

물리학과 화학 전공 교사들의 화학전지 전극에 대한 인식 조사

박현정 · 김종복*

숙명여자중학교 · ¹한국교육원대학교

Recognition Investigation of Physics and Chemistry Teachers on Electrodes in Galvanic Cell

Park, Hyun-Jung · Kim, Jung-Bog^{1*}

Sookmyung girls' middle school · ¹Korea National University of Education

Abstract: This research investigated recognitions on outside and inside electrodes in an electric circuit supplied by a galvanic cell, through survey and interview of teachers studying in Departments of Physics Education and Chemistry Education at H University Graduate School. Physics majors' designations on outside or inside parts of electrodes in a galvanic cell were different from Chemistry majors'. Teachers who had majored in physics had difficulties on the inside electrode of a galvanic cell, while teachers who had majored in chemistry had difficulties on the outside electrode. Reasonings for designations of electrodes were attributed to direction of electric current in case of physics teachers and redox in case of chemistry teachers, respectively, which are strongly dependent on backgrounds performed in their undergraduate course.

Key words: galvanic cell, electrodes, difficulty

I. 서 론

과학 학습에서 학생들에게 올바른 과학 개념을 습득하게 하는 것은 과학 교육의 중요한 목적 중 하나이다(신동혁 등, 2002). 그러나 많은 연구(Allsop & George, 1982; Garnett & Treagust, 1992a, 1992b; Huddle, White & Rogers, 2000; Ogude & Bradley, 1994, 1996; Ozkaya, 2002; Sanger & Greenbowe, 1997a, 1997b, 1999)에서 학생들과 과학 교사가 오개념을 가지고 있다고 보고하고 있다. 학년이 올라갈수록 학생들이 과학을 어려워하는데, 그 이유는 학생들의 인지 수준 때문이기도 하지만 교사가 정확한 개념을 정립하지 못한 상태에서 학생들을 가르치기 때문이기도 하다.

화학전지의 개념은 물리학 교육 과정과 화학 교육 과정에 있어 핵심적 개념 가운데 하나이다. 하지만 많은 학생들이 과학적 개념을 형성하는데 어려워하고 있으며, 물리학 전공 교사들과 화학 전공 교사들 또한 개념 설명에 어려움을 겪고 있다. 이는 교과서의 전기 화학 단원이 물리학과 화학에서 각각 서로 다른 방식으로 접근하기 때문이다. 물리학에서는 전지 외부 회

로를 중심으로 전류, 전압, 저항 등의 내용을 다루고 있으며, 화학에서는 화학전지 내부의 산화·환원 반응을 중심으로 전기 단위를 다루고 있다(교육인적자원부, 2007). 이와 같이 외부 회로와 전지 내부의 개념을 분리해서 다루므로 anode(양극)와 cathode(음극) 개념 정의 방식이 다르다. 물리학에서는 전지 외부 회로에서 전류가 흘러나오는 전극을 anode(양극, (+)극), 전류가 흘러들어가는 전극을 cathode(음극, (-)극)이라고 정의한다(경상대학교 물리학과 등 공역, 2006; 모혜정 등, 1998). 그러나 화학에서는 전지 내부에서 전자를 내놓는 전극인 산화 전극을 anode(양극, (-)극), 전자를 받는 전극인 환원 전극을 cathode(음극, (+)극)이라고 정의한다(대학화학교재 편찬회 역, 2006; 일반화학교재연구회 역, 2002; 일반화학교재편찬위원회 역, 1998; 화학교재편찬연구회 역, 2005). 이와 같이 하나의 전극인데도 용어의 사용에 있어서 일관성이 없는 것은 많은 학생과 교사들이 개념을 정립하는데 어려움을 주는 요인이다.

선행연구에서도 전지 외부 회로와 화학전지 내부의 개념을 분리하여 연구해 왔다. 물리 교육 분야에서는 전류에 대한 학생들의 오개념 연구(문충식, 1991)와

*교신저자: 김종복(jbkim@knie.ac.kr)

**2009.11.06(접수) 2009.11.30(1심통과) 2010.03.10(2심통과) 2010.04.11(3심통과) 2010.04.20(4심통과) 2010.04.25(최종통과)

오개념 극복을 위해 전류에 관한 실험과 토의 연구(김영민 등, 1990; 김영민, 1993), 교수법의 변화 연구(김영민과 권성기, 1992; 원동만, 2000) 등이 이루어졌다. 또한 화학 교육 분야에서는 전기분해, 화학전지에 서의 옴다리, 전극전위 등에 대한 학생들의 오개념 연구(박진희 등, 2003, 2004a, 2004b, 2006)와 오개념 극복을 위해 실험을 통한 개념 변화 연구(이순희, 2002) 등이 이루어졌다.

따라서 화학전지의 외부 회로와 내부에서의 전극의 개념을 전류의 흐름과 관련지어 일관성 있게 정의하는 것이 필요하다. 이를 위해 이 연구에서는 물리학 전공 교사와 화학 전공 교사들에게 화학전지의 전극인 anode(양극)와 cathode(음극)를 화학전지의 외부와 내부에서 각각 결정하도록 하며, 화학전지 외부와 내부에서의 전극 결정이 일치하는지 여부를 알아보았다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상 및 절차

화학전지에 대한 선행 연구(Allsop & George, 1982; Barral, Fernandez & Gallastegui, 1992; Garnett & Treagust, 1992a, 1992b; Huddle, White & Rogers, 2000; Morikawa, Williamson, 2001; Ogude & Bradley, 1994, 1996; Ozkaya, 2002; Sanger & Greenbowe, 1997a, 1997b, 1999) 조사와 내용 분석을 통해 검사지를 개발하였고, 물리학 전공 교사와 화학 전공 교사들을 대상으로 검사지 조사 및 면담을 실시하였다. 검사지와 면담 자료를 분석한 후 결론을 도출하였다. 연구대상은 H대학교 교육대학원에 재학 중인 물리학 전공 교사 50명과 화학 전공 교사 50명의 현직교사이다.

2. 검사지

검사지는 대상자의 인적 사항 등을 묻는 기초 조사

문항과 이 연구에서 조사하고자 의도한 화학전지의 개념에 대한 내용을 묻는 본 문항으로 구성되어 있다. Garnett & Treagust(1992)의 인터뷰 프로토콜을 참고로 하여 개발된 검사지는 현직 물리교사 3명과 화학 교사 3명에게 예비투입을 통해 1차 수정을 한 후, 과학 교육전문가의 검토를 통해 최종 수정 보완하였다.

검사의 내용은 물리학 전공 교사와 화학 전공 교사들이 화학전지의 전극인 anode(양극)와 cathode(음극)를 화학전지 전극의 외부와 내부에서 각각 결정하도록 하며, 화학전지 전극의 외부와 내부에서의 전극 결정이 일치하는지 여부를 확인하였다. 문항 내용과 그 문항을 통해 알아보하고자 하는 주안점을 Table 1에 제시하였다.

3. 면담

면담은 검사를 통해 수집한 자료를 보강하기 위한 목적을 두고, 비구조화 된 면담을 실시하였으며 개방적 질문을 하였다. 전극 결정 이유에 따라 그룹을 분류한 후, 물리학 전공 교사 5명과 화학 전공 교사 5명을 면담의 대상으로 선정하였다. 면담은 개별적으로 실시하였으며, 시간은 짧게는 30분정도 소요되었다.

4. 연구의 제한점

이 연구는 교사들의 전공별 화학전지 전극에 대한 인식 조사에 목적을 두고 교사들의 근무 학교 형태에 대한 차이를 조사에 반영하지 않았으므로 이러한 제한 요소를 고려해야 한다.

III. 연구 결과 및 논의

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 참여자들이 화학전지의 외부 회로와 내부에서 전극을 어떻게 결정하는 지를 알아보았다. 전극 결정의 이유에 따라 유형별로 면담한 자료를 제시하였으며 참여자들의

Table 1
Contents and question numbers for investigation

contents	question No.
Designations on outside parts of electrodes in galvanic cell	1-1, 1-2
Designations on inside parts of electrodes in galvanic cell	1-3, 1-4
Agreement on designations on outside and inside electrodes in galvanic cell	1-5, 1-6, 1-7, 1-8, 1-9

개념 형성 원인으로 작용했을 이론적 배경을 분석하였다.

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 회로 전체에서의 전류의 흐름과 외부와 내부에서의 전극 명칭은 Fig. 1과 같다.

1. 화학전지 외부 회로에서의 전극 결정

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 화학전지 전극 외부에 대한 결정은 물리학적 정의에 의해 전류의 흐름 방향으로 결정된다. 제시된 화학전지의 경우는 화학전지 외부 회로에서 전자의 이동 방향이 아연전극에서 구리전극 방향이므로 전류의 흐름 방향은 전자의 이동 방향과 반대인 구리전극에서 아연전극 방향이다. 따라서 전류가 흘러나오는 구리전극이 양극인 anode, (+)극이고, 전류가 흘러들어가는 아연전극이 음극인 cathode, (-)극이다. 물리에서는 전위가

높은 쪽을 (+)극으로 전위가 낮은 쪽을 (-)극으로 정의한다(경상대학교 물리학과 등 공역, 2006; 모혜정 등, 1998).

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 전공별 화학전지 외부 회로에서의 전극 결정을 Fig. 2에 나타내었다.

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 화학전지 외부 회로에서의 전극 결정은 화학 전공 교사가 50명 중 16명(32%)이 anode(양극)를 구리전극으로, cathode(음극)를 아연전극으로 결정하였고, 32명(64%)이 anode(양극)를 아연전극으로, cathode(음극)를 구리전극으로 결정하였다. 물리학 전공 교사는 50명 중 34명(68%)이 anode(양극)를 구리전극으로, cathode(음극)를 아연전극으로 결정하였고, 11명(22%)이 anode(양극)를 아연전극으로, cathode(음극)를 구리전극으로 결정하였다. 전공별 화학전지 외부 회로에서의 전극 결정에 대하여 분석을 실시한 결

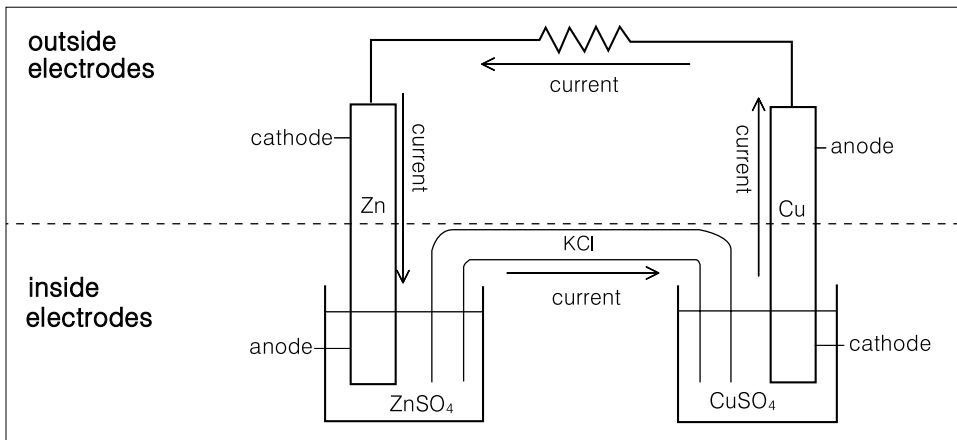


Fig. 1 Names of outside and inside electrodes in a galvanic cell with electric circuit

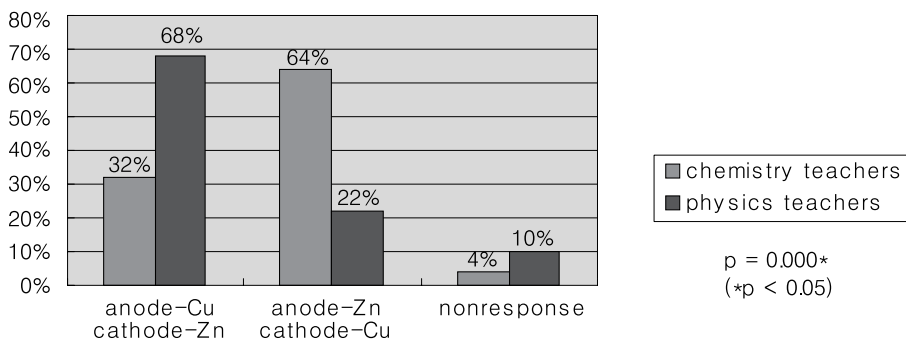


Fig. 2 Designations on outside electrodes in a galvanic cell

과 유의 확률 0.000으로서 유의수준 0.05에서 전공별 화학전지 외부 회로에서의 전극 결정은 통계적으로 유의미한 차이가 있다고 나타났다.

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 전공별 화학전지 외부 회로에서의 전극 결정 이유를 Fig. 3에 나타내었다.

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 화학전지 외부 회로에서의 전극 결정 이유를 분석하면 화학전공 교사는 50명 중 38명(76%)이 산화·환원 반응으로 전극을 결정하였다. 화학전공 교사들이 화학전지 외부 회로에서의 전극 결정이었는데도 산화·환원 반응에 대한 판단으로 전극을 결정한 것이다. 이는 많은 화학전공 교사들이 화학전지가 외부 회로에 연결되어 있을 때 화학전지 외부 회로에서의 전류의 흐름에 대한 이해가 부족한 것으로 보인다. 즉, 화학전공 교사들은 자신의 전공 교과인 화학을 이론적 배경으로 전극을 결정한 것이다. 아래의 면담 자료는 이러한 관점을 가지고 있는 화학전공 교사 2명(교사7, 교사8)과의 면담 내용이다.

면담자 : 외부 영역에서 anode(양극)와 cathode(음극)를 어떤 근거로 결정했나요?

교사7 : 산화·환원 반응으로 결정한 거예요. 아연 판에서는 산화가 일어나 전자가 나오기 때문에 cathode(음극)라고 생각했고, 구리판은 환원이 일어나 전자를 받아들이기 때문에 anode(양극)라고 생각했어요.

교사8 : 산화 전극은 전자를 잃는 경우니까 (+)로 잡고 환원 전극은 전자를 얻는 경우니까

(-)로 잡고 cathode(음극)와 anode(양극)를 결정했어요. 그러니까 전자를 잃는 것을 산화, 전자를 얻는 것을 환원으로 전극을 결정했어요. 아연은 전자를 내놓으니까 산화전극이고 (+), anode(양극)고, 구리는 전자를 얻으니까 환원전극이고 (-), cathode(음극)로 결정했어요.

화학전공 교사들이 전자의 이동 방향이 아닌, 산화·환원 반응에 대한 판단으로 전극을 결정했는데도 산화 반응이 일어나는 산화전극이 anode(양극)이고 환원 반응이 일어나는 환원전극이 cathode(음극)라는 구체적인 화학적 배경지식은 부족하였다. 또한 금속전극이 산화가 되어 전자를 잃으면 (+)극이 되고, 환원이 되면 전자를 얻어서 (-)극이 된다고 생각하는 오개념을 가지기도 했으며 양극과 (+)극, 음극과 (-)극을 동일시하는 오개념을 가진 교사도 있었다. 이는 선행 연구(Garnett & Treagust, 1992a, 1992b; Sanger & Greenbowe, 1997a, 1997b, 1999)에 제시되었던 오개념에 해당한다.

물리학전공 교사는 50명 중 26명(52%)이 화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 화학전지 외부 회로에서의 전극 결정 이유를 전자의 이동 방향으로 판단하였다. 이는 물리학에서의 전극 결정 정의에 따라 전자의 이동 방향과 반대인 전류의 방향으로 전극을 결정한 것이다. 아래의 면담 자료는 이러한 관점을 가지고 있는 물리학전공 교사 2명(교사3, 교사4)과의 면담 내용이다.

면담자 : 외부 영역에서 anode(양극)와 cathode

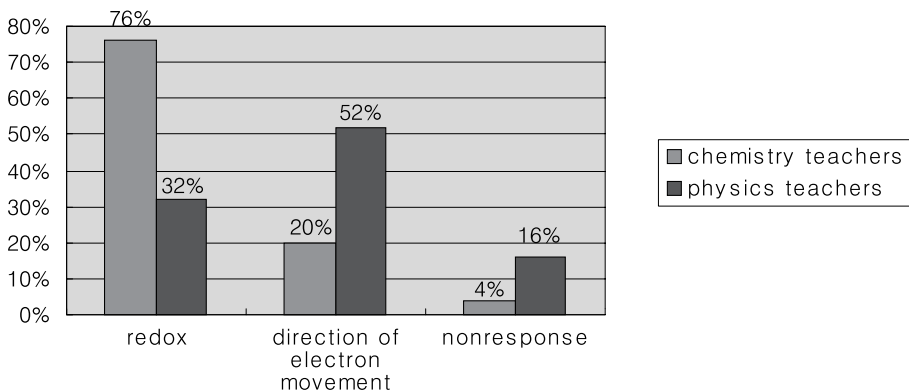


Fig. 3 Reasonings for designation of outside electrodes in a galvanic cell

(음극)를 어떤 근거로 결정했나요?

교사3 : 아연이 아연이온이 되면서 전자가 구리 쪽으로 이동하기 때문에 결정했어요. 전자를 내놓는 쪽이 (-)극이니까 cathode(음극), 전자를 받는 쪽이 (+)극이니까 anode(양극)로 결정했어요. 전자가 이동하는 방향으로 전극을 결정한 거죠.

교사4 : 전자의 이동 방향이 아연에서 구리로 가니까 전류의 방향은 구리에서 아연 쪽으로 생각했기 때문에 전류의 방향이 (+)에서 (-)이므로 (+)쪽을 cathode(음극)로 구리, (-)쪽을 anode(양극)로 아연으로 놓았습니다. 즉, 전자의 이동 방향으로 전류의 방향을 결정했어요. 전류의 방향은 전자의 이동 방향과 반대니까요.

물리학 전공 교사들 대부분이 물리학에서의 전극 결정 정의에 따라 전자의 이동 방향과 반대인 전류의 방향으로 전극을 결정했지만 일부는 anode(양극)와 cathode(음극)의 의미를 혼동하기도 하였다. 이는 선행 연구(Garnett & Treagust, 1992a, 1992b; Sanger & Greenbowe, 1997a, 1997b, 1999)에 제시되었던 오개념에 해당한다.

2. 화학전지 내부에서의 전극 결정

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 화학전지 내부에서의 전극 결정은 화학적 정의에 의해 산화·환원 반응으로 결정된다. 아연의 표준환원전위값이 $-0.76V$ 이고 구리의 표준환원전위값이 $0.34V$ 이므

로 아연전극과 구리전극을 연결하여 만든 화학전지에서는 표준환원전위값이 작은 아연전극이 산화되고, 표준환원전위값이 큰 구리전극은 환원된다. 산화전극인 아연전극이 외부회로로 전자를 내놓으므로 (-)극, 환원전극인 구리전극이 외부회로를 통해 전자를 받으므로 (+)극이다(대학화학교재편찬회 역, 2006; 일반화학교재연구회 역, 2002; 일반화학교재편찬위원회 역, 1998; 화학교재편찬연구회 역, 2005).

또한 아연이온이 들어있는 전해질 용액에는 산화 반응에 의해 아연이온이 증가하여 상대적으로 양이온이 더 많이 존재하고 구리이온이 들어있는 전해질 용액에는 환원 반응에 의해 구리이온이 감소하여 상대적으로 음이온이 더 많이 존재한다. 따라서 각 전해질 용액의 전하의 균형을 맞추주기 위해 염다리에 존재하는 양이온은 구리이온이 들어있는 전해질 용액 쪽으로 이동하고 염다리에 존재하는 음이온은 아연이온이 들어있는 전해질 용액 쪽으로 이동한다. 이에 따라 양전하의 이동이 아연이온이 들어있는 전해질 용액 쪽에서 구리이온이 들어있는 전해질 용액 쪽으로 있게 되어 전해질 용액 안에서는 전류가 아연금속에서 염다리를 통해 구리금속으로 흐르게 된다. 그러므로 산화전극인 아연전극이 전류가 흘러나오는 양극인 anode이고, 환원전극인 구리전극이 전류가 흘러들어가는 음극인 cathode이다. 즉, 아연전극은 양극인 anode, (-)극이고 구리전극은 음극인 cathode, (-)극이다(대학화학교재편찬회 역, 2006; 일반화학교재연구회 역, 2002; 일반화학교재편찬위원회 역, 1998; 화학교재편찬연구회 역, 2005; Morikawa, Williamson, 2001).

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 전공별 화학전지 내부에서의 전극 결정을 Fig. 4에 나타내었다.

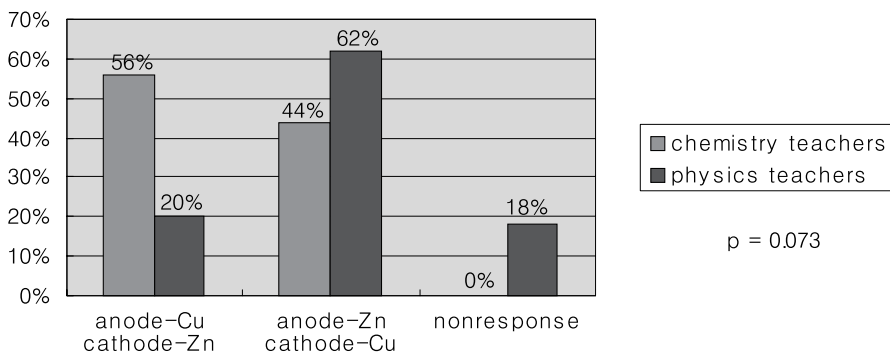


Fig. 4 Designations on inside electrodes in a galvanic cell

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 화학전지 내부에서의 전극의 결정은 화학 전공 교사가 50명 중 28명(56%)이 anode(양극)를 구리전극으로, cathode(음극)를 아연전극으로 결정하였고 22명(44%)이 anode(양극)를 아연전극으로, cathode(음극)를 구리전극으로 결정하였다. 물리학 전공 교사는 50명 중 10명(20%)이 anode(양극)를 구리전극으로, cathode(음극)를 아연전극으로 결정하였고, 31명(62%)이 anode(양극)를 아연전극으로, cathode(음극)를 구리전극으로 결정하였다. 전공별 화학전지 내부에서의 전극 결정에 대한 분석을 실시한 결과 유의 확률 0.073으로서 유의수준 0.05에서 전공별 화학전지 내부에서의 전극 결정은 통계적으로 유의미한 차이가 없다고 나타났다.

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 전공별 화학전지 내부에서의 전극 결정 이유를 Fig. 5에 나타내었다.

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 화학전지 내부에서의 전극 결정 이유를 분석하면 화학 전공 교사 50명 중 28명(56%)과 물리학 전공 교사 50명 중 18명(36%)이 산화·환원 반응으로 전극을 결정하였다. 이는 대부분의 교사들이 전공에 관계없이 화학전지 내부에서의 전극을 화학에서의 산화·환원 반응으로 결정한 것이다. 아래의 면담 자료는 이러한 관점을 가지고 있는 화학 전공 교사 2명(교사10, 교사8)과 물리학 전공 교사(교사1)와의 면담 내용이다.

면담자 : 내부 영역에서 anode(양극)와 cathode(음극)를 어떤 근거로 결정했나요?

교사10 : 솔직히 산화·환원 반응으로 결정했지만 이걸 잘 모르겠어요. 뭔가 다를 거라 생각했어요. 수용액에서는 금속판일 때와 이온화 경향이 달라질 거라 생각했어요. 그래서 산화·환원 반응도 달라질 거 같아요.

교사8 : 내부 영역에서는 아연이 환원되니까 환원전극, 구리는 산화되니까 산화 전극으로 결정했어요.

면담자 : 외부 영역에서 아연이 산화된다고 했는데 내부 영역에서 아연이 왜 환원되나요?

교사8 : 내부 영역에서는 아연이온이 들어있는 전해질 용액으로부터 아연금속이 전자를 얻어서 환원이 되고 그 얻은 전자가 외부 영역의 아연금속에서 도선을 통해 구리금속 쪽으로 이동해요. 그러니까 외부 영역의 아연금속은 전자를 잃은 산화가 되는 거죠. 외부 영역에서 전자를 얻은 구리금속이 환원이 되고 그 얻은 전자를 내부 영역의 구리이온이 들어있는 전해질 용액 속으로 내보내요. 그러니까 내부 영역의 구리금속은 또 산화가 되는 거예요. 전체적으로 봤을 때 아연금속이 산화되기도 하고 환원되기도 해요. 또, 구리금속이 산화되기도 하고 환원되기도 해요.

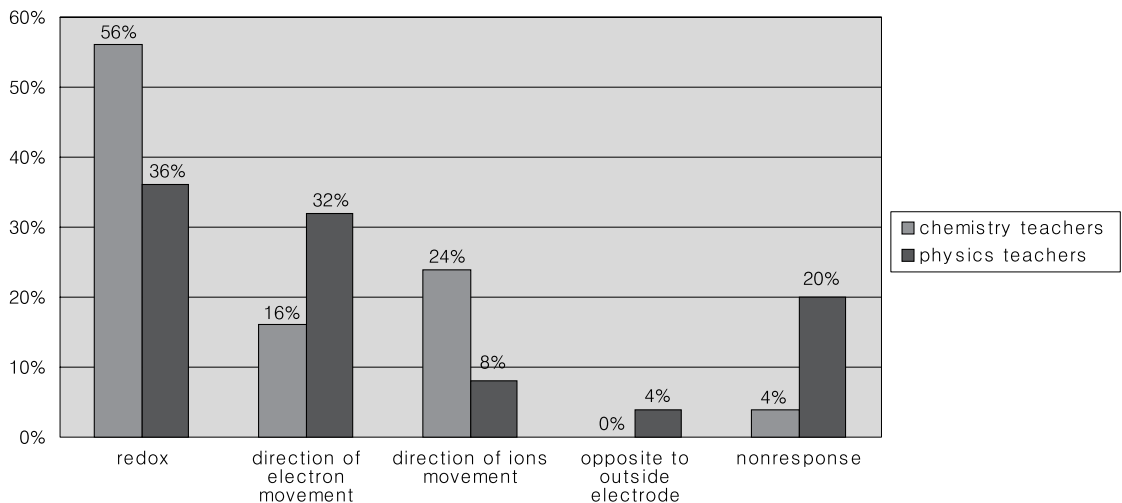


Fig. 5 Reasonings for designation of inside electrodes in a galvanic cell

면담자 : 내부 영역에서 anode(양극)와 cathode(음극)를 어떤 근거로 결정했나요?

교사1 : 아연과 구리의 이온화 경향의 차이 때문에 황산아연 용액에서 아연이 양이온으로 이온화되고, 황산구리 용액에서는 황산이온이 음이온으로 이온화되기 때문에..그러니까 아연과 구리의 이온화 경향성 차이에 의해서 아연이 이온화 경향이 크고, 그래서 아연이 전자를 내놓고 이온화 경향이 작은 구리가 전자를 받아서 전자가 아연에서 구리 쪽으로 염다리를 통해 이동을 해요. 그래서 아연을 cathode(음극), 구리를 anode(양극)로 결정했어요.

면담자 : 그러면 염다리는 전자가 이동하는 통로가 되는 건가요?

교사1 : 네

화학 전공 교사들은 산화·환원 반응으로 화학전지 내부에서의 전극을 결정했어도 산화·환원 반응의 의미를 정확하게 알지 못하는 경우가 있었다. 수용액 상태에서의 이온화 반응과 금속 상태에서의 이온화 반응이 다를 것이라는 오개념을 가지고 있었다. 또한 하나의 전극을 전해질 용액에 들어있는 부분과 전해질 용액에 들어있지 않은 부분을 분리하여 한 쪽에서는 산화 반응이 일어나고 다른 쪽에서는 환원 반응이 일어난다는 오개념을 가지고 있기도 하였다. 이는 선행 연구(Garnett & Treagust, 1992a, 1992b; Sanger & Greenbowe, 1997a, 1997b, 1999)에서 나타나지 않았던 오개념이다. 물리학 전공 교사는 산화·환원 반응에 대한 판단으로 화학전지 내부에서의 전극을 결정했지만 이온화의 의미와 염다리의 역할을 정확히 알지 못하는 경우가 있었다. 이는 선행 연구(Garnett & Treagust, 1992a, 1992b; Sanger & Greenbowe, 1997a, 1997b, 1999)에서 언급했듯이 전자가 염다리를 통해 이동하여 순환한다는 오개념에 해당한다.

물리학 전공 교사 50명 중 16명(32%)이 물리학에서의 전극 결정 정의에 따라 전자의 이동 방향과 반대인 전류의 방향으로 전극을 결정하였다. 이는 적지 않은 물리학 전공 교사들이 자신의 전공 교과인 물리학을 이론적 배경으로 전극을 결정한 것이다. 아래의 면담

자료는 이러한 관점을 가지고 있는 물리학 전공 교사 2명(교사2, 교사3)과의 면담 내용이다.

면담자 : 내부 영역에서 anode(양극)와 cathode(음극)를 어떤 근거로 결정했나요?

교사2 : 내부 영역에서는 전류가 아연금속에서 구리금속 쪽으로 흘러서 음극 역할을 하는 것이 구리라고 판단했습니다.

면담자 : 그러면, 내부 영역에서 아연금속에서 구리금속 쪽으로 전류가 흐르는 것은 무엇을 통해서 흐르나요?

교사2 : 염다리를 통해서 전류가 흐른다고 생각해요.

면담자 : 염다리를 통해서 어떻게 전류가 흐르나요?

교사2 : 그냥 그럴 것 같아요.

면담자 : 내부 영역에서 anode(양극)와 cathode(음극)를 어떤 근거로 결정했나요?

교사3 : 전자의 이동으로 결정했어요. 외부 영역에서 이동해온 전자가 구리에서 빠져나가고, 다시 아연으로 들어가요. 전자가 순환할 거라고 생각해요.

면담자 : 그러면 전자가 염다리를 통해서 이동하나요?

교사3 : 그렇게 생각하지는 않아요. 염다리가 녹을 거 같아요. 분해가 될 거 같아요. 염다리는 전자의 이동과는 상관없을 거 같아요.

물리학 전공 교사들은 물리학에서의 전극 결정 정의에 따라 전자의 이동 방향과 반대인 전류의 방향으로 전극을 결정하였지만 전류의 흐름이 생기는 근본 원인과 염다리의 역할을 정확히 알지 못 하는 경우가 있었다. 또한 전하의 이동 경로는 생각하지 않고 막연하게 전자가 순환한다고 생각하는 경우도 있었다.

또한 물리학 전공 교사 중에는 산화·환원 반응으로 화학전지 내부에서의 전극을 결정하려고 했으나, 산화·환원 반응의 의미를 알지 못하여 전극을 결정하지 못했다는 경우가 있었다. 아래의 면담 자료는 이러한 관점을 가지고 있는 물리학 전공 교사(교사5)와의 면담 내용이다.

면담자 : 내부 영역에서 anode(양극)와 cathode(음극)를 결정하지 못한 이유는 뭐예요?

교사5 : 아연과 구리가 반응을 어떻게 해서 전자를 내놓는지, 그러니까 산화·환원 반응에 대해 알지 못했기 때문에 전극을 결정할 수가 없었어요.

화학 전공 교사 50명 중 12명(24%)과 물리 전공 교사 50명 중 4명(8%)이 화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 화학전지 내부에서의 전극 결정을 이온의 이동 방향으로 결정했다. 아래의 면담 자료는 이러한 관점을 가지고 있는 화학 전공 교사(교사9)와의 면담 내용이다.

면담자 : 내부 영역에서 anode(양극)와 cathode(음극)를 어떤 근거로 결정했나요?

교사9 : 염다리의 K⁺이온과 Cl⁻이온의 이동 방향을 보고 결정했어요. Cl⁻는 황산아연 용액 쪽으로 이동하고 이것은 아연금속이 (+)극이기 때문에 정전기적 인력이 작용했다고 생각했어요. 또 K⁺이온은 황산구리용액 쪽으로 이동하고 이것은 구리금속이 (-)극이기 때문에 정전기적 인력이 작용했다고 생각했어요. 그래서 아연금속이 cathode(음극)이고 구리금속이 anode(양극)라고 결정했어요.

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 화학전지 내부에서의 전극을 이온의 이동으로 결정한 경우, 염다리가 전하의 균형을 맞춰주는 역할을 한다는 것은 인지하고 있었다. 그러나 이것이 전해질 용액 속 이온들 간의 불균형에 의한 것이 아닌, 전극의 전기적 성질(+)극, (-)극)에 따라 염다리에 존재하는 이온들

이 전극으로부터 정전기적 인력을 받아 이동한다고 생각했다.

각 교사별로 화학전지 외부 회로에서의 전극 결정과 화학전지 내부에서의 전극 결정의 이유를 추적 조사한 결과, 전극 결정의 이유가 일관성이 없었다.

3. 외부와 내부에 대한 전극 명칭 일치 여부

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 구리전극은 외부회로에서 anode(양극, (+)극)이고 내부에서는 cathode(음극, (-)극)이다. 또한 아연전극은 외부회로에서 cathode(음극, (-)극)이고 내부에서는 anode(양극, (+)극)이다. 따라서 화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 하나의 금속판인데도 외부와 내부에서의 전극 명칭이 일치하지 않는다. 그러나 전류가 흐르는 방향을 보면 일관성이 있다. 따라서 전류의 흐름 관점에서 보면 이러한 명칭의 불일치는 당연하다.

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 전공별로 외부와 내부에서의 전극 명칭이 일치하는 지를 Fig. 6에 나타내었다.

화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 외부와 내부에서의 전극 명칭이 일치하는 지에 대해 화학 전공 교사 50명 중 20명(40%)과 물리학 전공 교사 50명 중 7명(14%)이 명칭이 일치한다고 했으며 화학 전공 교사 26명(52%)과 물리학 전공 교사 36명(72%)이 전극 명칭이 일치하지 않는다고 했다. 또한, 외부와 내부에서의 전극이 불일치한다고 응답한 화학 전공 교사 26명 중 8명(전체의 16%)과 물리학 전공 교사 36명 중 16명(전체의 32%)이 외부 회로에서 구리전극을 anode(양극), 아연전극을 cathode(음극)로, 내부

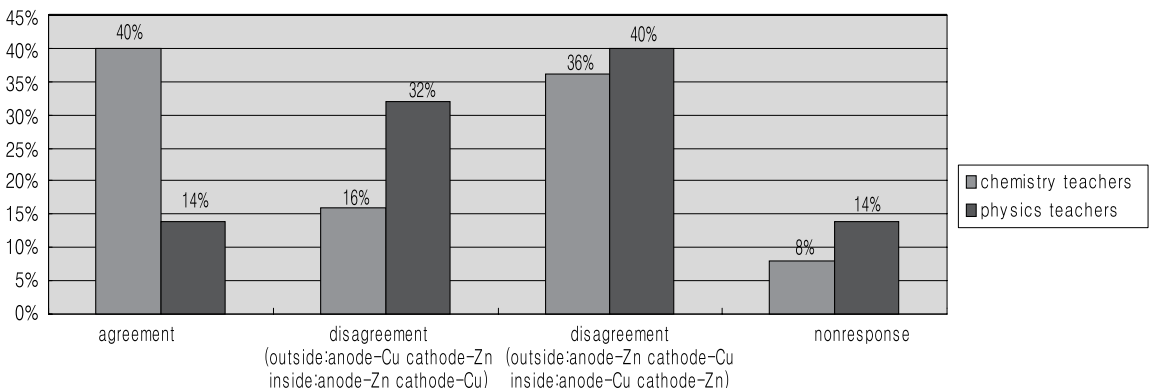


Fig. 6 Recognitions on disagreement of outside and inside electrodes names in a galvanic cell

에서는 구리전극을 cathode(음극), 아연전극을 anode(양극)로 결정했다. 이로부터 화학전지 외부와 내부 전극에 대해 교사들의 관점이 차이가 남을 다시 한 번 확인할 수 있었다.

화학전지가 외부 회로에 연결되어 있을 때 외부와 내부에서의 전극 명칭 불일치 상황에 대한 응답자들의 이론적 설명을 Fig. 7에 나타내었다.

화학전지가 외부 회로에 연결되어 있을 때 외부와 내부에서의 전극 명칭 불일치 상황에 대한 이론적 설명으로 화학 전공 교사 50명 중 12명(24%)이 산화·환원 반응으로 설명한다고 했으며 물리학 전공 교사 50명 중 24명(48%)이 전자의 이동 방향으로 설명한다고 했다. 이는 교사들이 자신의 전공 교과를 이론적 배경으로 전극 명칭 불일치 상황을 설명한 것이다. 아래의 면담 자료는 이러한 관점을 가지고 있는 화학 전공 교사 2명(교사7, 교사10)과 물리학 전공 교사 3명(교사1, 교사2, 교사3)과의 면담 내용이다.

면담자 : 외부 영역과 내부 영역의 anode(양극)와 cathode(음극)가 일치하지 않는다고 생각하는 학생에게 이 상황을 어떻게 설명할 것 인가요?

교사7 : 금속의 이온화 경향을 다시 설명하고 cathode(음극)는 산화가 일어나고 anode(양극)는 환원이 일어나는 전극임을 설명해주겠어요.

면담자 : 산화전극이 anode(양극)고 환원전극이 cathode(음극)인데, 이 부분은 어떻게 생각해요?

교사7 : anode(양극)와 cathode(음극)의 용어를 정확하게 알지 못했어요. 하지만, 산화·환원 반응을 이용해서 전극을 설명하겠어요.

면담자 : 외부 영역과 내부 영역의 anode(양극)와 cathode(음극)가 일치하지 않는다고 생각하는 학생에게 이 상황을 어떻게 설명할 것 인가요?

교사10 : 수용액과 금속에서의 이온화 경향이 다를 거 같아요. 산화·환원 반응으로 설명해야 할 텐데, 수용액에서의 이온화 경향은 사실 잘 모르겠어요.

교사1 : 순환 모형으로 생각을 하면 될 거 같아요. 이온화 과정을 통해 설명이 가능한데 아연 쪽에서는 이온화를 해서 전자를 발생하기 때문에 (-)극으로 되고, 구리는 전자를 받기 때문에 상대적으로 (+)극으로 정한다고 한다면 전자를 주고 받는 쪽으로 생각을 하면 될 거 같아요. 어차피 전자는 돌고 도니까 별로 크게 문제가 되지 않을 것 같아요. 화학 반응에 의해 생긴 전자가 한 쪽에서 다른 쪽으로 이동하고, 그 이동한 전자가 다시 돌아서 다른 쪽으로 이동하는 거죠.

교사2 : 폐회로에서 어떤 한 지점은 전류가 들어오는 지점이면서 동시에 전류가 나가는 지점이기 때문에 단절된 부분에서 한 쪽을 음극이라 할 수 있고, 반대 방향에서 보면 양극

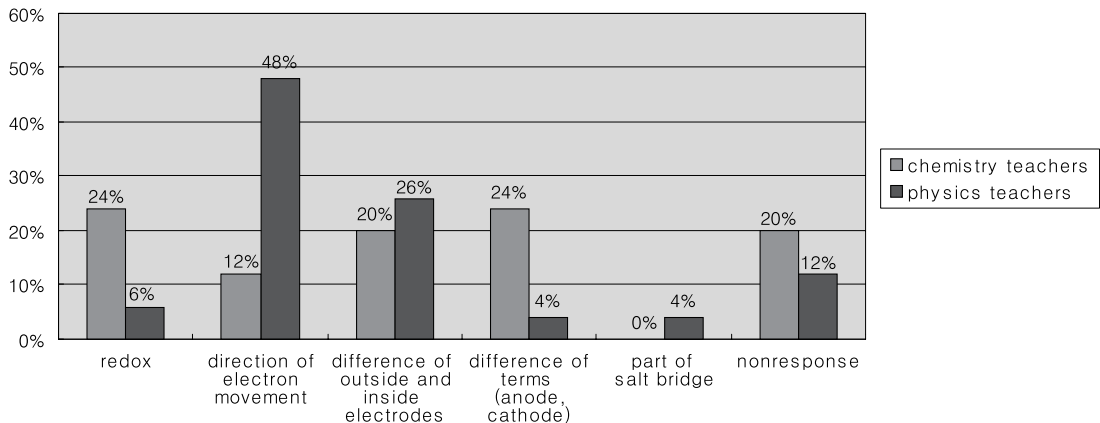


Fig. 7 Reasonings on disagreement of outside and inside electrode names in a galvanic cell

이라 할 수 있습니다. 고등학생과 중학생에게는 어렵겠지만, 어느 정도 이해할 수 있게 설명할 수 있다고 생각합니다.

폐회로 전체에서는 전류가 흘러가더라도 어느 곳에서 전류가 축적되거나 전류가 없어지는 않습니다. 그래서 어떤 한 지점을 보면 들어오는 만큼 전류가 나갑니다. 아연 같은 경우, 외부영역에서는 cathode(음극) 역할을 하지만, 내부 영역에서는 anode(양극) 역할을 하는 것입니다. 즉, 외부 영역에서는 전자를 방출하는 역할을 하지만, 내부 영역에서는 이온형태로 음전하를 받아들이고, 양전하를 방출하는 역할을 하게 됩니다. 따라서 아연은 외부 영역과 내부 영역에 대해 반대의 역할을 하는 것입니다. 예를 들어 회로에서 저항을 가지고 다시 생각해보면, 저항은 한 쪽은 전자를 받아들이고, 다른 한 쪽은 전자를 방출하는 반대 역할을 하기 때문에 항상 전하의 보존으로 생각하면 cathode(음극)와 anode(양극)의 역할을 모두 수행한다고 볼 수 있습니다. 구리도 마찬가지로 외부 영역에서는 전자를 받아들이고, 내부 영역에서는 음이온을 방출하고 양이온을 받아들입니다. 따라서 구리도 외부 영역과 내부 영역에서 서로 anode(양극)와 cathode(음극)의 역할을 동시에 하게 됩니다.

교사3 : 전극을 결정하는 게 전자의 이동으로 정해지기 때문에 외부 영역에서는 전자가 아연에서 구리로 이동하고, 내부 영역에서는 전자가 구리에서 아연으로 이동하기 때문에 anode(양극)와 cathode(음극)가 일치하지 않는다고 설명하면 돼요.

화학 전공 교사들은 산화·환원 반응을 통해 전자가 생성되는 것을 강조하는 이론적 배경을 제시하고 있었으며, 물리학 전공 교사들은 이미 전자가 생성되었다는 가정 하에 그 전자의 이동 방향을 강조하는 이론적 배경을 제시하고 있었다.

또한 적지 않은 수인 화학 전공 교사 50명 중 10명(20%)과 물리 전공 교사 50명 중 13명(26%)이 전지 외부와 내부의 차이로 설명하면 된다고 생각하고 있

었다. 아래의 면담 자료는 이러한 관점을 가지고 있는 화학 전공 교사 2명(교사8, 교사9)과 물리학 전공 교사(교사4)와의 면담 내용이다.

면담자 : 외부 영역과 내부 영역의 anode(양극)와 cathode(음극)가 일치하지 않는다고 생각하는 학생에게 이 상황을 어떻게 설명할 것 인가요?

교사8 : 외부 영역과 내부 영역을 나누지 않고 화학 전지 원리를 설명할 때는 전지 내부에서 일어나는 화학 반응을 설명하고, 회로를 설명할 때는 전지 내부와는 분리하여 전원 장치 외부와 연결된 회로만을 설명하는 것이 효과적이라고 생각해요. 관심 영역이 다르기 때문에 외부 영역과 내부 영역을 연관시킬 필요가 없어요. 그리고 과거에도 그렇게 배웠고요.

교사9 : 외부 영역과 내부 영역은 상대적으로 다른 과정인 것 같아요. 외부 영역과 내부 영역을 같이 생각하면서 배우지는 않은 것 같아요. 외부 영역과 내부 영역을 분리해서 가르쳐야 할 것 같아요. 왜냐하면, 외부 영역은 금속판에서 일어나는 과정이고, 내부 영역은 전해질 용액 속에서 일어나는 과정이니깐 반응이 일어나는 과정이 다를 것 같아요. 그래서 분리해서 가르쳐야 할 것 같아요.

면담자 : 그러면 과정은 어떻게 다를까요?

교사9 : 그건 잘 모르겠어요.

면담자 : 외부 영역과 내부 영역의 anode(양극)와 cathode(음극)가 일치하지 않는다고 생각하는 학생에게 이 상황을 어떻게 설명할 것 인가요?

교사4 : 외부 영역에서는 전자의 이동 방향을 생각해볼게 하고, 내부 영역에서는 화학에서 산화·환원을 기준으로 같이 생각해볼 수 있도록 탐구활동을 하면 이해가 될 것입니다.

화학전지가 외부 회로에 연결되어 있을 때 외부와 내부에서의 전극 명칭 불일치 상황을 전지 외부와 내부의 차이라고 생각하는 교사들은 전지의 외부와 내

부를 분리해서 설명하면 문제가 없다고 판단하였다. 그리고 이와 같은 생각은 과거에 교사들이 학습할 때 전지의 외부와 내부를 분리해서 배웠던 것이 크게 작용했다고 판단된다.

화학 전공 교사 50명 중 12명(24%)과 물리학 전공 교사 50명 중 2명(4%)이 anode(양극)와 cathode(음극)의 용어 차이로 설명하면 된다고 생각하고 있었다. 아래의 면담 자료는 이러한 관점을 가지고 있는 화학 전공 교사(교사6)와의 면담 내용이다.

면담자 : 외부 영역과 내부 영역의 anode(양극)와 cathode(음극)가 일치하지 않는다고 생각하는 학생에게 이 상황을 어떻게 설명할 것인가요?

교사6 : 저는 anode(양극)가 산화 전극인 것과 cathode(음극)가 환원 전극인 것은 확실히 알고 있었고, anode(양극)와 cathode(음극)가 어느 것이 (+)극이고 (-)극인지는 잘 몰랐어요. 그래서 외부 영역과 내부 영역에서 전극이 불일치한다고 생각한 적이 없었는데 이 검사지를 풀다보니, 불일치한다는 것을 알게 됐어요. 사실, 저는 anode와 cathode, 양극과 음극이라는 용어를 사용하면서 발생한 문제라고 생각해요. 그러니까 두 용어의 정의와 불일치 상황을 소개하되, anode와 cathode, 양극과 음극이라는 용어들을 사용하기 보다는 산화 전극과 환원 전극, (-)극과 (+)극이라는 용어만을 사용하여 설명하는 것이 좋다고 생각해요. 그러면 혼동이 일어나지 않으니깐요.

화학전지가 외부 회로에 연결되어 있을 때 외부와 내부에서의 전극 명칭 불일치 상황을 anode(양극)와 cathode(음극)의 용어 차이로 설명하면 된다고 생각하는 교사들은 교사들 자체가 anode(양극)와 cathode(음극)라는 용어를 이해하고 있지 못했다.

IV. 결론 및 제언

물리학 전공 교사와 화학 전공 교사들은 화학전지를 외부 회로에 연결했을 때 화학전지의 외부와 내부에서의 전극 결정이 차이가 났다. 이와 같은 결정의

이유가 자신의 전공적 배경 이론에 한정되어 있었다.

연구 결과로 보아, 화학전지를 외부 회로에 연결했을 때 전극의 외부와 내부 명칭이 불일치하는 상황에 대해 설명이 꼭 필요하다고 생각된다. 따라서 교사는 학습자가 화학전지와 연결된 회로에서 전하가 완전히 한 바퀴 도는 전 과정을 이해하고 설명할 수 있도록 도와야 할 것이다. 화학전지 분야에서 물리학적 관점과 화학적 관점 간의 연계를 통한 개념의 정립과 교육 과정의 재검토가 이루어진다면 화학전지의 전극인 anode(양극)와 cathode(음극)에 대해 교사들이 좀 더 정확히 이해하는데 도움이 될 수 있을 것이라 생각된다. 또한 이러한 교사들의 관점 차이를 줄임으로써 학생들의 올바른 과학적 개념의 정립에 큰 도움이 될 것으로 생각된다. 이 연구 결과를 바탕으로 화학전지에서 물리학적 관점과 화학적 관점의 보다 구체적인 연계 방안의 연구가 필요하다.

국문 요약

이 연구는 화학전지가 외부 회로와 연결되어 있을 때 화학전지 외부와 내부의 전극에 대한 인식을 H대학교 교육대학원에 재학 중인 물리학 전공 교사와 화학 전공 교사를 대상으로 검사와 면담을 통해 조사하였다. 화학전지 외부와 내부의 전극 결정에서 물리학 전공 교사들과 화학 전공 교사들의 결정이 차이가 났다. 물리학 전공 교사는 화학전지 내부 전극에 대한 명명에 어려움을 많이 가지고 있었고, 화학 전공 교사는 화학전지 외부 전극에 대한 명명에 어려움을 많이 가지고 있었다. 전극 결정의 이유로 대부분의 물리학 전공 교사는 전자의 이동 방향을 제시하였고, 대부분의 화학 전공 교사는 산화·환원 반응을 제시하였다. 이는 교사들의 학부전공이 이론적 배경으로 강하게 작용하는 것을 의미한다.

참고 문헌

경상대학교 물리학과 등 공역(2006). 일반물리학(개정7판). 범한 서적.

[원전: Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2005). Fundamentals of physics (7th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.]

교육인적자원부(2007). 고등학교 교육과정(Ⅰ) 제

2007-79호 [별책4]. 대한교과서 주식회사.

교육인적자원부(2007). 초·중등학교 교육과정 제 2007-29호 [별책1]. 대한교과서 주식회사.

김영민(1993). 전류 측정 실험을 통한 전류 개념 변화. 한국물리학회지 물리교육, 11(2), 113~120.

김영민, 권성기(1992). 전류 개념 변화를 위한 순화 학습의 효과. 한국과학교육학회지, 12(3), 61~76.

김영민, 박윤희, 박승재(1990). 중학생의 전류에 대한 학습 전 개념과 관계 현상 관찰 후의 설명. 한국과학교육학회지, 10(1), 47~56.

대학화학교재편찬회 역(2006). 화학의 원리(3판). 탐구당.

[원전: Atkins, P. & Jones, L. (2006). Chemical principle(4th ed.). New York: W.H Freeman and company.]

모혜정, 우정원, 이완호, 이종록, 정재국, 최인환(1998). 일반물리학. 교문사

문충식(1991). 전류에 관한 학생들의 오인 유형 변화의 종단적 연구. 한국교원대학교 석사학위논문.

박진희, 김동욱, 백성혜(2004a). 다니엘 전지를 구성하는 염다리의 역할에 대한 고등학생, 화학교사, 그리고 예비 과학 교사들의 개념 유형 분석. 한국과학교육학회지, 24(3), 544~555.

박진희, 김동욱, 백성혜(2006). 전극 전위에 대한 고등학교 화학교사와 학생들의 인식 조사. 한국과학교육학회지, 26(2), 279~290.

박진희, 백성혜(2004b). 전기분해 생성물을 예상하는 과정을 통해 화학교사들과 예비교사들이 가지는 개념의 문제점에 대한 분석. 대한화학학회지, 48(5), 519~526.

박진희, 백성혜, 김동욱(2003). 전기분해 관련 개념에 대한 고등학생, 예비교사, 화학교사들의 어려움에 대한 분석. 한국과학교육학회지, 23(6), 660~670.

신동혁, 이상권, 최병순(2002). 중·고등학교 과학 교과서에 제시된 볼타전지에 대한 문제점 분석. 대한화학학회지, 46(4), 363~376.

원동만(2000). 논리제시에 의한 초등학생의 인지 갈등 측정 도구 개발과 적용. 한국교원대학교 석사학위논문.

이순희(2002). 다니엘 전지에 대한 오개념 원인 분석 및 실험을 통한 개념 변화 연구. 한국교원대학교

석사학위논문.

일반화학교재연구회 역(2002). 현대일반화학(4판). 자유아카데미.

[원전: Oxtoby, D.W., Gillis, H.P. & Nachtrieb, N.H. (1999). Principles of modern chemistry(4th ed.). Singapore : Thomson learning, Inc.]

일반화학교재편찬위원회 역(1998). 일반화학(2판). 청문각.

[원전: Oxtoby, D.W., Nachtrieb, N.H., & Freeman, W.A (1997). Chemistry science of change. Philadelphia: Saunders college Pub.]

화학교재편찬연구회 역(2005). 일반화학(4판). 녹문당.

[원전: McMurry, J & Fay, R.C. (2005). General chemistry(4th ed.). Toronto: Pearson education prentice hall.]

Allsops, R. T. & George, N. H.(1982). Redox in nuffield advanced chemistry: Education of chemistry, 19, 57-81.

Barral, F. L., Fernandez, G. & Gallastegui Otero, J. R. (1992). Secondary students interpretations of the process occurring in an electrochemical cell: Journal of chemical education, 69, 655-657.

Garnett, P. J. & Treagust, D. F.(1992a). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidations-reduction equations: Journal of research in science teaching, 29, 121-142.

Garnett, P. J. & Treagust, D. F.(1992b). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electrochemical(galvanic) and electrolytic cells: Journal of research in science teaching, 29, 1079-1099.

Huddle, P. A., White, M. D., & Rogers, F.(2000). Using a teaching model to correct known misconceptions in electrochemistry: Journal of chemical education, 77, 104-110.

Morikawa, T.,& Williamson, B. E.(2001).

Model for teaching about electrical neutrality in electrolyte solutions: *Journal of chemical education*, 78(7), 934–936.

Ogude, N. A., & Bradly, J. D.(1994). Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical cells: *Journal of chemical education*, 71(1), 29–34.

Ogude, N. A., & Bradly, J. D.(1996). Electrode processes and aspects relating to cell emf, current, and cell components in operating electrochemical cells: *Journal of chemical education*, 73(12), 1145–1149.

Ozkaya, A. R. (2002). Conceptual difficulties experienced by prospective teachers in electrochemistry : Half-cell potential, cell potential, and chemical and electrochemical equilibrium in galvanic cells: *Journal of*

chemical education, 7, 735–738.

Sanger, M. J. & Greenbowe, T. J.(1997a). Common student misconceptions in electrochemistry : Galvanic, electrolytic, and concentrations cells: *Journal of research in science teaching*, 34, 377–398.

Sanger, M. J. & Greenbowe, T. J.(1997b). Students misconceptions in electrochemistry : Current flow in electrolyte solutions and the salt bridge: *Journal of chemical education*, 74, 819–823.

Sanger, M. J. & Greenbowe, T. J.(1999). An analysis of college chemistry textbooks as sources of misconceptions and errors in electrochemistry : *Journal of chemical education*, 76, 853–860.