

검전기에 (-)대전체를 접촉했을 때 검전기가 띠게 되는 전하의 종류는?

이선희, 김중복*

한국교원대학교 물리교육과

시작하는 글

전기를 수업할 때 처음 접하게 되는 것이 검전기이다. 모든 전기현상의 원인이 전하이고, 이 전하가 갖는 특성을 가장 쉽게 확인하고 관찰할 수 있는 도구가 검전기이기 때문이다. 검전기는 정전기유도학습에 주로 이용되지만 두 개의 검전기를 연결시켜 전류의 초기학습에도 사용되곤 한다. 검전기를 통해 전하의 이동을 확인하고 유추하는 것이다.

본 수업자는 검전기에 대전체를 접촉시키고 다음 절차를 진행하던 중 많은 교재들이 설명하는 바와 다른 점을 발견하였다. 즉, 음으로 대전된 에보나이트 막대를 검전기에 대었을 때 검전기가 양으로 대전되는 민지 못할 상황이 벌어졌다. 이 문제는 MBL 전하 센서 도구를 사용해서도 확인할 수 있었다. 본 자료에서는 어떤 조건에서 어떠한 이유로 이러한 상황이 벌어지는지를 설명하고자 한다.

이 내용을 무시하고 넘어가도 전하의 기본 특성을 학습하는데는 무리가 없기 때문에 중요하지 않다고 생각할 수 있지만, 학생들 수준에서도 잘못된 결론을 내릴 수 있어 주의가 요망된다. 아울러 예상치 않은 상황을 만났을 때, 답이 명확하지 않은 상황일 때, 좋은 탐구가 자리하게 된다. 이 소재는 탐구의 좋은 동기를 제공할 수 있고, 아울러 전하의 특성을 이해하는데 도움이 되는 측면이 있다고 생각한다.

검전기에 (-)대전체를 접촉했을 때 검전기가 띠게 되는 전하의 종류는?

검전기 살펴보기

검전기는 물체가 대전되었는지의 여부를 검사하는 기구이다. 중학교 과학교과서에 등장하는 금속박검전기는 1787년 영

국의 A.베넷이 처음으로 만들었다. 금속판, 금속막대, 두 장의 금속박으로 이루어져 있으며, 이들을 외부의 영향으로부터 보호하기 위해 유리병 속에 넣어놓았다. 검전기 근처에 전하를 가져오거나 전하를 접촉시키면 정전기유도에 의해 두 장의 금속박에 같은 전하가 유도되거나 전달된다. 그러므로 두 금속박은 서로 멀어지고, 이때 벌어진 각도로 대전의 정도를 알 수 있다. 원리를 간단히 살펴보면, 금속은 자유전자를 가지고 있어서 전자의 이동이 자유로운 도체이다. 따라서 금속판에 대전체를 가까이하면 전자가 이동하게 되고 결국 아래의 금속박 두 장은 같은 전하를 띠어 척력이 작용하여 벌어지게 된다. 그림 1은 (-)대전체를 금속판에 가까이했을 때의 전자의 이동 모습이다.

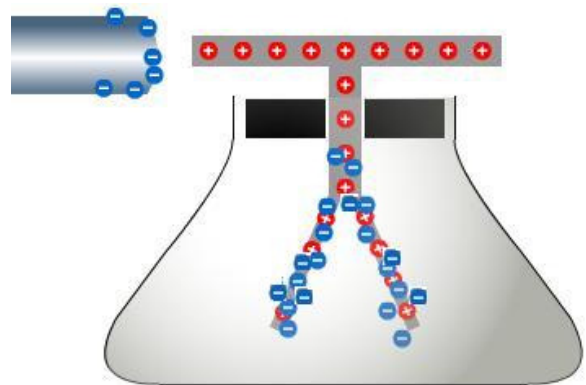


그림 1. (-)대전체를 검전기에 가까이 하면 검전기내부의 전자들은 금속박으로 몰린다.

이 상태에서 (-)대전체를 멀리하면 어떻게 될까? 전자들은 다시 고르게 흩어져 전체적으로 (+)와 (-)의 균형이 맞을 것이며, 따라서 아래의 금속박은 내려올 것이라고 예상된다. 또, (-)대전체를 금속판에 접촉하면 무슨 일이 일어날까? (-)대전체에 있는 전자들은 금속판 쪽으로 넘어가게 되어 검전기는 전체적으로 (-)로 대전될 것이다. 따라서 이 상태에서 (-)대전체를 멀리하면 아래의 금속박은 여전히 벌어져 있으리라 예상된다. 이

*교신저자: jbkim@knue.ac.kr

검전기에 (-)대전체를 접촉했을 때 검전기가 띠게 되는 전하의 종류는?



그림 2. (-)대전체를 멀리하면 금속박은 다시 오므라든다.

때 아래의 금속박을 벌어지게 하는 전하의 종류는 무엇일까? 검전기 전체가 (-)로 대전되었으니 당연히 (-)이다. 여기에 (+)대전체를 가까이하면? (-)대전체를 가까이하면? 등등의 질문이 가능하다. 이로써 검전기는 대전의 여부를 확인하는 차원에서 대전된 전하의 종류까지 알아내는 수준으로 활용될 수 있게 된다.

예상과 다른 검전기의 행동

그런데 검전기가 이러한 예상과 다르게 움직이는 것을 본 적은 없는가? 대전체를 접촉하지도 않고 검전기 가까이 갔다가

멀리 치웠는데도 검전기가 벌어지는 경우는 없었는가? 검전기에 (-)대전체를 접촉시켰다 떼고 (-)대전체를 다시 가까이할 때, 어느 정도 가까운 곳에서 오히려 검전기가 오므라드는 것을 본 적은 없었는가? 본 수업자는 학생들과 검전기로 위의 내용을 수업할 때 때로 검전기가 말을 듣지 않아 손을 금속판에 대어 전하를 없애고 다시 실험하곤 하였다. 특히 에보나이트 막대를 가지고 실험할 때 검전기에 대전체를 가까이했다가 멀리한 경우 금속박이 제자리로 돌아오는 경우보다, 벌어진 채 있는 경우가 훨씬 많으며, (-)대전체를 접촉시켰다 떼고 (-)대전체를 다시 가까이할 때, 오히려 금속박이 오므라들다가 다시 벌어지는 모습을 관찰할 수 있었다.

아래 그림은 실험의 과정을 순서대로 열거한 것이다. 그림 3과 같이 털가죽과 에보나이트 막대 그리고 검전기를 준비한다. 그림 4는 검전기의 초기 모습으로 금속박이 대전되어 있지 않기 때문에 오므라들어 있다. 그림 5는 털가죽으로 문질러 (-)로 대전시킨 에보나이트 막대를 가까이 할 때 그림 1과 같은 원리로 금속박이 벌어지게 된다. 이 상황에서 에보나이트 막대를 멀리하면 금속박은 그림 2의 원리에 의해 다시 오므라든다.

그림 6은 그림 5보다 더 가까이 한 경우로 금속박이 더 벌어진다. 이렇게 가까이 한 후에 대전체를 멀리 하면 금속박은 다시 오므라들지 않고 그림 7과 같이 벌어져 있는 경우가 있다. 이 상황이 본 자료에서 의문을 제기하는 첫 번째 의문 상황 1이다.

두 번째 의문 상황은 검전기를 방전시키고, 음으로 대전된



그림 3. 준비물.



그림 4. 초기모습.



그림 5. 대전체를 가까이-금속박이 벌어진다.



그림 6. 대전체를 좀 더 가까이 금속박이 더 많이 벌어진다.



그림 7. (-)대전체를 가까이 했다가 멀리한 경우-금속박이 벌어진 채로 있다.

대전체를 그림 8과 같이 검전기의 금속판에 접촉하고 멀리한 경우이다. 이 경우에도 그림 9와 같이 금속박은 벌어진 채로 있다. 상황 1(그림 6과 그림 7)과 상황 2(그림 8과 그림 9)와 같은 실험을 하여 그림 7과 그림 9와 같은 결과가 얻어졌을 때 검전기는 (-)전하를 가지고 있을까 혹은 (+)전하를 가지고 있을까?

검전기가 어떤 부호로 대전되었는지를 알아보는 방법에는 여러 가지가 있겠지만 여기서는 2가지를 소개하겠다. 첫 번째는 음으로 대전된 에보나이트 막대를 다시 검전기에 가까이 가져가면서 금속박의 움직임을 관찰하는 것이다. 만약에 검전기가 음으로 대전되었다면 대전체를 가까이 가져갈 때 금속박은 처음보다 더 벌어질 것이다. 이유는 전자들이 더 금속박 쪽으

로 갈 것이기 때문이다. 양으로 대전되었다면 대전체를 가까이 가져갈 때 어느 정도의 위치에서는 검전기가 오므라드는 현상이 일어날 것이다. 그 이유는 금속박의 전자들이 금속판으로 옮겨감에 따라 금속박의 전하량이 0이 되는 지점이 있을 것이기 때문이다. 이 후 대전체를 더 가까이 하면 더 많은 전자가 옮겨오기 때문에 금속박에는 전하의 균형이 깨어져 다시 벌어지게 될 것이다. 두 번째 방법은 직접 전하 센서를 이용하여 검전기에 충전된 전하량을 측정하는 방법이다. 보통 MBL 실험 장치에는 전하량 센서가 함께 제공되기 때문에 이를 이용하면 쉽게 전하량을 측정할 수 있다.

실험결과

그림 7과 그림 9의 상황에서 음으로 대전된 에보나이트 막대를 가까이 했을 때 그림 10과 그림 11과 같이 관측이 되는 것으로 보아 검전기는 우리가 생각하기 쉬운 음이 아니라 양으로 대전되었다는 결론을 내릴 수 있다.

이 상태의 검전기를 MBL 전하량 측정기로 측정해 본 결과(그림 12), 검전기는 양으로 대전되어 있음을 알 수 있었다. 전하센서의 (-)를 손으로 잡거나 큰 도체에 연결하면 접지가 된다. 그 상태에서 (+)를 검전기에 대면 검전기의 전하가 이동하면서 전하량이 얼마인지 측정할 수 있다. 실험결과, 그림 7번과 그림 9번 모두 검전기는 (+)로 대전되어 있음을 확인할 수 있었다(7번의 경우 $0.007\mu\text{C}$, 9번의 경우 $0.009\mu\text{C}$).

지금까지 검전기에 (-)대전체를 접촉시켰다 멀리하면 검전기는 (+)로 대전된다는 것을 확인하였다. 또, 검전기에 (-)대전체



그림 8. 대전체 접촉시키기-금속박이 벌어진다.



그림 9. 접촉시킨 대전체 멀리하기-금속박이 벌어진 채로 있다.



그림 10. (-)대전체 다시 가까이하기-금속박이 오므라든다.



그림 11. (-)대전체 더욱 가까이하기-금속박이 벌어진다.

검전기에 (-)대전체를 접촉했을 때 검전기가 띠게 되는 전하의 종류는?

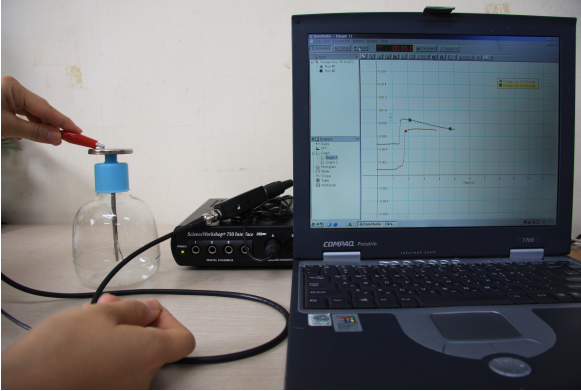


그림 12. 전하센서의 (-)를 접지하고 (+)를 금속판에 갖다 대면 전하량을 측정할 수 있다.

를 가까이 했다 멀리하는 경우도 검전기는 (+)로 대전된다는 것을 확인하였다. 어떻게 이런 일이 가능할까?

논의 및 결론

검전기가 (+)로 대전되었다는 것은 검전기에서 전자가 빠져 나갔음을 의미한다. 어떻게 전자가 빠져 나갈 수 있을까? (-)의 많은 전하량을 가진 에보나이트 막대를 검전기 금속판에 가까이 가져가면 비록 접촉이 이루어지지 않은 상태에서도 강력한 전기장으로 검전기의 금속판에서 전자들을 매우 큰 힘으로 밀어내는 역할을 한다(상황 1). 이 경우에 금속박으로 밀린 전자들은 매우 얇고 예리한 모서리를 가졌기 때문에 단위 면적당 전하량이 매우 커지게 되어 공기 중으로 방전이 일어난다고 추

정된다. 금속박의 모서리는 매우 날카로워서 피뢰침과 같은 역할을 할 수 있다. 그리고 대전체를 검전기에 접촉시킨 경우(상황 2), 상황 1보다 더 많은 전자들이 방전될 가능성이 있다. 이유는 더 강한 전기장이 금속판에 작용하기 때문이다. 그러나 에보나이트 막대에서 금속판으로 전자들이 넘어오는 것들(우리가 처음에 음으로 대전될 것이라고 생각하는 이유)도 있어 전자들이 보충이 되는 결과가 되기 때문에 양의 전하량이 앞의 경우보다 얼마나 더 많은지는 알 수 없다. 이것을 확인하기 위해서는 MBL 장치의 도움이 필요한데 우리의 실험에서는 상황 2 즉 접촉했을 때가 더 큰 양의 전하량이 측정되었다. 판의 모양, 에보나이트의 대전된 전하량, 전하의 분포 및 심지어 그날의 습도에 따라서 결과는 달라질 것이기 때문에 항상 접촉의 경우가 많다고 결론 내리는 것은 위험하다.

대부분의 교과서에서 에보나이트 막대를 검전기 금속판에 접촉하게 되면 검전기는 음으로 대전된다고 쓰고 있는데 실제 실험은 양으로 대전되는 경우가 많기 때문에 주의를 기울여야 한다. 도체가 (-)대전체와 접촉한 경우, 전자를 나눠가지기 때문에 도체는 (-)로 대전되는 것이 과학적 사실이다. 그러나 검전기의 경우 금속박의 모양이 특수하기 때문에 방전이라는 현상이 함께 나타나는 경우가 있기 때문에 이 부분을 고려하여 수업에 임하여야 한다.

학생들과 함께 에보나이트와 검전기 금속판 사이의 거리에 따라서 검전기가 대전되는 전하량을 측정하거나, 방전이 어디에서 일어나는지를 알아내기 위하여 금속박의 모양을 달리하는 등의 추가 실험을 해 보는 것도 흥미로운 것이다.