국과학교육학회지 23(1): 86-99.
- 교육부 (1997) 중학교 과학과 교육과정 해설.
- 김재우, 오원근 (2004) '전기'와 '정전기' 개념의 차이에 대한 중학생들의 이해. 새물리 49(3): 224-231.
- Knight RD (2002) Five Easy Lesson. Pearson Education, pp191-210.
- Lee JS, Chae M, and Kim JB (2008) Large capacitance measurement by multiple uses of a MBL charge sensor. The Physics teacher(to be published).
- Morse RA (2006) "Electrostatics with computer-interfaced Charge Sensors", The Phys. Teach. 44, November.