creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

**저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.**

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

교육학박사 학위논문

# 고등학교 전자기 단원 수업과 연계한 온라인 질의응답 활동에서 지식의 공동 구성 분석

2019년 2월

서울대학교 대학원

과학교육과

진 수 영

# 고등학교 전자기 단원 수업과 연계한 온라인 질의응답 활동에서 지식의 공동 구성 분석

지도교수 유 준 희

이 논문을 교육학박사 학위논문으로 제출함

2019 년 1월


서울대학교 대학원

과학교육과 물리전공

진 수 영


진수영의 교육학박사 학위논문을 인준함

2019 년 1 월

위 원 장 송 진 웅 (인)

부 위 원 장 유 준 희 (인)

위 원 최 승 언 (인)

위 원 채 승 철 (인)

위 원 이 민 백 (인)

# 초 록

지식 구성은 개인이 새로운 정보를 접할 때, 새로운 정보에 대해 추론하고, 기존의 지식에 새로운 관점을 취하고, 세부사항을 추가하여 새로운 정보를 정교하게 하고, 새로운 정보와 기존 지식 사이의 관계를 형성함으로써 새로운 정보나 기존 지식을 재구성하여 더 깊이 이해하는 것이다. 학생들이 온라인 환경에서 학생들이 서로 질문하고 답을 찾는 과정에서 자신의 지식을 표현하고, 표현한 지식을 공유하고, 공유한 지식을 서로 연결하여 합의에 도달하는 것은 지식을 함께 구성하는 활동으로 볼 수 있다. 이에 본 연구는 고등학교 전자기 단원 수업과 연계한 온라인 질의응답 활동에서 학생들이 어떤 방식으로 지식을 공동 구성하는지 유형을 파악하고 지식의 공동 구성에 도움이 되는 질문과 댓글의 특징을 밝히고자 하였다.

이를 위하여 고등학교 2학년 물리 전자기장 단원에서 6차시 수업을 진행하면서 온라인 주석 시스템에 교과서를 올리고 152명의 학생이 함께 질문하며 답을 찾는 온라인 질의응답 활동을 수행하였고 질문과 댓글로 이뤄진 445개의 쓰레드를 분석하였다.

구성주의적 관점에서 학생들의 질의응답의 특징으로 질문의 목적에 따라 확인형과 탐구형으로 분류할 수 있고 비슷한 비율로 능동적 의미 구성을 시도하였다. 사전 지식과 경험을 표현함에 있어 오개념, 변인 사용, 논리적 표현을 통해 자신의 개념을 드러내고 현상을 설명하였다. 상호작용을 확인하기 위해 질문 평가, 댓글 평가, 글의 길이를 분석하였고, 질문보다 댓글에 조금 높은 점수를 주었으며, 글이 너무 짧으면 부정적으로 평가하였다. 오개념이 없고, 변인이 사용되고, 논리적으로 표현된 질문과 댓글이 좋은 점수를 받았다.

온라인 질의응답 활동에서 지식 구성을 확인하기 위해 개념과 현상 설

명을 기준으로 질의응답의 수준을 재진술, 추측, 가설, 설명, 추론으로 구분하였을 때 가장 낮은 수준인 재진술이 가장 많이 나타났다. 교과서 내용에 따라 실험, 법칙, 그림 모형, 적용 별로 비교한 결과 실험과 법칙에서 질문의 수가 많고 높은 수준의 질문과 댓글이 나타났지만 오개념을 포함한 댓글도 많았다. 댓글이 없는 질문은 개념과 현상 설명이 포함되지 않거나 그 수준이 낮았다.

학생들이 지식을 공동 구성하는 방식으로 질문에서 개념 표현 부재, 개념과 현상 갈등, 개념과 개념 갈등, 현상과 현상 갈등에 해당하는 유형이 있다. 각 유형 별로 관련된 새로운 물리 개념을 추가하여 기존 개념을 정교화하거나 개념과 개념사이의 연결을 보충하여 관계를 형성하는 댓글을 달거나 또는 기존 현상과 친숙한 현상을 연결시켜 개념을 설명하는 댓글과 새로운 현상을 통해 기존 개념에 새로운 관점을 제공하는 댓글이 나타났다.

온라인 질의응답 활동은 질문과 댓글을 통해 능동적으로 의미를 구성하는 활동으로 물리적 변인 사용, 법칙과 공식 사용, 논리적 표현과 같은 과학적 설명을 이용해 자신의 사전 지식과 경험을 표현할 때 상호작용에 긍정적이고 보다 높은 수준에서 지식 구성이 나타났다. 질문에서 개념과 현상의 표현 여부와 갈등 방식에 따라 댓글에서 친숙한 현상을 설명하고 관련된 개념을 확장하여 학생들이 지식을 공동 구성하는 과정을 확인하였다. 온라인 질의응답 활동의 유의미한 학습을 위해 학생들이 변인, 법칙과 공식, 논리적 표현을 사용해 질문하고 댓글을 다는 것이 중요하다. 이 때 지식의 공동 구성 관점에서 상대가 표현한 개념을 논리적으로 연결하고 확장하며, 친숙한 현상으로 기존 개념을 정교화하는 것이 중요하다.

주요어: 온라인 질의응답, 전자기, 사회적 주석달기, 지식 구성, 지식의 공동 구성
학 번: 2016-21787

# 목 차

Ⅰ. 서 론 ····· 1
1.1. 연구의 배경 ····· 1
1.2. 연구의 목적 ····· 4
1.3. 연구 과정의 개요 ····· 5
1.4. 용어의 정의 ····· 7
1.4.1. 온라인 질의응답 활동 ····· 7
1.4.2. 지식의 구성 ····· 7
1.4.3. 질의응답 수준 ····· 8
1.4.4. 지식의 공동 구성 ····· 9
1.5. 연구의 한계 ····· 11

Ⅱ. 선행 연구와 이론적 논의 ····· 12
2.1. 온라인 질의응답 활동 ····· 12
2.1.1. 과학 학습에서 질문 ····· 12
2.1.2. 질문의 유형 ····· 15
2.1.3. 질의응답에서 지식 구성 ····· 19
2.2. 지식의 공동 구성 ····· 27
2.2.1. 지식의 공동 구성에 영향을 준 이론 ····· 27
2.2.2. 지식의 공동 구성 유형 ····· 29
2.2.3. 온라인 질의응답 활동에서 지식의 공동 구성 ····· 34

Ⅲ. 연구 방법 ····· 39
3.1. 연구 대상 ····· 39
3.2. 전자기장 수업의 구성 ····· 40
3.2.1. 전자기장 단원의 수업 구성 ····· 40
3.2.2. 온라인 질의응답 활동 ····· 42
3.3. 자료 수집과 분석 ····· 43

Ⅳ. 연구 결과 및 논의 ····· 44
4.1. 학생 질문과 댓글의 분류와 특징 ····· 44
4.1.1. 질문 목적의 특징 ····· 47
4.1.2. 학생 질문에서 드러난 오개념 ····· 49
4.1.3. 질문에서 사전 지식의 표현 ····· 51
4.1.4. 질문에서 변인 사용 ····· 53
4.1.5. 질문에서 논증을 포함 ····· 55
4.1.6. 학생들의 질문 평가 결과 분석 ····· 58
4.1.7 학생 댓글의 특징 ····· 67
4.1.8. 학생 댓글에서 드러난 오개념과 댓글 오류 ····· 68
4.1.9. 댓글에서 출처의 사용 ····· 72
4.1.10. 댓글에서 변인 사용 ····· 74
4.1.11. 댓글에서 논증 사용 ····· 75
4.1.12. 학생들의 댓글 평가 결과 분석 ····· 77
4.2. 학생의 질문과 댓글의 수준 ····· 86
4.2.1. 교과서 전자기장 단원 구성과 활동 구분 ····· 86
4.2.2. 실험에서 질문과 댓글 수준 ····· 88

4.2.3. 물리 법칙에서 질문과 댓글 수준 ····· 94
4.2.4. 그림 모형에서 질문 분석 ····· 99
4.2.5. 물리 적용에서 질문 분석 ····· 102
4.2.6. 교재의 구성에 따른 질문과 댓글 수준 ····· 105
4.3. 사회적 주석달기활동에서 지식의 공동 구성 ····· 107

**Ⅴ. 결론 ····· 115**
5.1. 요약 ····· 115
5.2. 결론 및 제언 ····· 118

**참고문헌 ····· 119**
**부록 ····· 124**
**Abstract ····· 131**

# 표 목차

표 2-1. 질문 분석 항목과 분석 기준 ····· 14
표 2-2. 연구자별 질문 유형 분류(기능 차원) ····· 17
표 2-3. 질문 유형 분류(내용 차원) ····· 18
표 2-4. 연구자 별 지식 구성 수준 ····· 22
표 2-5. King(1994) 질문하기 가이드 ····· 23
표 2-6. King(1994)의 질문 만들기와 지식 구성 분석틀 ····· 24
표 2-7. 구성 수준에 따른 질문과 댓글의 수준과 기준 ····· 26
표 2-8. Fischer(2002)의 지식의 공동 구성의 수준과 내용 수준 ····· 30
표 2-9. Fischer(2006)의 논쟁적 지식 구성에서 사회적 차원의 범주 ····· 36
표 3-1. 전자기장 단원의 수업 구성 ····· 40
표 3-2. 온라인 질의응답 활동을 포함한 수업의 진행 ····· 41
표 4-1. 질문 대상의 분류와 질문 분포 ····· 44
표 4-2. 질문 대상에 따른 학생의 질문 평가 점수 평균 ····· 45
표 4-3. 질문 분석 항목과 분석 기준 ····· 46
표 4-4. 질문 유형 ····· 47
표 4-5. 오개념과 오류를 포함한 질문 ····· 50
표 4-6. 사전 지식을 표현한 질문 ····· 51
표 4-7. 질문 유형에 따른 변인의 종류 ····· 53
표 4-8. 질문에서 사용된 논증의 종류 ····· 57
표 4-9. 학생의 질문 평가 점수 분포 ····· 58
표 4-10. 질문의 글자 수와 학생의 질문 평가 점수 ····· 61
표 4-11. 질문의 글자 수와 학생의 질문 평가 점수의 관계 ····· 63
표 4-12. 오류가 있는 질문과 오류가 없는 질문에 대한 T검정 결과 ····· 64

표 4-13. 사전지식을 표현한 질문과 아닌 질문에 대한 T검정 결과 ····· 64
표 4-14. 변인이 있는 질문과 없는 질문에 대한 T검정 결과 ····· 65
표 4-15. 논증이 있는 질문과 없는 질문에 대한 T검정 결과 ····· 66
표 4-16. 댓글 대상의 분류와 댓글 만족도 ····· 67
표 4-17. 댓글 분석 항목과 분석 기준 ····· 68
표 4-18. 오개념과 오류를 포함한 댓글 ····· 70
표 4-19. 출처를 포함한 댓글 ····· 72
표 4-20. 학생의 댓글 평가 점수 분포 ····· 77
표 4-21. 댓글의 글자 수와 학생의 질문 평가 점수 ····· 80
표 4-22. 댓글의 글자 수와 학생의 댓글 평가 점수의 관계 ····· 82
표 4-23. 오류가 있는 댓글과 오류가 없는 댓글에 대한 T검정 결과 ····· 83
표 4-24. 변인이 없는 댓글과 변인이 있는 댓글에 대한 T검정 결과 ····· 83
표 4-25. 논증이 없는 댓글과 논증을 포함한 댓글에 대한 T검정 결과 · 84
표 4-26. 학생 댓글 평가 점수에 대한 다중 회귀분석 결과 ····· 85
표 4-27. 밴더그래프 실험-소재 키워드에서 댓글의 수준 ····· 91
표 4-28. 밴더그래프 실험-마찰전기 키워드에서 댓글의 수준 ····· 92
표 4-29. 실험관련 질문과 댓글의 수준 분포 ····· 93
표 4-30. 쿨롱법칙 키워드에서 댓글의 수준 ····· 97
표 4-31. 법칙 관련 질문의 수준 ····· 98
표 4-32. 그림 관련 질문의 수준 ····· 101
표 4-33. 적용 관련 질문의 수준 ····· 104
표 4-34. 교재 구성 별 질문 수준의 분포 ····· 105
표 4-35. 교재 구성 별 옳은 댓글 수준의 분포 ····· 105
표 4-36. 교재 구성 별 틀린 댓글 수준의 분포 ····· 106
표 4-37. 교재 구성 별 댓글 없는 질문의 분포 ····· 106

# 그림 목차

그림 1. 연구 과정의 개요 ····· 6
그림 3-1. 온라인 질의응답 시스템 ····· 42
그림 4-1. 교과서 전기장과 전기력선 단원의 구성 ····· 87
그림 4-2. 밴더그래프 정전기 실험에서 질문 분석 ····· 89
그림 4-3. 공중부양 개구리 실험에서 질문 분석 ····· 90
그림 4-4. 쿨롱의 법칙 질문 분석 ····· 95
그림 4-5. 패러데이 전자기 유도 법칙 질문 분석 ····· 96
그림 4-6. 전기력선 그림 모형 질문 분석 ····· 100
그림 4-7. 접지에 관한 물리 적용 질문 분석 ····· 103
그림 4-8. 12번 질의응답 내용 ····· 108
그림 4-9. 31번 질의응답 내용 ····· 109
그림 4-10. 23번 질의응답 내용 ····· 110
그림 4-11. 404번 질의응답 내용 ····· 112
그림 4-12. 16번 질의응답 내용 ····· 113

# Ⅰ. 서 론

## 1.1. 연구의 배경

우리는 항상 질문을 하고 답을 한다. 질문의 대상은 거의 모든 것이며 답변도 다양하다. 그러나 일상의 질문과는 달리 교육이라는 특수한 목적이 있는 상황에서 질문과 답을 하는 과정은 특별한 노력과 방법을 필요로 할 것이다(Dillon, 1983). 이러한 노력에 대해 다양한 연구자들이 교사의 발문, 교사와 학생의 담화와 같은 학습 주체와 관계에 따라 질문과 답변에 대한 연구를 진행하였고 수업과 토론, 실험과 같은 학습 상황별로 분석을 하였다(정민수, 2007). 전통적인 학습 상황에 이어 최근에는 웹과 온라인을 통한 학습이 확대되어 활발한 연구가 진행되고 있다. 온라인이란 특성은 비대면적이고 비동기적인 특성이 적용되어 기존의 학습 조건과 차이가 발생하므로 이런 상황에서 질문과 답변 활동 또한 다른 양상을 보일 것이라 생각이 된다.

학생들은 학습 과정에서 다양한 의문을 갖게 되고 이를 해결하기 위해 질문을 하고 답을 찾아야 한다. 이 과정에서 교사와 동료의 도움을 받기도 하며 학습 자료와 인터넷을 활용해 답을 찾아야 한다. 과거에는 답을 찾기 위한 방법이 교사와 동료 학생, 학습 자료로 한정돼 있었다면, 이제는 인터넷과 온라인을 이용한 적극적인 참여와 상호작용이 가능하며 이에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다(Greenhow, Robelia, & Hudges, 2009). 온라인 질의응답 시스템(Social Annotation System)을 통해 학생들은 교재의 특정 부분을 표시하여 질문하고 다른 학생들은 질문을 보고 답을 할 수 있으며 또 다른 학생은 서로의 글을 보고 토론에 참여할 수 있다(Gao,

2013). 그러나 지금까지의 온라인 질의응답 활동에 대한 연구는 참여와 상호작용을 늘리는 것에 주안점을 두었고 교과의 특성을 반영하지 못했다. 물리학습이라는 상황을 고려한 학습 내용과 학습 방법에 따른 학생 활동의 특성을 바탕으로 유의미한 질의응답 활동이 일어나도록 지도하는 것이 중요하다.

물리학습과정은 학습 자료를 제공하고 교사가 지식을 전달하는 것으로 해결되지 않으며 가르치는 것과 학생이 배우는 것의 차이가 발생하므로 학생들은 다양한 어려움을 겪는다(이경호, 2007). 이런 어려움은 학생이 질문을 하게하는 원인 중 하나가 되며 질문을 해결하는 것은 물리 학습의 어려움을 해결하는 중요한 방법일 것이다. 또한 학생들이 질문에 답을 찾는 과정도 마찬가지로 물리학습의 중요한 과정이다. 학생들이 바르게 질문하고 정확한 답을 스스로 찾는 것이 가장 이상적인 질의응답 활동이겠지만 불완전하고 좁은 지식 구조를 가지고 배우는 과정에 있는 학생들이 이렇게 하는 것은 어려운 일이며 분명 활동에 한계가 있다.

학생들이 서로 질문하고 답을 찾는 과정에서 학생들은 자신의 사전 지식과 개인 경험을 사용하고(Resnick, 1987), 기존의 지식을 재구성하는 과정을 따르며 이런 지식 구성은 내적 인지 과정이므로 이를 확인하기 위한 과정 자료와 지표가 필요하다(King, 1994). 온라인상에 학생들이 직접 글로 표현한 질문과 댓글은 학생들이 자신의 생각을 정리하여 외부로 드러낸 것이기 때문에 이를 과정 자료로 볼 수 있고 질의응답에 대한 수준을 지표로 하여 지식 구성의 과정을 확인할 수 있다.

온라인상에서 참여와 상호작용을 통해 서로의 지식 구성에 영향을 주는 활동은 지식의 공동 구성의 과정으로 볼 수 있다. 교사의 강의나 뛰어난 실력을 가진 학생의 지도와 달리 비슷하거나 약간의 수준 차이를 보이는 학생들 사이의 상호작용이 학생의 성취에 긍정적인 영향을 준 연구와 같

이 온라인 질의응답 활동을 통한 지식의 공동 구성은 학생들의 근접 발달 영역(Zone of proxial development)에서 효과를 기대할 수 있다 (Dillenbourg el al., 1995). 온라인 질의응답 활동을 단순히 질문과 답을 찾는 것이 목적이 아닌 질문과 댓글의 상호작용을 통해 지식을 표현하고 확장하며 갈등과 통합의 과정을 경험하도록 이끄는 것이 학생들의 지식 구성에 유의미한 도움이 될 것이다.

따라서, 본 연구에서는 학생들이 물리수업과 연계한 온라인 질의응답활동에서 학생들의 지식의 공동 구성에 기여하는 질문과 댓글의 특징을 도출하고자 한다.

## 1.2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 고등학교 물리수업과 연계한 온라인 질의응답 활동에서 학생들의 지식의 공동 구성에 기여하는 질문과 댓글의 특징을 도출하고자 한다.

이를 위하여 전자기장 단원에서 학생 질문과 댓글의 특징을 파악하고 지식 구성 연구를 바탕으로 온라인 질의응답 활동의 수준을 구분하였다. 질문 수준과 댓글 수준의 관계와 질의응답 내용의 합치 여부를 통해 지식의 공동 구성에 대한 기준을 정하고 각 유형별로 공동 구성에 기여하는 학생 질문과 댓글의 특징을 해석하였다.

1. 전자기장 단원에서 학생 질문과 댓글의 특징은 무엇인가?

2. 온라인 질의응답 활동에서 지식 구성의 관점에서 학생들의 질문과 댓글의 수준은 어떠한가?

3. 온라인 질의응답 활동에서 학생들의 지식의 공동 구성에 기여하는 학생 질문과 댓글의 특징은 무엇인가?

## 1.3. 연구 과정의 개요

본 연구를 진행하기 위해 온라인 질의응답이 갖는 의미를 조사하고 질문의 유형과 수준에 대한 연구와 과학 학습에서 질의응답의 특징에 대한 선행 연구를 조사하였다. 이를 바탕으로 학생들의 온라인 질의응답의 특징을 찾기 위한 기준을 정하였다.

연구를 위한 데이터를 얻기 위해 남자 고등학교 2학년 학생 8개 반을 대상으로 온라인 질의응답을 포함하는 물리 수업을 구성하고 전자기장 단원의 교재를 사회적 주석달기 시스템에 올린 후 6차시에 걸쳐 수업을 진행하고 학생들이 온라인 질의응답 활동을 하도록 지도하였다. 이 때 학생들은 댓글을 달면서 머리말로 질문을 평가하고, 나중에 질문을 한 학생은 댓글이 도움이 되었는지를 댓글 및 에 다시 댓글로 점수를 달도록 하였다.

연구 1에서는 학생들 질문과 댓글의 특징을 파악하기 위해 학생의 질문을 확인과 탐구 유형, 과학적 사실과 오개념, 사전지식의 표현, 변인의 사용, 논리적 표현, 질문의 길이에 대해 분석하고 학생의 질문 평가와 비교하였다. 댓글의 특징을 파악하기 위해 댓글을 과학적 사실과 오개념, 출처와 근거 제시, 변인 사용, 논리적 표현, 댓글의 길이를 분석하고 학생의 댓글 만족도와 비교하였다.

연구 2에서는 질문과 댓글의 수준을 파악하기 위해 지식 구성 관점에서 질의응답 평가 기준을 만들고 질문과 댓글을 진술, 추측, 가설, 설명, 추론으로 구분하여 분석하였다.

연구 3에서는 질문과 댓글의 수준과 상호작용의 유형에 따라 지식의 공동 구성의 수준을 지식 표현, 지식 확장, 지식 갈등, 지식 통합으로 구분하고 지식의 공동 구성에 기여하는 질문과 댓글의 특징을 해석하였다.

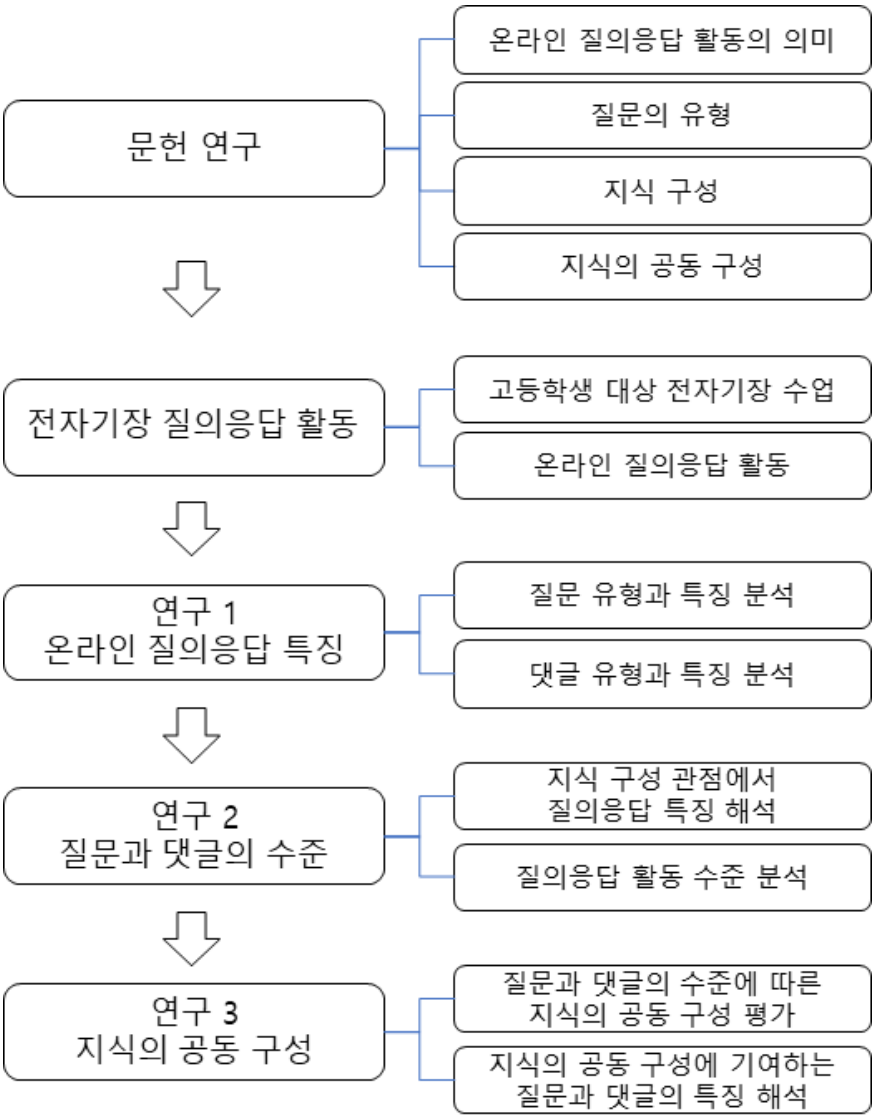

문헌 연구
온라인 질의응답 활동의 의미
질문의 유형
지식 구성
지식의 공동 구성
전자기장 질의응답 활동
고등학생 대상 전자기장 수업
온라인 질의응답 활동
연구 1
온라인 질의응답 특징
질문 유형과 특징 분석
댓글 유형과 특징 분석
연구 2
질문과 댓글의 수준
지식 구성 관점에서
질의응답 특징 해석
질의응답 활동 수준 분석
연구 3
지식의 공동 구성
질문과 댓글의 수준에 따른
지식의 공동 구성 평가
지식의 공동 구성에 기여하는
질문과 댓글의 특징 해석

그림 2 연구 과정의 개요

## 1.4. 용어의 정의

### 1.4.1. 온라인 질의응답 활동

기존의 온라인 질의응답 활동은 게시판 형태의 시스템에서 질문하고 댓글을 다는 형태로 진행된다. 본 연구에서는 소셜 미디어의 하나인 사회적 주석달기 시스템을 활용했다(Gao, 2013). 소셜 미디어는 자신의 생각과 의견, 경험, 관점 등을 서로 공유하기 위해 사용하는 개방화된 온라인상의 콘텐츠이다(고려대 민족문화연구원, 2009).

따라서 본 연구에서 정의한 온라인 질의응답 활동은 웹에 업로드 된 교재에 직접 질문할 영역을 지정하고 주석을 달면 시스템에 접속한 다른 사용자가 함께 내용을 공유하며 댓글을 달 수 있는 활동이다.

### 1.4.2. 지식의 구성(Knowledge Construction)

구성주의 학습 관점에 따르면 학생이 새로운 정보를 이해하기 위해서 자신의 사전 지식과 개인적 경험을 사용하여 의미를 형성하며 이 과정에서 새로운 정보에 대한 추론과 기존 지식에 대한 관계를 재구성하고 정교화를 사용하며 이를 지식의 구성으로 본다(Resnick, 1987; Brown & Campione, 1986; Brown et al., 1983). 지식 구성을 확인하기 위한 지표에는 단순한 정보 재진술(Simple restatements) 및 자료의 의역(Paraphrasing)이 포함될 수 있지만, 복잡한 지식 구성은 설명(Explanation), 추론(Inference), 정당화(Justification), 가설(Hypothesis), 추측(Speculation) 등에 의해 표시된다(Chan, Burtis, Scardamalia, 1992; King & Rosenshine, 1993)

### 1.4.3. 질의응답 수준(Level of Question and Answer)

학생들의 상호작용과 지식 구성을 확인하기 위해 질문 유형을 나눌 수 있다. King(1994)은 학생들의 상호작용과 지식 구성을 확인하기 위해 통합 질문(Integration question), 이해 질문(Comprehension question), 사실 질문(Factual question)의 세 가지 질문 수준을 제시하였다.

본 연구에서는 온라인 질의응답의 특징과 지식 구성의 지표를 참고하여 질의응답의 수준을 진술, 추측, 가설, 설명, 추론으로 나누어 분석하였다.

① 진술은 학생의 사전 지식과 경험이 표현 되지 않은 질문과 댓글 수준이다.

② 추측은 단순한 가정과 같이 불완전한 근거가 사전 지식과 경험으로 사용된 질문과 댓글 수준이다.

③ 가설은 사전 지식과 경험으로 과학적 변인을 사용하여 가정하는 질문하고 댓글 쓴 수준이다.

④ 설명은 사전 지식과 경험으로 과학적 사실과 법칙과 공식을 사용한 질문과 댓글 수준이다.

⑤ 추론은 사전 지식과 경험으로 과학적 사실과 법칙과 공식을 논리적 구조를 가지고 사용한 질문과 댓글 수준이다.

본 연구에서 진술과 추측은 낮은 수준의 지식 구성 단계이고 가설과 설명과 추론은 높은 수준의 지식 구성 단계로 구분하였다.

### 1.4.4. 지식의 공동 구성(Co-construction of Knowledge )

본 연구에서 정의한 지식의 공동 구성이란 기능적 측면에서 학생들이 자신의 사전지식과 경험을 표현하여 이를 공유하는 지식 구성 과정이며, 내용적 측면에서 사전지식과 경험을 통합하는 것이다. 지식의 공동 구성(Co-construction of Knowledge), 협력적 지식 구성(Collaborative Knowledge Construction)은 협동 학습과 관련된 과정을 기술하는 연구에서 일반적으로 사용되는 용어이다(Dillenbourg, Baker, Blaye, & O'Malley, 1995 ; Nastasi & Clements, 1992; Roschelle, & Teasley, 1995). 지식의 공동 구성에 영향을 준 사회 구성주의적 관점, 사회 문화적 관점, 상황 인지적 관점을 배경으로 서로 다른 패러다임을 가지고 연구가 진행되어 연구 방법에서 접근 방식에 차이를 보이지만 효과, 조건, 상호작용의 세 가지 측면에서 결과를 살펴볼 수 있다(Dillenbourg, Baker, Blaye & O'malley, 1996).

본 연구에서는 상호작용 측면을 바탕으로 분석을 하였다. 경험적으로나 이론적으로 상호작용을 기술하는데 있어 학습 조건 및 학습 결과와 관련된 중간 변수(intermediate variables)를 찾는 것이 중요하지만 어려움이 있다(Webb, 1991). 상호작용을 확인하는 한 가지 방법은 설명(Explanation)으로 한 학습자가 다른 학습자에게 제공하는 도움을 얼마나 정교하게 제공하는지 평가하는 것이다(Webb, 1991). 또한 현대 구성주의 학습 이론은 개인이 새로운 정보를 접할 때, 그 새로운 자료를 이해하는데 도움을 주기 위해 자신의 사전 지식과 개인적인 경험을 사용한다고 주장한다(Resnick, 1987). 따라서 지식의 공동 구성을 분석하기 위해서는 학생들이 질문하고 댓글의 다는 과정에서 자신의 지식과 경험과 생각을 표현하는 것을 바탕으로 분석이 가능하다.

지식의 공동 구성 과정 (Processes of collaborative knowledge construction)에 대하여 Fischer et al.,(2002)는 기능적 측면에서 작업 관련 지식의 외적표현(Externalization of task-relevant knowledge), 작업 관련 지식의 추출(Elicitation of task-relevant knowledge), 갈등 기반 합의(Conflict-oriented consensus building), 통합지향 합의(Integration-oriented consensus building)의 4 가지 과정으로 분석하였다. King(1994)은 복잡한 지식 구축의 모든 지표를 지식 통합(Knowledge integration), 지식 동화(Knowledge assimilation), 지식 재진술(Knowledge restating) 3 가지 수준으로 분석하였다.

본 연구에서는 기존 연구와 질의응답의 관계를 바탕으로 구성 실패, 지식 표현, 지식 확장, 지식 갈등, 지식 통합으로 수준으로 구분하였다.

① 구설 실패는 질문과 댓글에서 사전지식과 경험의 표현이 없으며 내용적으로 결론의 일치여부를 판단하는 것의 무의미한 수준이다.

② 지식 표현은 질문에서만 사전지식과 경험이 표현되었으며 내용적으로 결론의 일치여부를 판단하는 것이 무의미한 수준이다.

③ 지식 확장은 댓글에서만 사전지식과 경험이 표현되었으며 내용적으로 결론의 일치여부를 판단하는 것이 무의미한 수준이다.

④ 지식 갈등은 질문과 댓글에서 사전지식과 경험이 표현되었지만 내용적으로 다른 결론이 나타난 수준이다.

⑤ 지식 통합은 질문과 댓글에서 사전지식과 경험이 표현되었고 내용적으로도 일치된 결론이 나타난 수준이다.

## 1.5. 연구의 한계

본 연구는 고등학교 물리수업과 연계한 온라인 질의응답활동에서 학생들의 지식의 공동 구성에 기여하는 질문과 댓글의 특징을 도출하고자 하였다. 그러나 본 연구는 다음과 같은 한계를 지니고 있다.

첫째, 본 연구 대상이 한정적이고 임의로 선정되지 않았으므로 연구 결과를 일반화 할 수는 없다. 서울 소재 한 학교 급의 남자 고등학교 학생이 대상으로 학생들의 학업 성취 수준이나 학생의 물리 학습에 대한 태도와 흥미와 같은 요인들을 통제하지 않았으므로 이 부분에 있어 추후 연구가 필요하다.

둘째, 본 연구의 연구 방법 학생들이 사회적 주석달기 시스템에 접속해 온라인상에서 질의응답을 실시하고 이 결과를 분석한 것으로 학생들이 자율적으로 행동하는 것이 아닌 교사의 수업과 관련된 지시에 의해 참여를 한 것이다. 따라서 학생들이 자유롭게 질문하고 답하기 보다는 의도적으로 질문을 만들기 위한 노력과 대답을 찾기 위한 노력이 반영되었다.

셋째, 본 연구의 결과는 고등학교 2학년 물리 2단원 전자기장 단원에 국한하여 분석을 진행한 것이다. 따라서 연구 결과는 단원과 주제에 따라 달라질 수 있다.

# Ⅱ. 선행 연구와 이론적 논의

## 2.1. 온라인 질의응답 활동

이 절에서는 문헌 연구를 통해 과학 학습이라는 맥락에서 학생의 질의응답 활동이 갖는 중요성과 특징을 파악하고 온라인 질의응답 활동 분석에 필요한 시사점을 도출하고자 하였다.

### 2.1.1. 과학 학습에서 질문

우리는 생활 속에서 궁금함을 해결하기 위해 쉽게 질문을 하며 질문의 의미와 방법에 대해서는 크게 고민하지 않는다. 그러나 교육이라는 범위 안에서 질문은 특별한 의미를 갖게 되며 질문하고 답을 찾는 과정은 교육적 성취를 이뤄가는 과정에서 빼놓을 수 없는 활동이다. 따라서 질문과 답을 찾는 과정에 목적을 가지고 활동을 진행하는 것이 중요하며 이 활동의 의미와 효과에 대한 논의가 중요하다. 학습 상황에서 학생 질문의 효과를 살펴보면 학생 스스로 만든 질문이 학생의 사고를 자극하고(Dillon, 1982), 학생들 사이의 의사소통을 확산하고 학생들 사이의 상호작용을 증가시킨다(Dillon, 1990; Lemke, 1990). 또한 학생의 질문을 분석하면 학생의 사고와 개념의 상태를 파악할 수 있고(Watts & Alsop, 1995), 교사는 이를 활용하여 수업에 적절한 조치를 취할 수 있게 된다.

과학 학습이라는 상황에서 질문도 하나의 중요한 학습 과정이며 중요한 도구이므로 질문하는 방법에 대해서 고민할 필요가 있다. 학생들은 의례 궁금한 것, 이해가 되지 않는 것에 대해 간결하고 직접적인 질문을 선호하

지만 보다 높은 수준의 사고와 성취를 위해서는 정교하고 잘 훈련된 질문이 필요하다. 이런 유형의 질문을 통해 학생들은 반성적 사고하고 비판적 사고력을 키우며 개념의 이해를 가능하게 한다(김성근, 1988; White & Gunstone, 1992; Woodward, 1992). 특히 불일치 상황을 통한 인지갈등은 학생들이 확장된 질문을 가능하게 한다(김성근, 1998).

과학 학습과 관련된 여러 연구 줄기가 학생들의 질의응답 활동에도 드러날 수 있다. 대표적인 과학교육의 연구 주제로 오개념 연구(송진웅, 2004; 이을수, 2008; 홍명수, 2009), 사전지식((Anderson & Biddle, 1975; Hamaker, 1986; 배수정, 2017), 과학적 논증과 논리 연구(박종원, 1998; 권용주, 2003; 이명자, 1996), 과학 개념과 법칙(정용욱, 2014; 김민철, 2016), 과학 탐구와 변인 설정(유준희, 2012)에 관한 연구들이 있으며 이는 학생들의 질의응답의 특징을 분석할 때 중요한 시사점을 줄 수 있다.

표 2-1. 질문 분석 항목과 분석 기준

| 질문 분석 항목 | 세부 항목 | 분석 기준 |
|---|---|---|
| 질문 목적 | 확인 | 교육과정 안의 내용에 대한 질문 |
| | 탐구 | 교육과정을 벗어난 질문 |
| 과학적 사실 | 오개념 | 과학적으로 틀린 개념과 지식 |
| | 과학적 개념 | 과학적인 개념과 지식 |
| 사전지식의 표현 | 교재의 내용 | 교과서와 같은 출처를 표현 |
| | 학생 지식 | 학생의 개인의 사전 지식 |
| | 확답형 | 궁금한 내용을 확인하는 질문 |
| 변인 사용 | 물리 변수 | 물리 학습과 관련된 개념 |
| | 일상 변수 | 크기, 길이, 방향과 같은 일상의 변수 |
| 논리적 표현 | 귀납 | 관찰 결과로 일반화 시도 |
| | 연역 | 법칙과 원리로 적용 |
| | 귀추 | 그럴듯한 추리 |
| | 유추 | 비슷한 상황을 비교 |

### 2.1.2. 질문의 유형

이 절에서는 문헌 연구를 통해 학생 질문을 분석하기 위한 항목을 찾고 분류를 위한 기준을 도출하고자 한다.

질문 유형 분류는 목적과 기준에 따라 다양하게 나타나는데 질문에 대한 응답을 예상한 분류와 질문에서 사용된 사고 유형에 따른 분류 등 연구자에 따라 다양하지만 질문의 수준을 구분하는 경우가 많다(이명숙 & 송진웅, 2002).

Harper 등(2003)은 물리학 수업을 듣는 대학생에게 질문 만들기 과제를 주고 질문의 수준과 이해도를 측정하였는데 이때 질문의 수준은 학생들이 질문에 쉽게 대답할 수 있는 지 난이도를 기준으로 삼았다. 또한 질문의 주제별로 공식(equation), 개념(concept), 적용(application), 이해(knowing), 실험(experiment), 제약(limitation)으로 나누어 난이도와 함께 코딩한 결과 질문의 질이 높을수록 개념 이해도가 높았다(Harper, 2003).

Scardamalia와 Bereiter(1992)는 주어진 교재에서 질문에 답을 찾을 수 있는 자료 기반 질문(text-based question)과 개인의 사전 지식을 활용하는 지식 기반 질문(knowledge-based question)으로 구분하고 배수정(1994)도 비슷하게 학습의 목적을 기준으로 주어진 범위의 내용을 이해해야 하는 확증적 질문(confirmation question)과 주어진 정보로부터 새로운 아이디어나 정보를 찾도록 하는 탐색적 질문(exploratory question)으로 구분하고 자료 기반 질문과 확증적 질문을 낮은 수준으로 지식 기반 질문과 탐색적 질문을 높은 수준으로 구분하였다.

King(1994)은 단순한 사실이나 수업에서 다뤄진 내용에 대한 정보를 요구하는 사실 질문(Factual question)과 설명되었거나 정의된 과정이나 용

어에 대해 질문하는 이해 질문(comprehension question), 학생들이 두 가지 아이디어를 함께 연결하며 수업에서 배우는 것을 뛰어넘도록 생각을 유도하는 통합 질문(integration question)으로 구분하고 사실 질문을 낮은 수준으로 이해 질문과 통합질문을 높은 수준으로 구별하였다.

김성근(1998)은 논리에 맞지 않는 모순 질문, 학습과 관련이 없는 무관련 질문, 개념 습득 없이 반복적인 설명을 필요로 하는 회상(recall) 질문을 낮은 수준의 질문으로 불완전 하지만 개념학습을 바탕으로 다른 사례나 추가 설명을 요구하는 재구성(reframe) 질문, 구체적 적용을 요구하는 적용 질문, 추가 개념과 상위 개념에 대해 질문하는 확장 질문을 높은 수준의 질문으로 구분하였다.

Chin & Brown(2002)은 교과서 내용과 단순한 관찰에 간단한 정보 회상을 요구하는 사실적 질문과 실험 과정의 수행과 같은 절차적 질문을 기초 정보에 관련된 낮은 수준의 질문으로 두고 모르는 내용에 설명을 요구하는 이해 질문과 가설 검증과 유사한 예측 질문과 인지적 갈등이나 불일치로 발생하는 변칙발견 질문과 배운 내용의 구체적 사용을 묻는 적용 질문과 학습 내용에서 확장되는 방법을 찾는 개획과 방략 질문을 높은 수준의 질문으로 구분하였다.

Watts 등(1997)은 개념 변화에 따른 관점으로 학생 자신이 생각하는 것과 수업과제의 원리를 명확히 하고자 하며, 설명을 확인하고, 새로운 과학 개념에 대한 이해를 굳건히 하려고 하는 강화질문(consolidation)과 자신의 이해에 확신이 들 때 이웃영역으로 확장하려는 탐구질문(exploration)과 주장과 반대주장을 살피고, 사전지식과 경험을 정교화하고 시험해 보는 정교화질문(elaboration)으로 구분하였다.

표 2-2. 연구자별 질문 유형 분류(기능 차원)

| 질문 유형 / 연구자 | 낮은 수준의 질문 | 높은 수준의 질문 |
|---|---|---|
| Harper 외 (2003) | 대답하기 쉬운 질문<br>공식<br>개념 | 대답하기 어려운 질문<br>적용<br>이해<br>실험<br>제약 |
| Scardamalia & Bereiter (1992) | 자료 기반 질문 | 지식 기반 질문 |
| 배수정 (2017) | 확증적 질문 | 탐색적 질문 |
| King (1994) | 사실질문 | 이해질문<br>통합질문 |
| 김성근 (1998) | 모순<br>무관련<br>회상 | 재구성<br>적용<br>확장 |
| Chin & Brown (2002) | 사실적 질문<br>절차적 질문 | 이해질문<br>예측질문<br>변칙발견질문<br>적용질문<br>계획과 방략질문 |
| Watts 외 (1997) | 강화 질문 | 탐구 질문<br>정교화 질문 |

표 2-3. 질문 유형 분류(내용 차원)

| 질문 유형 / 연구자 | 낮은 수준의 질문 | 높은 수준의 질문 |
|---|---|---|
| Harper 외 (2003) | 공식<br>개념 | 적용<br>이해<br>실험<br>제약 |

### 2.1.3. 질의응답에서 지식 구성

구성주의적 관점에서 지식의 구성이란 개인이 새로운 정보를 접할 때, 개인은 새로운 정보에 대한 추론을 도출하고, 기존의 지식에 대한 새로운 관점을 취하며, 세부사항을 추가하여 새로운 자료를 정교하게 하고, 새로운 자료와 이미 기억에 남아 있는 정보 사이의 관계를 형성하는 방식으로 새로운 자료를 재구성하거나 기존의 지식을 재구성하여 더 깊이 이해하는 것이다(king, 1994; Resnick, 1987; Brown & Campione, 1986; Brown, Bransford, Ferrara, & Campione, 1983)

질문하고 답을 찾는 과정은 인지적 사고를 필요로 하기 때문에 지식 구성으로 설명할 수 있다. Brown(1989) 등은 활동(Activity)과 상황(Situation)이 인지(Cognition)와 학습(Learning)에 필수적이고 다른 활동에 대한 다른 생각이 다른 결과를 만들어내는지를 설명하면서, 모든 지식은 활동과 상황의 결과물로 언어와 같이 세계를 색인(Index)한다고 하였다. 모든 지식은 일상의 도구와 중요한 특징을 공유하는데 도구는 사용을 통해서만 완전히 이해할 수 있기 때문에 지식도 진정한 활동이 중요하고 활동은 경험을 제공하며 활동의 결과를 색인화(Indexicalized) 표현으로 설명할 수 있다(Brown, 1989). 색인화된 개념은 상황 지식을 나타내며(Brown, Collins, and Duguid, 1989) 따라서 지식의 구성 과정을 파악하기 위해서 학습자는 사전 지식, 경험을 표현해야한다. 또한 물리학습이라는 상황에서 물리 개념 지식의 사용과 확장을 파악하는 것 역시 지식 구성 과정을 살펴볼 수 있는 지표가 된다.

현대 구성주의 학습 이론은 개인이 새로운 정보를 접할 때, 그 새로운 자료를 이해하는데 도움을 주기 위해 자신의 사전 지식과 개인적인 경험을 사용한다고 주장한다(Resnick, 1987). 이러한 의미 형성 과정 동안, 개

인은 새로운 정보에 대한 추론을 도출하고, 기존의 지식에 대한 새로운 관점을 취하며, 세부사항을 추가하여 새로운 자료를 정교하게 하고, 새로운 자료와 이미 기억에 남아 있는 정보 사이의 관계를 형성할 수 있으며, 각 절차는 개인들이 새로운 정보를 재구성하거나 기존의 지식을 재구성하여 더 깊은 이해를 얻도록 돕는다(Brown & Campione, 1986; Brown, Bransford, Ferrara, & Campione, 1983). 지식 구성은 내부 인지 과정이기 때문에, 이 분야를 연구하는 연구자들은 지식 구성이 일어나고 있다는 외부의 징후를 찾아야 하며, 온라인 지식 구성의 명백한 징후는 프로세스 데이터를 분석해야 한다(king, 1994). 지식 구성의 지표에는 단순한 정보 재진술 및 자료의 의역이 포함될 수 있지만, 복잡한 지식 구축은 설명, 추론, 정당화, 가설, 추측 등에 의해 표시된다(Chan, Burtis, Scardamalia, 1992; King & Rosenshine, 1993)

지식의 구성과 관련된 인지 영역에 대해서 블룸의 분류법(Bloom's taxonomy)을 기준으로 아이디어나 자료를 기억하는 능력인 지식(Knowledge), 자료에 포함된 의미를 해석하는 능력인 이해(Comprehension), 추상적 내용을 구체적 상황에 사용하는 능력인 적용(Application), 자료의 위계와 구조가 잘 드러나도록 구성 요소로 파악하는 능력인 분석(Analysis), 요소와 부분을 전체로 모으는 능력인 종합(Synthesis), 가치를 판단하는 능력인 평가(Evaluation)로 구분하기도 한다(Bloom et al., 1956).

Krathwohl(2002)은 블룸의 분류법을 변형하여 지식의 구조 차원과 이지 과정 구조 차원으로 구분하였는데, 지식의 구조를 학습을 통해 반드시 알아야하는 용어와 세부 사항에 관한 사실 지식(Factual Knowledge), 분류나 범주와 원리와 일반화나 이론과 모델 및 구조와 같이 큰 구조에서 서로 기능을 갖는 요소인 개념 지식(Conceptual Knowledge), 질문 방법

이나 사용된 기술과 알고리즘과 방법에 대한 기준에 대한 과정 지식(Procedural Knowledge), 인지에 대한 일반적인 지식뿐만 아니라 자기의 인식에 대한 인식인 초인지 지식(Metacognitive Knowledge)의 유형으로 분류하고, 인지 과정의 구조를 장기 기억에서 관련 지식을 찾는 인식과 호출에 해당하는 기억(Remember), 자료의 의미를 결정하는 것과 관련하여 해석과 예시와 분류와 요약과 추론과 비교에 해당하는 이해(Understand), 주어진 상황에서 절차를 수행하는 실행과 구현에 해당하는 적용(Apply), 구성 요소로 분해하고 전체적인 구조나 목적과 관련성을 파악하기 위한 차별화와 구성과 귀인에 해당하는 분석(Analyze), 기준과 그에 따라 판단하기 위한 확인과 비평에 해당하는 평가(Evaluate), 요소들을 결합하여 새롭고 일관성 있는 결과를 만들기 위한 생성과 계획과 생산에 해당하는 창조(Create)의 수준으로 나누어 제안하였다.

Fischer(2002) 등은 지식의 구성 수준을 다음과 같이 구분하였다.

① 진술(Statements): 학습 파트너에게 정보를 전달하는 기능을 가진 말들

② 정보 요청(Request for information): 화자가 파트너로부터 정보를 요청할 때 사용

③ 필요한 정보 제공(Give requested information): 요청한 정보만 포함된 발언

④ 제안(Suggestion): 말하는 사람이 다른 사람에게 어떤 것을 제안

⑤ 동의(Agreement): 사전 발언에 대해 수락 또는 긍정적인 평가

⑥ 거절(Rejection): 이전 발언에 대한 부정적 평가

⑦ 위임(Commissive): 단순히 동의한다거나 어떤 것을 하겠다는 약속

⑧ 지시(Directive): 듣는 사람에게 무언가를 하도록 요청하거나 명령하거나 지시하는 말

지금까지 살펴본 지식 구성에 관한 지표로서 수준을 정리하면 표 2- 와 같다.

표 2-4. 연구자 별 지식 구성 수준

| Bloom 외 (1956) | King (1994) | Fischer (2002) |
|---|---|---|
| 지식<br>이해<br>적용<br>분석<br>종합<br>평가 | 재진술<br>의역<br>추측<br>가설<br>설명<br>정당화<br>추론 | 진술<br>정보 제공<br>제안<br>위임<br>지시<br>정보 요청<br>거절<br>동의 |

질문하기를 통해 지식 구성을 확인하려는 시도로 King(1994)은 표 2-와 같이 지식 구성을 위해 이해 질문(Comprehension questions)과 연결 질문(Connection questions)을 수업 기반 질문하기(Lesson-based questioning)와 경험 기반 질문하기(Experience-based questioning)로 나누어 학생들을 대상으로 질문 만들기를 실시하였고 안내된 질문들은 계속해서 정교한 설명, 추론, 정당화, 추측 그리고 복잡한 지식 구축의 다른 외견적인 징후들을 이끌어냈다.

표 2-5. King(1994) 질문하기 가이드

| | 수업 기반 질문하기 | 경험 기반 질문하기 |
|---|---|---|
| 이해 질문 | 자신의 말로 설명하라<br>...은 무슨 의미이지?<br>...가 중요한 이유는? | |
| 연결 질문 | 이유를 설명하라.<br>방법을 설명하라.<br>어떻게 비슷한가?<br>둘 사이의 차이는 무엇인가? | |
| | 어떤 영향을 주는가?<br>장점과 단점은 무엇인가?<br>...은 왜 일어날까? | 어떻게 ...하는데 사용될까?<br>만약 ...라면 무슨 일이 벌어질까?<br>이전에 배운 것과 어떻게 연결될까? |

King(1994)은 표 2-3과 같이 학생들의 상호작용과 지식 구성을 확인하기 위해 통합 질문(Integration question), 이해 질문(Comprehension question), 사실 질문(Factual question)의 세 가지 질문 수준과 지식 통합(Knowledge integration), 지식 동화(knowledge assimilation), 지식

재진술(Knowledge restating)의 세 가지 지식 구성 수준을 제시하였다. ① 통합 질문은 아이디어를 연결하거나 강의에서 명시적으로 언급된 것을 뛰어넘도록 하는 생각을 유발하는 질문이며,
② 이해 질문은 설명되거나 정의된 과정이나 용어를 요구하는 질문이고 ③ 사실 질문은 단순 사실을 확인하는 질문이다(King & Rosenshine, 1993, King, 1994).
① 지식 통합은 새로운 연결을 만들거나 수업을 뛰어 넘는 것, 설명, 추론, 해석, 아이디어 간 관계, 정당화, 추측, 사전지식이나 개인 경험과 연결된 진술이고,
② 지식 동화는 정의나 서술 등이 학생 자신의 언어로 의역한 것이며,
③ 지식 재진술은 수업 또는 사전지식이나 경험을 모은 정보나 사실의 단순 진술에 해당한다(King & Rosenshine, 1993, King, 1994).

표 2-6 King(1994)의 질문 만들기와 지식 구성 분석틀

| 질문 수준 | 지식 구성 수준 |
|---|---|
| 통합 질문 | 지식 통합 |
| 이해 질문 | 지식 동화 |
| 사실 질문 | 지식 재진술 |

학생들의 통합 질문은 지식 통합과 같은 복잡한 지식의 구성을 유도하고 이해 질문은 지식 동화를, 사실 질문은 지식 재진술을 유도할 것으로 예상했으나 질문 수준에 관계없이 다양한 지식 구성이 나타났고, 연구 결과 학습 아이디어를 연결하도록 유도하는 질문과 학습과 사전 지식을 연결하도록 유도하는 질문이 복잡한 지식 구축에 관여한다는 것과 학생의 사전 지식과 경험을 사용하도록 설계된 질문에서 학습 향상에 효과적이었

다.(King, 1994, Wittrock, 1990).

온라인 질의응답에서 지식 구성을 확인하기 위해 학습 아이디어와 사전 지식을 고려해야 한다(King, 1994). 본 연구의 질의응답 자료를 분석한 결과 발견된 학습 아이디어에는 변인, 법칙, 공식, 논리적 사고가 있으며, 학생들이 표현한 사전 지식은 출처나 근거가 없는 단순한 가정과 교재에서 언급되거나 이미 학습한 내용을 바탕으로 한 과학적 사실이 있다. 학습 아이디어와 사전 지식의 종류에 따라 질의응답의 수준을 진술(Statements), 추측(Speculations), 가설(Hypotheses), 설명(Explanations), 추론(Inferences)으로 구분하였고, 진술과 추측은 낮은 지식 구성 수준으로 가설과 설명과 추론은 높은 지식 구성 수준으로 판단하였다. 질의응답 수준을 판단하는 과정에서 학습 아이디어가 중복 되는 상황에서는 가장 높은 수준의 기준을 적용하였으며 그 구체적 기준은 표 2- 와 아래 설명과 같다.

① 재진술: 학습 아이디어와 사전 지식과 경험이 없는 단순한 질문과 댓글로 지식 구성 수준이 가장 낮다.

② 추측: 학습 아이디어는 없지만 단순한 가정 정도의 사전 지식을 표현한 질문과 댓글로 지식 구성 수준이 낮다.

③ 가설: 변인을 학습 아이디어로 사용하지만 단순한 가정 정도의 사전 지식을 표현한 질문과 댓글로 지식 구성 수준은 높다.

④ 설명: 법칙이나 공식을 학습 아이디어로 사용하고 사전 지식도 과학적 사실을 바탕으로 하는 질문과 댓글로 지식 구성 수준이 높다.

⑤ 추론: 논리적 사고를 학습 아이디어로 사용하고 사전 지식도 과학적 사실을 바탕으로 하는 질문과 댓글로 지식 구성 수준이 가장 높다.

표 2-7 구성 수준에 따른 질문과 댓글의 수준과 기준

| 기준 / 지식구성수준 | 학습 아이디어 | 사전 지식 |
|---|---|---|
| 재진술 | 없음 | 없음 |
| 추측 | 없음 | 가정 |
| 가설 | 변인 | 가정 |
| 설명 | 법칙, 공식 | 과학적 사실 |
| 추론 | 논리적 사고 | 과학적 사실 |

## 2.2. 지식의 공동 구성

지식의 공동 구성(Co-construction of Knowledge), 협력적 지식 구성(Collaborative Knowledge Construction)은 협동 학습과 관련된 과정을 기술하는 연구에서 일반적으로 사용되는 용어이다(Dillenbourg, Baker, Blaye, & O'Malley, 1995 ; Nastasi & Clements, 1992; Roschelle, & Teasley, 1995).

### 2.2.1. 지식의 공동 구성에 영향을 준 이론

지식의 공동 구성에 영향을 준 이론으로 첫 번째는 사회 구성주의적 관점(Socio-constructivist Approach)이다. 피아제의 이론(Piaget, 1928, 1965)은 인지 발달의 개별적인 측면에 초점을 두었지만 1970년대 사회적 상호 작용이 어떻게 개별적 인지 발달에 영향을 주는지에 대한 심리학자 그룹에 영감을 주었다(Doise & Mugny, 1984). 이들은 피아제 관점에서 구조적 틀과 개발을 설명하는데 사용된 주요 개념인 갈등과 관점 조정을 사용하여 사회 구성주의적 접근법을 도입했다(Doise, 1990). 사회 구성주의적 접근법은 행동 그 자체가 아니라 다른 사람들과의 상호작용의 역할을 강조하는 것으로 개인의 인지 발달은 인과관계의 소용돌이의 결과이므로 개인의 발달 수준은 새로운 개별적인 상태를 만들어 내는 특정한 사회적 상호작용에 참여하도록 허용하고 정교한 상호작용을 가능하게 한다(Doise, 1990). 상호 작용과 관련된 실험 연구에서 다른 관점에 대한 조정 과정은  사회적 인지 갈등(socio-cognitive conflict)으로 설명될 수 있으며(Dillenbourg, Baker, Blaye, & O'Malley, 1995), 지식 사이의 불일치가 있을 때 문제 해결의 과정의 효과가 더 좋다는 것을 보여주었다

(Durfee, Lesser, & Corkill, 1989).

두 번째 이론적 영향은 비고츠키(1962, 1978)와 사회 문화적 관점(Socio-cultural Approach)으로 사회 인지적 관점(Socio-cognitive Approach)이 사회적 상호작용의 맥락에서 개인의 발전에 초점을 맞춘 반면, 사회 문화적 관점은 사회적 상호작용과 개인의 인지 변화 사이의 인과관계에 초점을 맞춘다(Wertsch, 1979, 1985, 1991; Rogoff, 1990). 비고츠키(1962, 1978)는 발달을 심리 간(Inter-psychological)과 심리 내부(Intra-psychological) 측면으로 보았고 내부화(internalisation)는 사회적 영역과 내부 영역으로 나누어 사회적 언어는 다른 사람들과 상호작용 하며 내적 언어는 자신에게 말하고, 반성하고, 생각하기 위해 사용된다. 공동 문제 해결 과정은 상호적인 과정으로 참여자는 자신의 개념틀로 다른 사람의 행동에 의미를 부여하고, 자신의 행동을 따르는 다른 사람의 행동에 따라 자신의 행동의 의미를 부여한다(Rogoff, 1991 ; Newman, Griffin and Cole, 1989 ; Fox, 1987). 이 관점은  공동 학습자들 사이의 차이의 정도에 중요성을 부여하며 Vygotsky(1978)는 "근접 개발 구역(Zone of Procimal development, ZPD)"을 "독립적인 문제 해결에 의해 결정되는 실제 개발 수준과 성인 지침에 따라 문제 해결을 통해 결정된 잠재적 개발 수준 사이의 거리"로 정의했다.

마지막 영향은 상황 인지적 관점(Situated Cognition Approach)과 깊은 관련이 있는 공유 인지적 관점(Shared Cognition Approach)으로 환경은 인식 활동의 필수적인 부분이고 특히 사회적 맥락은 협력하는 사람들 그룹뿐만 아니라 그들의 사회 공동체로 초점을 둔다(Suchman, 1987; Lave, 1988; Mandl, & Renkl, 1992). 이 관점은 사회적 상호작용이 사회적 구조를 제외하고 연구되는 사회 문화적 전통을 비판하고(Wertsch, 1991), 사회적 상호작용의 근본은 사회적 의미와 관계의 구조를 파악해야

한다(Resnick, 1991). 이 관점에서 협업은 문제에 대한 공통 개념을 구축하고 유지하는 과정으로 간주된다(Roschelle, & Teasley, 1995). 또한 설명은 개인주의적 관점에서는 자기 설명 효과로 설명할 수 있고(Chi, Bassok, Lewis, Reimann, & Glaser, 1989), 그룹의 관점에서 두 파트너가 서로를 이해하려고 공동으로 구성한 것이다(Baker, 1991).

지식의 공동 구성에 영향을 준 이론들은 서로 다른 패러다임을 가지고 연구가 진행되어 연구 방법에서 접근 방식에 차이를 보이지만 효과, 조건, 상호작용의 세 가지 측면에서 결과를 살펴볼 수 있다(Dillenbourg, Baker, Blaye & O'malley, 1996). 본 연구에서는 이 중 상호작용 측면을 바탕으로 분석을 하였다. 경험적으로나 이론적으로 상호작용을 기술하는데 있어 학습 조건 및 학습 결과와 관련된 중간 변수(intermediate variables)를 찾는 것이 중요하지만 어려움이 있다(Webb, 1991). 상호작용을 설명하는 한 가지 방법은 설명(Explanation)으로 한 학습자가 다른 학습자에게 제공하는 도움을 얼마나 정교하게 제공하는지 평가하는 것이다(Webb, 1991).

본 연구에서는 질문과 댓글에서 사용된 학습 아이디어와 사전 지식의 상호작용과 질문과 댓글에서 주장하는 내용을 지식의 공동 구성을 확인하는 중간 변수로 사용하였다.

### 2.2.2. 지식의 공동 구성 유형 (Category of collaborative knowledge construction)

지식의 공동 구성에 대한 설명과 분석은 내용적 측면과 기능적 측면으로 접근할 수 있는데, 내용적 측면에서는 학습자가 학습 과제의 특정 내용에 대해 어느 정도, 얼마나 자주, 얼마나 적절하게 이야기하는지를 고려해

학습자가 공동으로 내용을 처리하는 방식에 중점을 두었다(Fischer, Bruhn, Grasel, & Mandl, 2002). 담화에서 질문과 후속 질문을 분석하기도 하고(Renkl, 1997), 제안에 대한 거절을 인지 갈등의 지표로 사용하기도 한다(Nastasi & Clements, 1992). 본 연구에서는 내용적 측면에서 학생의 질문과 댓글의 내용을 주장과 근거로 구분하고 같은 주장을 하는 경우와 다른 주장을 하는 경우로 구분하였다.

기능적 측면에서 Fischer(2002) 등은 표 2-와 같이 과제 관련 지식의 외적표현(Externalization of task-relevant knowledge), 과제 관련 지식의 추출(Elicitation of task-relevant knowledge), 갈등 기반 합의(Conflict-oriented consensus building), 통합지향 합의(Integration-oriented consensus building)의 4 가지 과정으로 분석하였다.

표 2-8 Fischer(2002)의 지식의 공동 구성의 수준과 내용 수준

| 지식 공동 구성 수준 | 내용 수준 |
|---|---|
| 통합 기반 합의 | 동의 |
| 갈등 기반 합의 | 거절 |
| 과제 관련 지식의 추출 | 정보 요청<br>지시 |
| 과제 관련 지식의 외적표현 | 위임<br>제안<br>필요한 정보를 제공<br>진술 |

과제 관련 지식의 구체화와 관련하여 담화에서 지식의 공동 구성을 위해 필요한 조건은 학습자가 개인의 사전 지식을 상황에 도입해야 하며 그렇게 해야 다른 견해와 의견을 명확히 할 수 있다(Fischer, Bruhn, Grasel, & Mandl, 2002). 특히, 인지 학습 관점은 서로 다른 개별 개념의 교환을 담화에서 공통의 의미 협상의 시작점으로 간주하기 때문에 구체화와 관련이 있다(Brown, Collins, and Duguid, 1989). 브라운(Brown et al., 1989) 등은 학습자의 활동 중 담화의 일부분을 “색인화된 표상(Indexicalized representations)”으로 설명하였고 다른 활동은 다른 색인 표상을 만들며 이 표상들은 이어지는 대화의 필수적인 구조를 제공한다고 보았다. 나아가 색인화된 개념은 상황 지식을 나타내며 이런 학습 방법은 단순히 유용한 것이 아니라 필수적이라고 보았다(Brown, Collins, and Duguid, 1989). 또한 이론적 및 경험적 연구에서 구체화가 오개념의 "진단 및 치료"에 중요한 요구 조건이라는 사실을 강조한다(Sthnotz, 1998, Saljo, 1999).

과제 관련 지식의 도출과 관련하여 학습 파트너가 작업과 관련된 지식을 표현하도록 하는 것이 중요하다(Fischer, Bruhn, Grasel, & Mandl, 2002). 딜런보그(Dillenbourg et al., 1995) 등은 협력 학습에서 협상을 위한 전략으로 상호 개선을 통한 문제 해결의 공공 구성, 논쟁 중 서로 다른 대안 탐색과 다른 학습자를 자원으로 사용하기가 있음을 밝혔다. 이 중 다른 학습자를 자원으로 사용하기는 언어적 상호작용을 바탕으로 학습자의 질문에 있는 정보를 바탕으로 지식을 공동 구성하는 것이 가능함을 보여준다. 따라서 질문에서 사용된 사전 지식에 대하여 도출(elicitation)은 설명이라는 형태로 구체화를 이끌기 때문에 성공적인 학습에 일정 부분 영향을 준다(King, 1994).

갈등 기반 합의와 관련하여 합의를 위해서는 협력 학습은 학습자가 공

통된 해결 방법을 찾거나 주어진 사실을 평가하게 하지만 필요한 합의는 다른 방법으로 도달할 수 있다(Fischer, Bruhn, Grasel, & Mandl, 2002). 협력 학습에 관한 문헌에서 사회적 인지 갈등은 중요한 역할을 하며, 이 때 학습 파트너에 의해 만들어진 다른 해석이 지식 구조를 수정하도록 이끄는 프로세스를 자극한다고 가정한다(Doise & Mugny, 1984; Nastasi & Clements, 1992; Dillenbourg, 1999).

통합 기반 합의와 관련하여 합의에 이르는 또 다른 방법은 다양한 개인별 관점을 주어진 과제의 공통 해석이나 해결책으로 통합하는 것이지만, 모든 개인별 관점을 공통된 관점에 포함시키려는 시도는 또한 표면적으로만 갈등 회피 협력이 나타날 수 있다(Fischer, Bruhn, Grasel, & Mandl, 2002). 학습자가 객관적인 관점에서 완전히 다른 시각에도 불구하고 기본적으로 동의한다고 주장하는 현상은 여러 번 관찰되었지만, 학습자는 완벽에 가까운 합의에 도달했다고 말할 수 있다.(Christensen & Larson, 1993; Miyake, 1986; Hatano & Inagaki, 1991).

Fischer(2002) 등은 지식의 공동 구성에 대한 분석을 위해 내용 수준을 표2-4와 다음과 구분하였다.

① 진술(Statements): 학습 파트너에게 정보를 전달하는 기능을 가진 말들

② 정보 요청(Request for information): 화자가 파트너로부터 정보를 요청할 때 사용

③ 필요한 정보 제공(Give requested information): 요청한 정보만 포함된 발언

④ 제안(Suggestion): 말하는 사람이 다른 사람에게 어떤 것을 제안

⑤ 동의(Agreement): 사전 발언에 대해 수락 또는 긍정적인 평가

⑥ 거절(Rejection): 이전 발언에 대한 부정적 평가

⑦ 위임(Commissive): 단순히 동의한다거나 어떤 것을 하겠다는 약속

⑧ 지시(Directive): 듣는 사람에게 무언가를 하도록 요청하거나 명령하거나 지시하는 말

### 2.2.3. 온라인 질의응답 활동에서 지식의 공동 구성

본 연구에서 정의한 지식의 공동 구성이란 기능적 측면에서 학생들이 자신의 사전지식과 경험을 표현하여 이를 공유하는 지식 구성 과정이며, 내용적 측면에서 사전지식과 경험을 통합하는 것이다. 지식의 공동 구성(Co-construction of Knowledge), 협력적 지식 구성(Collaborative Knowledge Construction)은 협동 학습과 관련된 과정을 기술하는 연구에서 일반적으로 사용되는 용어이다(Dillenbourg, Baker, Blaye, & O'Malley, 1995 ; Nastasi & Clements, 1992; Roschelle, & Teasley, 1995). 지식의 공동 구성에 영향을 준 사회 구성주의적 관점, 사회 문화적 관점, 상황 인지적 관점을 배경으로 서로 다른 패러다임을 가지고 연구가 진행되어 연구 방법에서 접근 방식에 차이를 보이지만 효과, 조건, 상호작용의 세 가지 측면에서 결과를 살펴볼 수 있다(Dillenbourg, Baker, Blaye & O'malley, 1996).

경험적으로나 이론적으로 상호작용을 기술하는데 있어 학습 조건 및 학습 결과와 관련된 중간 변수(intermediate variables)를 찾는 것이 중요하지만 어려움이 있다(Webb, 1991). 상호작용을 확인하는 한 가지 방법은 설명(Explanation)으로 한 학습자가 다른 학습자에게 제공하는 도움을 얼마나 정교하게 제공하는지 평가하는 것이다(Webb, 1991). 또한 현대 구성주의 학습 이론은 개인이 새로운 정보를 접할 때, 그 새로운 자료를 이해하는데 도움을 주기 위해 자신의 사전 지식과 개인적인 경험을 사용한다고 주장한다(Resnick, 1987). King(1994)의 연구에서 학습 아이디어를 연결하도록 유도하는 질문과 학생의 사전 지식을 연결하도록 유도하는 질문이 복잡한 지식의 공동 구성에 관여함을 밝혔다. 따라서 지식의 공동 구성을 분석하기 위해서는 학생들이 질문하고 댓글의 다는 과정에서 학생의

사전지식과 경험을 표현하는 것을 바탕으로 분석이 가능하다. 본 연구에서는 학습 아이디어와 사전 지식을 고려하여 질문과 댓글의 수준을 구분하고 이를 이용해 지식의 공동 구성을 설명하였다. 이를 위해 온라인 질의응답 특징과 지식 구성에 따른 질의응답 수준을 바탕으로 학생들이 표현한 사전지식과 경험 중 지식 구성에 도움이 되는 요소를 변인, 개념, 법칙, 공식, 논리적 관계로 하였다.

지식의 공동 구성 과정 (Processes of collaborative knowledge construction)에 대하여 Fischer et al.,(2002)는 기능적 측면에서 작업 관련 지식의 외적표현(Externalization of task-relevant knowledge), 작업 관련 지식의 추출(Elicitation of task-relevant knowledge), 갈등 기반 합의(Conflict-oriented consensus building), 통합지향 합의(Integration-oriented consensus building)의 4 가지 과정으로 분석하였다. King(1994)은 복잡한 지식 구축의 모든 지표를 지식 통합(Knowledge integration), 지식 동화(Knowledge assimilation), 지식 재진술(Knowledge restating) 3 가지 수준으로 분석하였다.

온라인 질의응답 활동에서 학생들의 지식의 공동 구성을 분석하기 위해 Fischer(2006)의 분석틀을 참고하여 지식의 공동 구성 분석틀을 제작하였다. Fischer(2006)의 연구는 논쟁적 담화 분석하기 위해 자료를 시각화하는 컴퓨터 기반 프로그램을 사용하였으며, 본 연구도 온라인상에 질문과 댓글을 주석의 형태로 표현하도록 한 공통점이 있다. 반면 Fischer(2006)의 연구는 교육 심리학을 주제로 논쟁적 담화를 분석하였고 본 연구는 물리 교과서 내용을 바탕으로 한 질문과 댓글이므로 Fischer(2006)의 분석틀을 그대로 적용하기에는 어려움이 있으며 범주에 대한 기준과 지표를 수정하여 분석하였다.

Fischer(2006)는 논쟁적 담화 분석을 위해 참여, 인식, 논증, 사회적 관

점에서 분석을 하였고 이 중 공동구성의 사회적 차원(Dimension of social modes of co-construction)에서 분석틀은 다음(표 2- )과 같다.

표 2-9. Fischer(2006)의 논쟁적 지식 구성에서 사회적 차원의 범주

| 범주 | 설명 |
|---|---|
| 외부화 | 상대방에게 생각을 분명히 표현함. |
| 도출 | 상대방에게 질문하거나 상대의 반응을 유도함. |
| 빠른 합의 | 상대방의 기여를 인정하고 과제를 수행함. |
| 통합 중심 합의 | 상대방의 관점을 받아들이거나 통합하거나 적용함. |
| 갈등 중심 합의 | 상대방의 관점을 수정하거나 대체함. |

① 외부화(Externalization): 학습자가 다른 기여와 관계없이 대화에 기여한다는 것을 의미한다. 토론은 일반적으로 외부화로부터 시작된다. 학습자는 자신의 관점을 설명하기 위해 자신이 알고 있는 것을 겉으로 드러낸다. 또한 그룹의 학습자가 접근 할 수 있는 (혹은 잘못된) 개념을 만들 수 있다. 외부화를 위해 학습자들은 지식을 일관된 형태로 재구성해야 한다. 따라서 지식은 외부화 되었을 때 동시에 재구성된다(Huber, 1987).

② 도출(Elicitation): 질문을 통해 학습 파트너를 자원으로 활용하는 것으로 설명된다(Dillenbourg 등, 1995). 도출은 학습 파트너로부터 정보를 받는 것을 목표로 한다. 일부 연구는 성공적인 그룹에서 더 많은 과제 관련 질문(예: King, 1994)이 사용되었고, 질문의 생성을 촉진함으로써 그룹 학습을 성공적으로 이끌었다(King, 1999; Rosenshine, Meister, and Chapman, 1996).

③ 빠른 합의(Quick consensus building): 협업을 향상하기 위해, 학습자는 협상 과정에서 학습 과제와 관련된 과제 고유의 최소한의 합의 또는

공통적 근거를 구축해야 한다(Clark & Brennan, 1991년). 빠른 합의를 도출하는 것은 학습자가 자신이 있기 때문이 아니라 대화를 계속하기 위해 학습 파트너의 기여를 받아들인다고 설명할 수 있다(Clark & Brennan, 1991). 빠른 합의 도출은 실제 관점의 변화를 나타내는 것이 아니라 오히려 조정적인 담론 움직임이다(Fischer et al., 2002; Weinberger, 2003).

④ 통합 중심 합의(Integration-oriented consensus building):

협동 학습에 대한 최근의 접근은 협동 학습자가 결국 주제에 대한 공통된 개념을 수립하고 유지할 수 있음을 강조한다 (Roschelle & Teasley, 1995). 학습자들은 서로의 관점을 대략적으로 이해하고 통합하고, 아이디어를 종합하며, 공동으로 과제를 이해하려고 노력한다(Nastasi & Clements, 1992). 신속한 합의 구축과는 대조적으로, 통합 지향적인 합의 구성은 관점을 관철하는 것으로 특징지어진다. 통합은 개별 학습자가 학습 파트너의 추론에 근거하여 작업할 때 발생한다. 통합지향적 합의를 도출하기 위한 지표는 "참가자는 설득력 있는 주장에 대하여 자신의 견해를 적극적으로 수정하거나 변경할 의지을 보인다"는 것이다(Keefer et al., 2000) 학습자는 초기 믿음을 포기하거나 수정할 수 있으며, 동료의 기여에 기초하여 스스로를 수정할 수 있다.

⑤ 갈등 중심 합의(Conflict-oriented consensus building):

갈등 중심 합의는 협력적 학습에 대한 사회인식 관점에서 중요한 요소로 간주되어 왔다(Doise & Mugny, 1984; Teasley, 1997). 비평에 직면함으로써, 학습자들은 다양한 관점을 테스트하거나 그들의 위치에 대해 더 많고 더 나은 주장을 찾도록 강요받을 수 있다(Chan, Burtis, & Bereiter, 1997). 갈등 지향적인 방식으로 공감대를 형성할 때, 학습자들은 동료의 기여에 대한 특정 측면을 정확히 지적하고 이를 수정하거나 대안을 제시

할 필요가 있다. 따라서 학습자들은 예를 들어 동료의 기여도를 단순히 수용하는 것에 비해 동위들의 추론에 더 가까이 다가갈 필요가 있다.

# Ⅲ. 연구 방법

## 3.1. 연구 대상

본 연구에서는 일반계 고등학교의 일상적인 물리 수업과 이를 연계한 학생의 온라인 질의응답 활동의 특징을 분석하기 위해서 서울 소재 남자 고등학교 2학년 전체 학생 152명을 대상으로 하였다. 이 중 문과 학생이 67명이고 이과 학생은 85명이다.

사회적 주석달기 시스템에 전자기장 단원 전체 학생이 참여하여 질문과 댓글을 달았다.

## 3.2. 전자기장 수업의 구성

### 3.2.1. 전자기장 단원의 수업 구성

물리수업과 연계한 온라인 질의응답 활동은 고등학교 2학년 물리Ⅰ 수업의 2단원 전자기장에 대해 6월 중순부터 일주일에 2번씩 3주 동안 6차시의 수업으로 진행하였다. 단 문과 학생의 경우 수업이 일주일에 한 시간이므로 1~2차시, 3~4차시, 5~6차시를 각각 한 차시로 진행하였다(표 3-1).

표 3-1. 전자기장 단원의 수업 구성

| 차시 | 수업목표 | 보충 활동 |
|---|---|---|
| 1 | 온라인 토론활동(NB) 소개<br>좋은 질문과 댓글 안내 및 활동 연습 | |
| 2 | 전기현상을 이해하고 이를 전기력, 전기장, 전기력선으로 설명할 수 있다. | 정전기 실험 |
| 3 | 도체와 절연체에서 정전기 유도 현상을 이해하고, 이를 원자 모형으로 설명할 수 있다. | 축전기 실험 |
| 4 | 전류에 의한 자기장을 관찰하고, 자기력선으로 표현할 수 있다. | 자기장 실험 |
| 5 | 물질의 자기적 속성을 나누고, 자성의 원인을 이해한다. | |
| 6 | 전자기 유도 법칙을 이해하고 이를 활용하는 방법을 찾는다. | 손발전기 제작 |

1차시 온라인 토론활동 소개에서는 좋은 질문과 좋은 댓글에 대해 안내하였다. 좋은 질문과 댓글은 내용을 정확하게 묻고 답하며, 구체적 변수와 자신의 생각을 표현하면서 질문과 댓글을 달도록 안내하였다. 또한 귀납, 연역, 귀추, 유추와 같은 예를 들며 논리적인 설명을 하도록 강조 하였다.

학생들이 질문과 댓글에 대한 평가를 함께 진행하기 위해서 질문에 대한 댓글을 쓸 때 앞부분에 질문을 평가하는 점수를 쓰도록 하였고, 댓글에 대한 평가를 위해 질문을 한 학생은 다시 댓글에 댓글로 점수를 달도록 하였다.

온라인 질의응답 활동을 물리 수업과 연계하기 위해 수업 시작 전 도입단계에서 질의응답 활동에 대한 피드백을 진행하였고 좋은 질문과 좋은 댓글에 대한 안내를 하였으며 활동 참여를 위한 격려와 칭찬을 진행하였다. 또한 질문과 댓글의 상황을 파악하고 댓글이 없는 질문에 댓글을 달도록 유도하였다(표3-2).

표 3-2 온라인 질의응답 활동을 포함한 수업의 진행

| 단 계 | 활동내용 | 시간 |
|---|---|---|
| 도입 | 질의응답 활동 피드백 | 8분 |
| 본 수업 | 학습목표제시 | 3분 |
| | 과학 현상과 실험 | 10분 |
| | 개념 및 내용 | 14분 |
| | 형성평가 | 5분 |
| 온라인 질의응답 | 질문 1개와 댓글 2개를 권장 | 10분 |
| 합계 | | 50분 |

### 3.2.2. 온라인 질의응답 활동

온라인 질의응답 활동에서 질의응답을 진행하기 위해 미국 MIT에서 개발하여 무료로 제공하는 사회적 주석달기 시스템(Social Annotation System, http://NB.mit.edu)을 사용하였다. 교사가 교과서를 해당 사이트에 올리면 초대를 받은 학생들은 그림의 왼쪽 화면을 드래그 해서 질문을 할 수 있고 다른 학생들은 오른쪽 위 칸의 질문 목록을 보고 질문을 골라 오른쪽 아래 칸에 댓글을 달 수 있으며 본 연구에서는 모든 학생이 같은 교재로 함께 질문하고 함께 댓글을 다는 활동을 진행하였다.

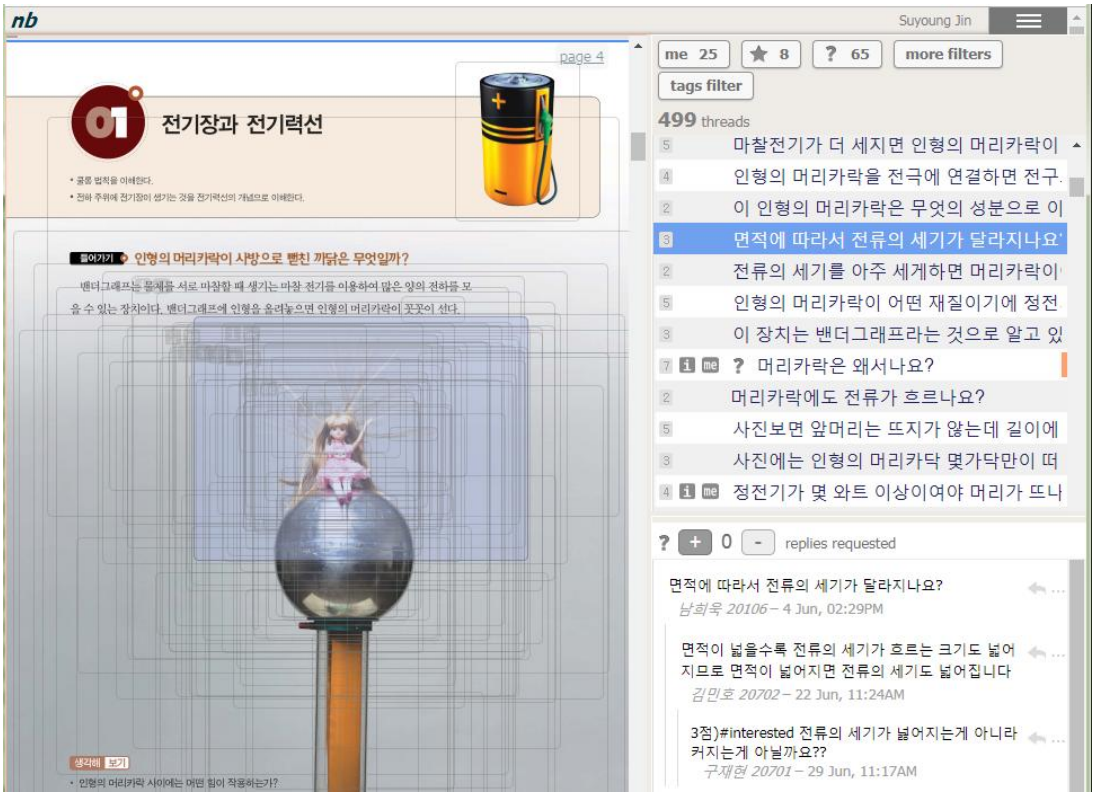



그림 3-1. 온라인 질의응답 시스템

## 3.3. 자료 수집과 분석

자료 수집은 다음과 같이 진행하였다.

먼저, 온라인 질의응답 사이트에 올라온 질문과 답변을 추출하여 엑셀로 정리하였다. 이 때 수집한 데이터는 질문과 댓글 내용, 질문 번호, 작성자, 글 쓴 날짜와 시간이다. 그 다음 질문 대상이 되는 교재의 내용과 목차를 입력하였다. 이 후 분석 기준에 따라 개별로 코딩하였고 의미가 없거나 물리 학습과 관련 없는 질문과 댓글의 일부는 분석에서 제외하였다.

첫 번째 연구 문제의 자료 분석을 위해 질문과 댓글의 글자 수를 계산하고, 질문을 확인과 탐구, 과학적 사실과 오류, 사전지식 표현, 변인 사용, 논리적 표현으로 분류하고 댓글을 과학적 사실과 오류, 출처와 근거, 변인 사용, 논리적 표현으로 나누어 분석하였다. 또한 코딩한 결과를 SPSS 23을 이용하여 통계 분석을 통해 그룹 간 차이와 상관관계 분석을 진행하였다.

두 번째 연구 문제의 자료 분석을 위해 질문과 댓글에 사용된 변인, 공식, 논리적 사고에 따라 분류하였다.

세 번째 연구 문제의 자료 분석을 위해 질문과 댓글의 수준을 비교하고 질문과 댓글을 주장과 근거로 구분하여 근거의 사용과 주장의 일치를 판단하였다.

# Ⅳ. 연구 결과 및 논의

## 4.1. 학생 질문과 댓글의 분류와 특징

교과서의 소단원을 기준으로 대분류를 나누었고 각 차시별 주요 내용에 따라 중분류로 나누었다. 그 다음 구체적인 소재와 실험을 기준으로 소분류로 나누었다(부록 1). 전기력 실험이 93건으로 차이 나게 많은 것은 온라인 질의응답의 첫 활동으로 수업의 첫 페이지에 등장하는 실험 사진이기 때문이다. 쿨롱 법칙을 제외하고는 공중부양 개구리, 액체 자석과 같은 호기심을 자극하는 소재와 수돗물 실험이나 번개와 접지와 같은 일상의 소재에 상대적으로 많은 질문을 하였다.

표 4-1 질문 대상의 분류와 질문 분포

| 대분류 | 질문수 | 중분류 | 질문수 |
|---|---|---|---|
| 전기력 | 137 | 전기력 실험 | 93 |
| | | 전기력 | 44 |
| 전기장 | 27 | 전기장 | 12 |
| | | 전기력선 | 15 |
| 정전기 유도 | 71 | 정전기 유도 실험 | 22 |
| | | 정전기 유도와 물질 | 22 |
| | | 정전기 유도 현상 | 27 |
| 자기장 | 53 | 자기장 | 16 |
| | | 전류에 의한 자기장 | 37 |
| 물질의 자성 | 78 | 자성실험 | 23 |
| | | 자성의 종류 | 24 |
| | | 자성의 이용 | 31 |
| 전자기유도 | 47 | 전자기 유도 실험 | 15 |
| | | 전자기 유도 법칙 | 12 |
| | | 전자기 유도 이용 | 20 |
| 인물 | 15 | 전류에 의한 자기장 | 10 |
| | | 전자기유도 | 5 |
| 기타 | 17 | 기타 | 17 |

질문 대상에 따른 학생의 질품 평가 점수의 평균값은 표 4-2와 같다. 질문 평가하기는 학생의 참여와 상호작용을 높이고 질문의 수준을 높이는데 효과가 있다(배수정, 2017). 질의응답 활동의 수준을 평가하고 지식의 공동 구성을 확인하는데 학생의 적극적이고 활발한 참여가 필수적이며 질문 평가하기를 통해 도움을 받을 수 있다.

표 4-2. 질문 대상에 따른 학생의 질문 평가 점수 평균

| 대분류 | 평가 점수 | 중분류 | 평가 점수 |
|---|---|---|---|
| 전기력 | 2.5 | 전기력 실험 | 2.3 |
| | | 전기력 | 2.7 |
| 전기장 | 2.5 | 전기장 | 2.5 |
| | | 전기력선 | 2.5 |
| 정전기 유도 | 2.4 | 정전기 유도 실험 | 2.5 |
| | | 정전기 유도와 물질 | 2.4 |
| | | 정전기 유도 현상 | 2.3 |
| 자기장 | 2.7 | 자기장 | 3.0 |
| | | 전류에 의한 자기장 | 2.6 |
| 물질의 자성 | 2.6 | 자성실험 | 2.5 |
| | | 자성의 종류 | 2.7 |
| | | 자성의 이용 | 2.6 |
| 전자기유도 | 2.4 | 전자기 유도 실험 | 2.0 |
| | | 전자기 유도 법칙 | 2.5 |
| | | 전자기 유도 이용 | 2.5 |
| 인물 | 2.7 | 전류에 의한 자기장 | 2.0 |
| | | 전자기유도 | 3.7 |
| 기타 | 2.3 | 기타 | 2.3 |

학생들의 질문의 특징을 찾기 위해 과학 교육 연구의 결과를 바탕으로 범주화하여 질문 분석 항목을 정하고 각 항목별로 세부 항목을 구분하였다(표 4-3). 범주화 사용한 기준은 질문의 유형, 오개념 연구, 사전지식 활용, 변인 사용, 논리적 사고이다. 질문 목적에서 확인 질문과 탐구질문, 오개념 연구에서 오개념을 포한한 질문과 과학적인 질문, 사전지식의 활용에서 교재의 내용과 학생의 지식과 확답형 질문, 변인 사용에서 물리 변수를 사용한 질문과 일상 변수를 사용한 질문, 논리적 사고에서 귀납과 연역과 귀추와 유추를 사용한 질문으로 나누어 분석하였다.

표 4-3. 질문 분석 항목과 분석 기준

| 질문 분석 항목 | 세부 항목 | 분석 기준 |
|---|---|---|
| 질문 목적 | 확인 | 교육과정 안의 내용에 대한 질문 |
| | 탐구 | 교육과정을 벗어난 질문 |
| 오개념 연구 | 오개념 | 과학적으로 틀린 개념과 지식 |
| | 과학적 개념 | 과학적인 개념과 지식 |
| 사전지식의 활용 | 교재의 내용 | 교과서와 같은 출처를 표현 |
| | 학생 지식 | 학생의 개인의 사전 지식 |
| | 확답형 | 궁금한 내용을 확인하는 질문 |
| 변인 사용 | 물리 변수 | 물리 학습과 관련된 개념 |
| | 일상 변수 | 크기, 길이, 방향과 같은 일상의 변수 |
| 논리적 사고 | 귀납 | 관찰 결과로 일반화 시도 |
| | 연역 | 법칙과 원리로 적용 |
| | 귀추 | 그럴듯한 추리 |
| | 유추 | 비슷한 상황을 비교 |

#### 4.1.1. 질문 목적의 특징

교과서를 기준으로 교육과정 안에서 해결 가능한 답을 묻는 질문은 확인 질문, 이를 벗어난 질문은 탐구 질문으로 정의하였다. 전자기장 단원에서 확인 질문은 232개, 탐구 질문은 218개로 거의 비슷한 비율로 나타났다.

확인 질문이라고 단순하고 대답하기 쉬운 질문이고 탐구 질문은 복잡하고 대답하기 어려운 질문 생각하기 쉬우나 두 질문 모두에서 단순하고 쉬운 질문과 복잡하고 어려운 질문이 나타났다(표 4-4).

표 4-4. 질문 유형

| 질문 유형 | 단순하고 유형 | 복잡하고 어려운 유형 |
|---|---|---|
| 확인 질문 | Q.337 강자성이 무슨 뜻인가요? | Q.132 쿨롱의 법칙이 거리의 제곱에 반비례한다는데, 그렇다면 광년 단위로 떨어진 먼 우주에도 미세하게나마 영향을 끼칠 수 있나요? |
| 탐구 질문 | Q.183 대전된 막대는 얼마동안 유지되나요? | Q.361 자석이 자기력이 강할수록 내구력이 더 약하다고 들었습니다. 그 예로 네오디뮴 자석이 있는 것으로 압니다. 이 말의 진위여부와 그 이유를 설명해 주실 수 있나요? |

단순한 확인 질문으로 337번 질문은 교과서 안에 강자성의 정의에 대한 답이 있다. 반면 132번 질문은 쿨롱 법칙에서 전기력이 거리 제곱에 반비례한다는 것은 알고 있지만 그 거리가 광년 단위의 아주 먼 거리에서 전기력을 영향을 받는지를 물어보는 것으로 공식에 거리를 집어넣으면 전기

력의 크기를 구할 수 있지만 아주 작은 크기의 전기력이 입자에 영향을 주는 것을 확인하는 것은 답을 찾기 어려운 질문이 된다.

단순한 탐구 질문으로 183번 질문은 교과서에서 학습 목표로 하고 있지 않는 내용이지만 대전된 막대가 시간이 지나면 자연적으로 방전되어 전하량이 감소할 것이고 간단한 실험을 통해서 확인할 수도 있다. 또한 이런 실험을 잘 하지 않으므로 탐구 활동으로 발전시키기 좋은 주제이기도 하다. 복잡하고 어려운 탐구 질문으로 361번은 자석의 내구력에 대한 개념도 생소하고 이럴 경우 학생들이 관련 자료를 인터넷 검색을 통해 찾고 이해해야 하는 어려운 질문이다.

확인 질문과 탐구 질문에 대해 어느 것이 더 중요하다고 주장하기에는 각각의 장점이 있기 때문에 판단할 수 없으며 대신 고등학생과 대학생의 경우를 비교한다면 그 비율과 내용이 달라질 것으로 생각된다.

4.1.2. 학생 질문에서 드러난 오개념

445개의 질문 중 34개의 질문에서 오개념을 포함한 과학적 오류가 발견되었다. 전자기장 단원에서 주로 나타나는 오개념은 정전기 실험 상황에서 일어나는 현상을 전하량이 아닌 전류로 질문하는 것으로 전류라는 단어를 학년이 올라갈수록 많이 듣고 그 의미를 크게 느끼기 때문이라 생각된다(송진웅, 2004). 전기장 실험 결과를 보여주는 자료에서도 학생들은 자기장이라는 단어를 사용해서 물어보는데 교재에서 제시되는 털가루를 사용한 전기장의 모양이 철가루를 사용한 자기장의 모양과 비슷하고 전기력선과 자기력선의 모양이 비슷하기에 이를 구별하지 못하는 오개념이 발견되었다.

틀린 질문은 과학적으로 옳지 않는 내용을 확정적으로 물어보는 질문으로 반자성체가 강자성체보다 약함에도 강한 이유를 묻거나, 정전기 크기의 단위를 와트로 물어보고, 피뢰침이 전기를 흡수한다는 가정을 하고 질문을 하였다. 질문 214번과 같은 질문은 대전체를 가까이 하면 다른 종류의 전하가 유도되는 상황을 잘못 이해한 경우에 해당된다.

> Q.214: 왜 대전체를 가까이 하면 같은 종류의 전하를 띠게 되는 건가요?

오류가 있는 질문은 질문 문장이 재대로 구성되지 않아 대답하기 어려운 경우이다. 질문자가 부정확한 개념을 사용하기 때문에 질문의 의도를 파악하기 어렵다. 초전도체가 저항될 만한 물질을 묻는다거나 자석 안에 있는 N극과 S극의 전자가 이동하여 서로 끌어당긴다는 표현을 포함한 질문은 문제를 이해하기 어려워 댓글이 잘 달리지 않았다(표 4-4).

표 4-5. 오개념과 오류를 포함한 질문

| 항목 | 질문 내용 |
|---|---|
| 오개념 | 정전기와 전류를 구별 못함.<br>전기장과 자기장을 구별 못함.<br>전자가 빛의 속도로 공전함. |
| 틀린 질문 | 반자성체가 강자성체보다 강함.<br>정전기의 크기를 와트로 물어봄.<br>피뢰침이 전기를 흡수함. |
| 질문의 오류 | 초전도체가 저항될 만한 물질<br>자석의 극에서 전자의 이동으로 자성 |

오개념이 있는 질문은 학생들이 댓글을 다는 과정에서 수정되기도 한다. 댓글이 다는 학생이 오개념을 발견하고 이를 바른 개념이 있는 질문으로 가정하고 답을 하는 것이다. 이는 오개념이 있는 질문이 나쁘기만 한 것은 아니라 질문한 학생 개인의 지식을 드러내고 다시 지식을 구성할 기회를 갖는 다는 점에서 온라인 질의응답 활동의 효과를 보여주기도 한다. 또한 질문하는 과정에서 학생의 오개념과 잘못된 지식을 확인할 수 있다는 점은 교사가 온라인 질의응답 활동에서 학습자의 상태를 확인할 수 있는 정보를 알 수 있고  관점에서 중요한 시사점을 준다.

4.1.3. 질문에서 사전 지식의 표현

학생들이 사전 지식을 제시하는 방법은 교과서에 있는 부분을 다시 언급하거나 자신의 생각을 확인하는 방식으로 표현한다.

표 4-6. 사전 지식을 표현한 질문

| 항목 | 질문 표현 | |
|---|---|---|
| 교재 내용을 바탕으로 | 지문에서는 ~<br>책에는 ~<br>교과서에서 보면 ~ | 한다고 하는데, |
| 학생의 지식을 바탕으로 | 제 생각에는 ~<br>~에 의해 | ~라고 들어봤는데,<br>~한다면, |
| 확답형 질문 | | ~가 맞나요?<br>~해도 ~되나요? |

교과서의 내용을 바탕으로 질문하는 경우 교과서를 직접적으로 언급하고 인용하거나, 교과서 내용을 재 진술 하는 방식을 사용하였다.

> Q.334: 책에서 강자성체는 외부 자기장을 제거하여도 자석의 효과를 오래 유지한다고 되어있는데 교통카드도 강자성체를 이용한 것인가요?

자신의 생각과 이해한 내용을 표현하는 경우는 본인의 지식이 맞는지 확인하거나

> Q.397: 인체에 몸은 전류가 통한다는데 인체를 이용해서 회로

를 제작할 수 있나요?

Q.431: 발전기는 자속의 변화로 인해 유도전류가 흐른다고 하는데 자속만 변해도 유도전류가 많이 흐르나요?

교과서의 내용을 인용하거나 자신의 생각을 포함한 질문들을 사전지식을 표현하지 않는 질문으로 변환한다면 댓글을 다는 학생은 다른 상황에 처하게 된다. 댓글을 다는 입장에서는 질문에 사전지식이 표현되면 답을 찾아야하는 범위가 특정되므로 판단할 경우의 수가 감소하여 심리적 부담이 줄어들 것으로 생각된다.

Q.334-1: 교통카드도 강자성체를 이용한 것인가요?

Q.397-1: 인체를 이용해서 회로를 제작할 수 있나요?

Q.431-1: 자속만 변해도 유도전류가 많이 흐르나요?

질문에서 사전지식이 사용되면 질문하는 학생은 사전지식과 본 질문에서 두 지식을 연결하는 노력을 한 것이고 댓글을 다는 학생은 답을 찾는 과정에서 범위를 축소하여 사전지식과 본 질문과 관계에 집중하게 된다. 즉 사전지식을 표현하는 것은 교과서의 지식이나 자신이 이해한 지식을 바탕으로 질문을 통해 지식을 넓혀가는 과정이라 생각되며 물리 학습에 있어 의미 있는 활동이 될 수 있다.

#### 4.1.4. 질문에서 변인 사용

학생들은 확인 유형의 질문에서 물리 개념과 관련된 변인을 사용하며 탐구 유형 질문에서 일상적인 변인을 주로 사용하였다(표 4-7).

표 4-7. 질문 유형에 따른 변인의 종류

| 자주 사용되는 질문 유형 | 변인의 종류 |
|---|---|
| 확인형 | 자석, 자속, 자기장<br>전하, 전류, 전기장, 전기력 |
| 탐구형 | 길이, 높이, 무게, 소재, 시간, 방향 |

확인 유형의 질문으로 354번, 133번 질문과 같이 교재에 나오는 과학적 현상이나 법칙에서 물리적인 변인에 의한 결과를 묻는 질문이 있다. 이때 학생들이 사용한 변인은 자석, 자속, 자기장, 전하, 전류, 전기장, 전기력의 세기와 같은 전자기장 단원에서 학습하는 개념을 이용하였다.

> Q.354: 마이스너 효과로 인해 밀어낼 수 있는 힘은 자석의 세기와 비례하나요?? 그 이유는 무엇입니까?
> Q.133: 쿨롱법칙에서 상수k ( 진공중 9.0 x 10^9 Nm^2 / C^2 ) 값이 어떻게 발견되었고 진공이 아닌 상태에서는 이 상수 값이 어떻게 변하는지 궁금합니다.

탐구 유형의 질문으로는 233번 질문과 109번 질문과 같이 길이, 높이, 무게, 소재, 시간, 방향과 같은 일반적인 변수도 있다.

Q.233: 만약 번개가 내리친다면 피뢰침이 있는300m 건물과 피뢰침이 없는450m 건물 중 어디에 번개가 내리칠 확률이 더 큰가요?

Q.109: 마찰전기로 인하여 머리카락이 뜨는데 잘 뜨는 머리카락과 잘 뜨지 않는 머리카락이 따로 있나요?

흥미로운 점은 일반적인 변수를 사용한 질문 중 방향을 사용한 질문의 경우 학생의 질문 평가에서 대체로 낮은 점수를 받았는데 409번 질문과 268번 질문은 방향을 변인으로 사용한 질문으로 질문의 길이도 짧지 않고 오류도 없지만 1.5점과 1점을 받았다

Q.409: 자석이 솔레노이드 안쪽이 아닌 바깥쪽 방향에서 운동하면 전류가 생기나요?

Q.268: 전류의 방향이 다른 두 직선 전류 사이에 나침반을 놓으면 나침반의 N극은 어느 쪽을 가리키나요?

변인을 사용한 질문이 교육적 목적에 더 적합하다는 것은 같은 대상에 대해 질문한 아래 두 질문을 비교해 보면 표현의 정확함에서 차이를 확인할 수 있다. 96번 질문은 밴더그래프에 관해 한계치라는 용어를 사용하였기 때문에 답을 하는데 있어 어떤 것의 한계치인지 확인하기 어렵고 정전기의 한계치라고 생각하더라도 쉽게 답을 할 수 없는 어려운 질문이 된다. 88번 질문과 같이 밴더그래프에서 발생하는 정전기의 크기를 전압이라는 변인으로 바르게 표현한다면 댓글을 생각할 때도 정전기의 크기에 대한 답을 찾아야 한다는 문제 해결의 방향을 지시해주고 질문을 발전시켜 탐

구문제로 다루기에도 적합한 질문이 된다.

Q.96: 돌리는 것을 얼마나 돌려야 한계치까지 도달하나요?

Q.88: 돌리는 것을 한번 돌릴 때 마다 정전기가 몇 볼트(v)씩 올라가나요?

4.1.5. 질문에서 논증을 포함

질문에서 사용된 논증을 귀납, 연역, 귀추, 유추로 나누어 분석을 하였고 대표적인 예는 아래 표 4-8과 같다. 귀납의 경우 관찰한 결과를 바탕으로 원리와 법칙을 발견하는 과정인데 319번 질문처럼 개구리가 강한 자기장 안에 떠 있는 모습을 보고 강한 자기장의 영향으로 죽을 수도 있는지 물어보는 질문은 실험 상황을 바탕으로 결과를 찾는 방식이다.

연역의 경우 281번 질문처럼 자기장에 관한 원리와 법칙에서 일상의 상황에 적용한 결과를 묻는 질문으로 기본적으로 원리와 법칙에 대한 이해를 바탕으로 질문을 하고 있기 때문에 질문을 통해 물리학습에 도움을 받는 예로 볼 수 있다.

귀추는 불완전한 논리로 가장 그럴듯한 설명을 찾는 과정으로 학생들의 질문에서 자주 나타나는 방식이다. 423번 질문에서 자석의 성질을 이용해 다른 상황에도 적용한 결과를 묻는 것은 원리나 법칙이 아닌 단편적인 사실을 바탕으로 결과를 추리한다. 귀추의 경우도 막연한 질문이 아닌 사실을 바탕으로 질문하는 단계를 거치기 때문에 물리학습에 도움을 준다고 할 수 있으며 특히 귀추과정에서 생략되거나 약한 논리를 보완하는 방법을 찾는다면 질문의 수준을 높이고 과학학습에 도움이 될 것으로 보인다.

유추는 질문을 쉽게 만들 수 있는 방법이기도 하다. 126번 질문에서 전

기력과 만유인력 공식이 비슷한 모양임을 발견하고 둘 사이의 관계를 묻는 것은 과학적 사고를 확장하고 지식의 관계를 강화하는 과정을 필요로 한다. 전기력과 만유인력의 관계를 묻는 질문이 여러 번 나타났고 다양한 방식의 질문이 가능하다.

Q.140: 쿨롱의 법칙과  F=GMm/r^2은 무슨 관계가 있나요?
Q.144: 만유인력 법칙과 쿨롱법칙이 같은 형태인데, 둘의 차이점이 무엇인가요?
Q.143: F=kqQ/r^2 이고F=gmM/r^2 인데 만약 k=g 이면 일반상대성이론에서 중력질량과 관성질량을 구분하지 못하는 것처럼 두 힘을 구분하지 못하나요?

쿨롱의 법칙과 만유인력 법칙에 대해서 140번 질문은 둘 사이의 관계를, 144번 질문은 둘 사이의 차이를, 143번 질문은 전기력과 중력을 상대성 이론과 연결시킨 높은 수준의 질문을 하였다. 세 질문 모두 유추를 사용한 질문이지만 질문 내용과 수준은 다양하다.

표 4-8. 질문에서 사용된 논증의 종류

| 논증의 종류 | 개수 | 질문 내용 |
|---|---|---|
| 귀납 | 2 | Q.319: 자기장에 영향을 받아 떠있는 모습인데, 자기장을 저렇게 계속 맞으면 죽나요? |
| 연역 | 28 | Q.281: 자석에서 발생하는 자기장은 거리에 반비례해도 그 세기가 완전히 0이 되지는 않을 텐데, 신용카드 같이 자석에 민감한 물체가 비록 멀리 떨어져 있어도 영향을 미치지 않나요? |
| 귀추 | 44 | Q.423: 자석을 가까이 했을 때 규칙적으로 배열된 철가루들이 망가진다면, 약한 자석으로 그 규칙적인 배열을 만든다면 해당 카드를 복사할 수도 있는 건가요? |
| 유추 | 21 | Q.126: 만유인력 법칙이 F=GMm/r제곱입니다. 그러면 전기력 (F=kq1q2/r제곱)과 식이 같은데 두개가 같다고 봐도 될까요?? |

4.1.6. 학생들의 질문 평가 결과 분석

1) 학생 평가 점수 분포

학생들은 친구들의 질문에 대해 리커트 척도에 따른 점수를 부여하였다. 리커트 척도는 5점을 아주 좋은 질문으로 하고 1점을 아주 나쁜 질문으로 두었다. 학생들은 전자기장 단원에서 445개의 질문을 하였고 이 중 323개의 질문에 555개의 질문 평가가 이루어져 질문 하나당 평균 1.7개의 평가를 받았다. 학생 질문의 점수 분포는 표4-1과 같다.

표 4-9. 학생의 질문 평가 점수 분포

| 점수 (반올림) | 질문 수 | 비율 |
|---|---|---|
| 5 | 19 | 5.9% |
| 4 | 39 | 12.1% |
| 3 | 98 | 30.3% |
| 2 | 116 | 35.9% |
| 1 | 51 | 15.8% |
| 합계 | 323 | 100% |

323개 질문의 평가 점수의 평균값은 2.5점으로 학생들은 전체적으로 조금 부정적인 평가를 하였다. 학생의 질문 평가 점수의 분포를 보면 2점 비율이 35.9%로 가장 크다. 또한 좋은 질문이라고 평가한 5점을 받은 질문의 비율이 5.9%, 4점을 받은 질문의 비율이 12.1%로 합쳐서 18.0%인데 반해, 안 좋은 질문에 속하는 1점을 받은 질문이 15.8%, 2점을 받는 질문 35.9%를 합쳐서 41.7%로 긍정적인 평가의 두 배가 넘는다. 이는 학

생들이 전체적으로 질문을 부정적으로 평가하고 있음을 알 수 있다.

학생의 질문 평가 점수를 질문의 수준을 드러내는 정확한 평가 결과로 보기 어려운 부분도 있으며 이는 분석 결과에 어느 정도 영향을 줄 것으로 생각된다. 그 예로 5점과 1점을 받은 질문을 살펴보면 학생들의 질문 평가 점수에 대한 신뢰성을 의심하게 만든다. 5점을 받은 질문을 살펴보면 특별한 규칙과 특징이 발견되지 않는다.

Q.80: 왜 인형은 서지 않나요?

Q.265: 이건 뭐하는 건가요?

Q.298: 건강에 문제가 되나요?

Q.323: 어떻게 되나요?

위와 같은 질문은 질문 자체가 너무 짧아 해석의 여지가 없어 5점을 왜 받았는지 평가하기에 어려움이 있다. 반면 1점을 받은 질문을 보면 31번 질문과 같은 질문 상황을 구체적으로 표현하고 본인의 가정을 포함하는 등 질문으로서 나쁘지 않다고 보이나 학생의 평가에서 1점을 받았다.

Q.31: 사진에는 인형의 머리카락 몇 가닥만이 떠있는데 어떻게 하면 모든 머리를 다 띄울 수 있나요? 제 생각에는 전기의 양을 늘려야 할 것 같아요.

또한 질문 441번과 같은 질문은 학습 목표를 대변하는 질문으로 해당 단원에서 중요한 질문이지만 학생들은 1점으로 평가하였다.

Q.441: 강자성, 상자성, 반자성을 결정짓는 요인은 무엇인가

요?

학생의 질문 평가만을 가지고는 더 자세한 분석에 어려움이 있으며 학생들이 질문을 평가하고 평가받는 상황에서 질문을 할 때 좋은 질문이 무엇인지에 대해 생각하고 고민하는 기회가 제공될 것으로 생각된다. 단 질문평가로 인한 부담으로 질문보다 댓글을 더 선호할 가능성이 크다.

2) 질문 글자 수에 따른 학생의 질문 평가

학생 질문의 글자 수와 학생 질문 평가 점수사이의 관계를 알아보기 글자 수의 분포를 조사해 보았다(표 4-7).

표 4-10. 질문의 글자 수와 학생의 질문 평가 점수

| 점수 (반올림) | 글자 수 |
|---|---|
| 5 | 40.9 |
| 4 | 54.5 |
| 3 | 41.9 |
| 2 | 37.1 |
| 1 | 23.6 |
| 평균 | 38.7 |

323개 질문의 글자 수의 평균값은 38.7로 아래 문장과 같은 길이를 갖는다.

Q.291: 정전기 유도현상이 휴대폰 충전도 쓰인다는데 어떤 형태로 쓰이는 건가요?

글자 수가 가장 많은 질문은 아래와 같은 147 글자로 된 38번 질문이다. 마찰전기로 대전되는 물체가 도체가 아님에도 전자가 이동하는 이유를 묻는 질문으로 학생들은 이 질문을 3점으로 평가하였다.

Q.38: 벤더그래프를 만졌을 때 전자가 머리카락 쪽으로 이동해 전자끼리의 반발력에 의해 머리카락이 뜨다는 것까지는 들어봤는데 이 현상은 전기가 흐를 수 있는 물체에만 해당하는 게 아닌가요? 인형은 전기가 흐를 수 없는데 이런 현상이 일어난 이유가 궁금합니다. #question

질문 점수에 따른 평균 글자 수의 분포를 보면 4점을 받은 질문의 글자 수 평균값이 54.5로 가장 많고 1점을 받은 질문의 글자 수가 23.6으로 가장 낮다. 학생의 질문 평가 글자 수 분포 그래프를 보면 왼쪽으로 치우친 가운데가 볼록한 모양을 보인다. 5점을 제외하고 낮은 점수를 받을수록 글자 수가 감소하는 추세가 보이며 질문의 글자 수와 학생의 질문 평가 점수에 대한 정(+)의 영향을 미칠 것이라는 가설로 단순 회귀분석을 한 결과 t값은 5.279(p=0.000)로 통계적으로 유의수준 하에서 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 질문의 글자 수가 많으면 학생들은 질문의 점수를 높게 평가하는 것으로 나타났다. 회귀모형은 F값이 p=0.000에서 27.873의 수치를 보이고 있으며, 회귀식에 대한 $R^2 = .079$로 7.9%의 설명력을 보이고 있다.

표 4-11. 질문의 글자 수와 학생의 질문 평가 점수의 관계, $^{**}$.p<0.01

| 독립 변수 | 종속 변수 | 표준 오차 | β | t값 | 유의 확률 | 통계량 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 질문 글자수 | 상수 | .103 | - | 19.841 | .000 | R=.282, $R^2$=.079, 수정된$R^2$=.077, F=27.873, p=.000 |
| | 학생의 질문 평가 점수 | .002 | .282 | 5.279 | .000$^{**}$ | |

회귀분석 결과 R=.282로 낮은 상관관계를 보이므로 질문의 글자 수가 질문의 점수에 큰 영향을 준다고 할 수 는 없지만 글자 수가 적은 순서대로 20개의 질문의 글자 수가 9.4이고 평균 점수가 1.9이므로 너무 짧은 질문은 학생의 질문 평가에 부정적 요소가 될 수 있음을 예상할 수 있다. 반면 글자 수가 많은 순서대로 20개 질문의 평균 점수가 3.4라고 하는 것은 질문을 구체적으로 길게 쓰는 것이 좋은 평가를 받는데 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다.

3) 오개념과 오류가 있는 질문의 학생 평가

445개의 질문 중 34개의 질문에서 오개념과 과학적 오류가 발견되었다. 질문에 오류가 있는 것 중 학생평가가 이루어진 22개의 질문의 평균 점수는 2.2로 오류가 없는 질문의 평균 점수인 2.5에 비해 작지만 t값이 -1.579이고 오류 있음과 오류 없음 질문 그룹간의 평균값의 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 평균 점수의 차이는 나타나지 않다는 것은 학생들이 질문을 평가할 때 오개념과 틀린 질문에 대해 인지하지 못하고 있다고 볼 수 있다.

표 4-12. 오류가 있는 질문과 오류가 없는 질문에 대한 T검정 결과

| 구분 | 평균 | | 표준편차 | | t값 | p값 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 오류 있음 (n=22) | 오류 없음 (n=300) | 오류 있음 | 오류 없음 | | |
| 오개념과 오류 | 2.164 | 2.527 | .81 | 1.06 | -1.579 | .115 |

4) 사전지식을 표현한 질문의 학생 평가

사전지식을 표현한 질문은 445개의 질문 중 101개이다. 독립표본 t검정을 거친 결과 사전지식을 표현한 질문 중 학생평가가 이루어진 73개의 평균 점수는 3.0이고, 사전지식이 없는 질문 중 학생평가가 있는 249개 질문의 평균 점수는 2.3이다. 사전지식 표현에서 t값이 -5.122로 평균점수가 유의수준 하에서 사전지식을 표현한 질문의 평균 점수가 더 높은 것으로 나타났다. 따라서 질문에 사전지식을 표현하면 학생들이 통계적으로 좋은 평가를 내린 것을 확인할 수 있다.

표 4-13. 사전지식을 표현한 질문과 아닌 질문에 대한 T검정 결과, *.p<0.05

| 구분 | 평균 | | 표준편차 | | t값 | p값 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 사전지식 없음 (n=249) | 사전지식 있음 (n=73) | 사전지식 없음 | 사전지식 있음 | | |
| 사전지식 표현 | 2.347 | 3.033 | 1.02 | 0.97 | -5.122 | .000* |

4) 변인을 포함한 질문과 학생 평가

변인을 사용한 질문은 445개 중 155개이다. 독립표본 t검정을 사용하여 변인이 있는 질문 중 학생평가가 이루어진 113개의 평균 점수는 2.8이고, 변인이 없는 질문 중 학생평가가 있는 209개의 질문의 평균 점수는 2.4이다. 변인을 사용한 질문의 학생평가 점수가 더 높은 것으로 나타났으며 t값이 -3.598로 유의미한 차이를 보인다. 변인을 포하만 질문에서 학생들이 통계적으로 좋은 평가를 내린 것을 확인할 수 있다.

표 4-14. 변인이 있는 질문과 없는 질문에 대한 T검정 결과, *.p<0.05

| 구분 | 평균 | | 표준편차 | | t값 | p값 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 변인 없음 (n=209) | 변인 있음 (n=113) | 변인 없음 | 변인 있음 | | |
| 변인사용 | 2.351 | 2.782 | 1.07 | 0.94 | -3.598 | .000* |

5) 논증을 포함한 질문과 학생 평가

445개의 질문 중 95개의 질문에서 논증이 사용되었다. 논증을 포함한 질문 중 학생 평가가 이루어진 70개 질문의 평균 점수는 3.0으로 논증이 없는 질문의 평균 점수인 2.4보다 크고 t값이 -4.931로 그룹 간 평균값이 유의미한 차이를 보인다.

표 4-15. 논증이 있는 질문과 없는 질문에 대한 T검정 결과, *.p<0.05

| 구분 | 평균 | | 표준편차 | | t값 | p값 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 논증 없음 (n=252) | 논증 있음 (n=70) | 논증 없음 | 논증 있음 | | |
| 논증 사용 | 2.356 | 3.029 | 1.02 | 0.97 | -4.931 | .000* |

4.1.7 학생 댓글의 특징

질문 분석에서 사용한 질문 대상의 분류에 따른 댓글 만족도는 표 4-16과 같다.

표 4-16. 댓글 대상의 분류와 댓글 만족도

| 대분류 | 만족도 | 중분류 | 만족도 |
|---|---|---|---|
| 전기력 | 2.9 | 전기력 실험 | 2.8 |
| | | 전기력 | 3.3 |
| 전기장 | 3.0 | 전기장 | 2.7 |
| | | 전기력선 | 3.1 |
| 정전기 유도 | 2.9 | 정전기 유도 실험 | 3.3 |
| | | 정전기 유도와 물질 | 2.8 |
| | | 정전기 유도 현상 | 2.7 |
| 자기장 | 3.2 | 자기장 | 3.3 |
| | | 전류에 의한 자기장 | 3.1 |
| 물질의 자성 | 3.1 | 자성실험 | 3.0 |
| | | 자성의 종류 | 3.2 |
| | | 자성의 이용 | 3.2 |
| 전자기유도 | 2.7 | 전자기 유도 실험 | 2.8 |
| | | 전자기 유도 법칙 | 2.8 |
| | | 전자기 유도 이용 | 2.5 |
| 인물 | 3.0 | 전류에 의한 자기장 | 2.5 |
| | | 전자기유도 | 4.0 |
| 기타 | 2.9 | 기타 | 2.9 |

표 4-17. 댓글 분석 항목과 분석 기준

| 댓글 분석 항목 | 세부 항목 | 분석 기준 |
|---|---|---|
| 과학적 사실 | 오개념 | 과학적으로 틀린 개념과 지식 |
| | 과학적 개념 | 과학적인 개념과 지식 |
| 출처와 근거 | 인터넷 | 인터넷 주소 |
| | 교과서 | 교과서 언급 |
| | 출처 없는 인용 | |
| 변인 사용 | 물리 변수 | 물리 학습과 관련된 개념 |
| | 일상 변수 | 크기, 길이, 방향 |
| 논리적 표현 | 귀납 | 관찰 결과로 일반화 시도 |
| | 연역 | 법칙과 원리로 적용 |
| | 귀추 | 그럴듯한 추리 |
| | 유추 | 비슷한 상황을 비교 |

댓글 분석 항목과 그 기준은 표 4-14와 같다.

### 4.1.8. 학생 댓글에서 드러난 오개념과 댓글 오류

댓글에서도 질문과 동일한 오개념이 사용되었다. 전기장과 자기장을 구별하지 못하였고, 마찰 전기에 의한 대전과 정전기 유도가 다른 현상인데도 둘을 구별하지 못하였다. 또한 번개와 같은 불꽃방전이 전기력을 눈으로 보이는 것으로 인지하고 있다(표 4-18). 17번 질문과 같이 질문에 오류가 있더라도 댓글에서 같은 오류를 반복하고 있다. 밴더그래프 위에 앉

아 있는 인형의 머리카락이 뜨는 것을 전하량이 아닌 전류로 표현하고 있는데 댓글에서도 같은 표현을 사용한다. 이런 점을 교사가 확인할 수 있다면 수업에서 학생들의 상황을 인지하고 정전기와 전류에 대한 차이를 수업에서 언급하거나 댓글로 피드백을 줄 수 있다.

> Q.17 전류의 세기가 세면 인형의 머리카락이 뜯겨 나갈 수 있나요?
> A.17 전류가 세면 머리카락만 날리지 않고 아예 인형 몸체 전체가 뜨지 않을까요? 초전도체 실험처럼.

반면에 오류가 있는 질문에 오류를 바로 잡아주고 옳은 답을 하는 댓글도 소수 있었다. 교재에 전기력선을 실험 결과를 보여주는 사진을 보고 자석에 의한 결과로 알고 질문한 163번 질문에 대해 오류를 지적하고 전기력선으로 설명해주는 사례이다. 이 경우를 제외하고 질문에 오류가 있음에도 이를 바로잡는 댓글은 찾기 어려웠다. 이 사례는 댓글을 다는 학생이 물리에 대한 지식이 다른 학생보다 많고 학업 성취도 높은 학생으로 온라인 질의응답 활동에서 교사를 대신해 조교와 같은 역할이 가능하다. 소수의 학생이라도 이런 학생이 질문과 댓글에 오개념과 오류 없이 바르게 진행되는데 도움을 줄 수 있음을 확인하였다.

> Q.163: 그림에선 조그마한 자석으로 실험을 했는데 더 강력한 자석으로 실험을 한다면 철가루는 어떻게 별할까요?
> A.163: 그림에서는 자석으로 실험하지 않았습니다. 더 강력한 자석을 더 강력한 전류의 세기로 바꿔서 얘기해 드리자면 전기력선은 더 촘촘해 질 것입니다.

표 4-18. 오개념과 오류를 포함한 댓글

| 항목 | 댓글 내용 |
|---|---|
| 오개념 | 전기력과 불꽃방전을 같은 것으로 생각<br>전기장과 자기장을 구별 못함.<br>대전과 정전기유도를 구별 못함. |
| 틀린 댓글 | 정전기로 전구의 불을 켤 수 있음.<br>부도체는 전자의 이동이 일어나지 않음.<br>인형 머리카락은 전도성 플라스틱임.<br>쿨롱힘, 중력은 가짜힘이다.<br>쿨롱법칙은 진공에서만 됨.<br>물에서 자유전자의 이동으로 유전분극 발생<br>전기력선의 수는 무수히 많다.<br>정전기 유도가 유전 분극보다 더 세다.<br>철은 인공자석<br>철이 대전되어 자석이 됨. |
| 댓글 오류 | 설명을 이해할 수 없음. A.156, A.158<br>질문과 관련 없는 지식 A.159<br>머릿속에서 나온 지식 A.313 |

틀린 댓글은 질문에 답이 되지 않고 잘못된 지식을 포함한 질문이다. 22번 질문과 같이 밴더그래프 위에 앉아있는 인형에 대전된 전기로 전구의 불을 켤 수 있는지 묻는 질문에 댓글로 인형의 머리카락에 전하가 대전되어 있으므로 전구의 불을 켤 수 있을 것이라 답하였다. 전구의 불을 켜기 위해서는 충분한 전하가 있고 전압과 전류, 방전되는 시간을 고려해야 하지만 학생들이 여기까지 알기에는 어려움이 있으며 비록 교재의 실험에서 네온관을 사용하기 때문에 이를 같은 전구로 보고 답을 한 것일 수 있다. 이런 질의응답을 관찰한 교사는 학생들에게 심화된 물리학습의

기회를 제공할 수 있다. 네온관 전구와 LED 전구, 꼬마전구로 실험을 보여주고 각 경우 차이를 바탕으로 전기 에너지와 연결시킬 수 있다.

Q.22 인형의 머리카락을 전극에 연결하면 전구의 불을 밝힐 수 있을까요?
A.22 머리카락은 전하된 물체에 닿아서 한 전하로 대전되어 있으므로 머리카락이 전구와 연결된다면 가능할 수도 있겠네요.

댓글 오류는 댓글을 해석할 수 없거나 질문과는 관계없는 지식이거나 아무 근거 없는 개인적인 의견의 댓글들이다. 178번 댓글을 보면 의사소통능력의 문제일 수 있고 답을 찾기 위한 고민 없이 쉽게 대답하는 학생들의 특성으로 보인다. 온라인 질의응답 활동의 참여와 상호작용 측면에서 일정부분 기여할 수 있으나 본 활동이 교육적 목적이 있음을 상기시키고 학생 활동의 개선하기 위해서는 시간을 두고 지속적인 질의응답 활동을 통해 목적에 맞는 활동을 경험하게 하는 방법이 필요할 것으로 보인다.

Q.178: 정전기가 물에만 작용하나요? 아니면 수도꼭지에도 작용을 하나요?
A.178a: 물에만 작용하니까 물이 휘겠지
A.178b: 철이란 철은 다 흡수 가능합니다.

4.1.9. 댓글에서 출처의 사용

학생들은 질문에 답을 하는 과정에서 인터넷 사이트를 이용하거나 교과서의 내용을 참고하여 댓글을 단다. 이 때 인터넷 출처는 웹주소를 직접 제시하였는데 개인 블로그, 네이버 지식인 서비스, 위키백과사전과 같은 인터넷 사전과 공식 홈페이지를 포함한다. 교과서는 직접 해당 지문을 인용하였고 또는 출처 없이 직접적으로 교과서란 말을 언급하지 않았지만 교과서의 지문을 발췌한 것으로 보이는 댓글도 있다. 데이터 자료를 직접 제시한 경우도 있다(표 4-19).

표 4-19. 출처를 포함한 댓글

| 출처 종류 | 출처 사례 |
|---|---|
| 교과서 | 지문 |
| 인터넷 사이트 | 개인 블로그<br>네이버 지식인<br>위키백과사전<br>인터넷 사전<br>공식 홈페이지 |
| 출처없는 인용 | 적혀있네요.<br>라고 하네요. |
| 데이터 자료 | 쿨롱 상수 데이터<br>LED 전압, 전류 데이터 |

231번 질문에서 피뢰침의 가격을 물어보았을 때 댓글에서 출처를 한국물가정보 홈페이지로 제시하였다. 이것은 기존의 출처가 블로그나 지식인 서비스와 같은 개인적이고 간접적인 지식인데 반해 공식 홈페이지를 이용한 것으로 학생들이 바르게 정보를 찾는 방법으로 적합하며 권장할 필요

가 있음을 보여주는 사례이다.

> Q.231: 피뢰침 하나 가격이 어느 정도 되나요?
> A.231: 전기물품/자재등의 개략적인 가격을 알고 싶으면 한국물가정보 홈페이지(www.kpi.or.kr)에 무료회원 등록하고 검색해 보면 알 수 있습니다. 한국물가정보/전기자재/접지.피뢰자재"에 가보면1) 파워트로닉스 고전압 유도광역 피뢰침(이온방사형 피뢰침)- SE6(보호반경 54m) 4,500,000원/본- SE9(보호반경 73m) - 이하 생략-

대부분의 인터넷 출처는 인터넷 주소만 제공하고 말았다. 간혹 출처의 내용을 복사해 붙인 경우로 있지만 출처의 내용을 이해하고 자신의 글로 정리해서 적은 경우는 308번 댓글뿐이었다. 인터넷 주소만 제공되었을 때 해당 사이트로 이동해 답을 찾는 방법도 나쁜 것은 아니지만 댓글을 쓰는 학생이 자신의 글로 정리해서 댓글을 쓸 경우 지식을 습득하고 표현하는 능력을 키워준다는 점에서 교육적 목적에 부합한다고 할 수 있다.

> A.308:토로이드는 이상적으로는 외부자기장이 0입니다. 또한 토로이드는 솔레노이드에 비해 더 높은 인덕턴스(단위 H)를 갖습니다. 이용하는 예로는 토카막을 만들며 핵융합장치로 이용한다고 합니다.(출처: https://terms.naver....)

4.1.10. 댓글에서 변인 사용

질문에서 변인을 사용하면 댓글에서도 변인의 결과에 대한 설명으로 댓글을 달았다. 16번 질문에서 마찰전기의 세기에 대한 변인을 사용하였을 때, 댓글에서는 전기장의 세기, 전기력의 세기, 전하의 크기와 같은 마찰전기와 관련 있는 변인으로 확장되어 댓글에서 사용되었다.

Q.16: 마찰전기가 강할수록 머리카락이 더 많이 뜨나요?
A.16a: E=F/q 에 따라 전기장의 세기와 전기력은 비례하기 때문에, 더 많은 영역이 에너지를 받아 많이 뜨게 됩니다.
A.16b: 마찰 전기가 강할수록 전기력이 강해지기 때문에 머리카락이 보다 더 많이 뜰 것 같네요
A.16c: 마찰전기에 의한 전하는 전기력의 크기와 비례하므로 더 많이 뜨겠네요.

27번 그림과 같이 변인을 소재로 한 질문에서 댓글도 부도체나 전도성 플라스틱과 같은 예로 설명을 시도하였지만 물리 개념에 해당하는 변인보다 틀린 답도 많고 정교한 설명은 일어나지 않았다.

Q.27: 인형의 머리카락이 어떤 재질이기에 정전기가 발생하나요?
A.27: 부도체이면 전자의 이동은 일어나지 않지만 인형머리카락이 전도성플라스틱이기 때문에 정전기가 발생합니다.

4.1.11. 댓글에서 논증 사용

댓글에서는 질문과 달리 공식이나 원리를 적용하여 설명하는 연역적 논리가 보다 쉽게 나타났다. 16번 댓글에서 전기장 공식을 이용해 변인 간 관계를 설명하거나 공식은 없더라도 변인과 변인사이의 연역적 관계를 표현하려는 경향이 두드러졌다.

Q.16: 마찰전기가 강할수록 머리카락이 더 많이 뜨나요?
A.16a: E=F/q 에 따라 전기장의 세기와 전기력은 비례하기 때문에, 더 많은 영역이 에너지를 받아 많이 뜨게 됩니다.
A.16b: 마찰 전기가 강할수록 전기력이 강해지기 때문에 머리카락이 보다 더 많이 뜰 것 같네요
A.16c: 마찰전기에 의한 전하는 전기력의 크기와 비례하므로 더 많이 뜨겠네요.

질문에서 유추를 사용한 경우 댓글에서도 유추 방식을 사용한 댓글이 등장한다. 126번 질문에서 만유인력과 전기력을 비교해서 질문했을 때 댓글에서도 만유인력과 전기력의 차이를 정확하게 설명하였다. 즉 질문에서 논리적 사고를 포함한다면 댓글 또한 비슷한 논리를 사용하게 되고 답을 찾는 과정에서도 옳은 답을 찾을 가능성이 높아지고 과학적으로 유의미한 학습으로 연결된다.

Q.126: 만유인력 법칙이 F=GMm/r제곱입니다. 그러면 전기력(F=kq1q2/r제곱)과 식이 같은데 두개가 같다고 봐도 될까요?
A.126: 만유인력법칙은 질량을 가진 두 물체 사이의 힘을 나

타내는 것이고 쿨롱법칙은 두 전하사이 척력이나 인력을 나타내는 것이므로 다릅니다.

하지만 귀추의 경우 논리 사이에 생략되거나 비약이 있을 수 있으므로 이 부분을 보완할 필요가 있다. 댓글 132에서 쿨롱 법칙의 거리만을 고려해 무한대로 보고 전기력도 0이라는 결론을 내렸다. 전하의 크기와 광년 단위가 멀기도 하지만 경우에 따라 0으로 두지 않을 수도 있으므로 이 부분에 대한 보완이 필요하다.

Q.132: 쿨롱의 법칙이 거리의 제곱에 반비례한다는데, 그렇다면 광년 단위로 떨어진 먼 우주에도 미세하게나마 영향을 끼칠 수 있나요?
A.132: 광년단위로 떨어진 거리는 거의 무한대에 가까우니 lim r 이 무한대로 가는 걸로 생각하면 0아닌가요?

4.1.12. 학생들의 댓글 평가 결과 분석

1) 학생 댓글 점수 분포

질문을 한 학생은 자신의 글에 달린 댓글에 대한 만족도를 리커트 척도에 따라 평가하였다. 척도는 아주 만족을 5점으로 하고 1점을 매우 불만족으로 두었다. 852개의 댓글 중 평가가 이뤄진 368개의 댓글의 분포는 아래 표와 같다.

표 4-20. 학생의 댓글 평가 점수 분포

| 점수 | 댓글 수 | 비율 |
|---|---|---|
| 5 | 56 | 15.2% |
| 4 | 70 | 19.0% |
| 3 | 127 | 34.5% |
| 2 | 56 | 15.2% |
| 1 | 59 | 16.0% |
| 합계 | 368 | 100% |

댓글 점수의 평균값은 3.02 점으로 질문 평가 점수의 평균값인 2.50 점보다 높으며 리커트 척도 기준으로 보통 만족에 해당한다. 학생의 댓글 평가 점수 분포를 보면 3점 보통 만족의 비율이 34.5%로 가장 크고 나머지 점수의 비율이 비슷한 비율을 갖는다. 만족에 해당하는 5점과 4점의 비율의 합은 34.2%이고 불만족에 해당하는 2점과 1점의 비율 합은 31.2%로 만족이 불만족보다 조금 높다.

5점을 받은 댓글 중에는 181번과 319번 댓글과 같은 연구자의 입장에서 답변이 틀렸거나 내용이 부족해 보이는 댓글도 다수 발견되어 학생의

댓글 점수만으로 학생의 활동을 분석하는 것은 어려움이 있다. 다행히 내용이 충실한 댓글을 중심으로 분석적 해석은 가능해 보인다.

Q.181: 대전된 막대를 흐르는 수돗물에 가까이하면 수돗물이 막대 쪽으로 휜다고 하는데 막대 바깥쪽으로 휠 수 있게 할 순 없을까요?(4.2점)
A.181a: 그렇게 하려면 더 큰 전류가 막대에 대전되어야 하지 않을까요?(5점)
Q.319: 자기장에 영향을 받아 떠있는 모습인데, 자기장을 저렇게 개속 맞으면 죽나요?(2.5점)
A.319: 죽진 않을 것 같아요.(5점)

학생의 댓글 만족도에서 1점을 받은 댓글들은 다른 댓글들과 양적으로 질적으로 차이를 보이며 학생들의 평가 결과에 쉽게 공감이 간다. 74번 댓글처럼 단답형이거나 53번처럼 근거나 논리가 없는 추측형태의 답변이다. 드물게 419번 댓글처럼 질문에 답이 되는 답변을 1점의 처리하는 경우도 있으므로 학생의 댓글 만족도 점수만 가지고 온라인 질의응답 활동을 분석할 수 없음을 말해준다.

Q.74: 인형 머리카락이 어느 방향을 향해 뻗치나요?(1점)
A.74: 사방으로요(1점)
Q.53: 머리카락이 왜 전부 꼿꼿이 서지 않고 일부만 꼿꼿이 서나요?(1점)
A.53: 전기의 양이 그다지 강하지 않기 때문이 아닐까요?(1점)
Q.419: 마그네틱 선 부분에 자석을 가져다 대면 카드가 고장

나는 이유가 전자기 유도와 관련 있나요?(2.7점)

A.419: 일정한 규칙으로 배열된 철가루가 자석을 만나면 자석의 힘 때문에 배열이 망가집니다.(1점)

2) 댓글 글자 수에 따른 학생의 댓글 평가

학생 댓글의 글자 수와 댓글의 만족도 사이의 점수 관계를 알아보기 위해 글자 수의 분포를 조사해 보았다.(표 4-19).

표 4-21. 댓글의 글자 수와 학생의 질문 평가 점수

| 점수 (반올림) | 글자 수 |
|---|---|
| 5 | 99.2 |
| 4 | 84.3 |
| 3 | 56.6 |
| 2 | 44.1 |
| 1 | 36.2 |
| 평균 | 63.2 |

852개의 댓글 중 평가가 이뤄진 368개의 댓글의 평균값은 63.2로 질문 글자 수의 평균값인 38.7보다 더 많다. 가장 글자 수가 많은 댓글은 264번 댓글로 외르스테드가 전류에 의한 자기력의 발견 과정을 묻는 질문에 대해 네이버 지식백과의 내용을 편집하여 답을 하였다.

> A264: 덴마크의 과학자 외르스테드는 전기에 관한 강의를 담당하면서, 강의중에 실험을 직접 시연하는 모습을 보였습니다. 그러다 뇌우가 치는 동안 자침이 변화한 것을 머리에 떠올렸고, 그와 동시에 갈바니 회로의 방전이 곁에 놓인 자침에 작용을 할 수 있겠다는 추측을 하게 되었습니다. 이를 입증하기 위

해 볼타전지의 양극과 음극 양 끝을 잇는 철사에 강한 전류를 흘려보냈고 북쪽에서 남쪽 방향을 향하는 철사 옆에 나란히 놓인 나침반의 바늘은 철사의 방향과 수직하게 동쪽에서 서쪽을 향하도록 90도 회전한 다음 계속 그 방향을 가리켰습니다. 다음에는 철사에 흐르는 전류의 방향을 바꾸자 나침반의 바늘은 즉시 180도 회전했고, 철사가 놓인 방향에 상관없이 바늘은 철사에 흐르는 전류의 방향에 따라서 철사의 한쪽 옆이나 다른 쪽 옆을 향했습니다. 이러한 실험으로 외르스테드는 자침에 작용하는 힘의 양상이 정전기력이나 만유인력과 다르다는 점을 알 수 있었습니다. 이때 바늘이 회전했다는 사실은 두 질량이나 두 전하 사이에 작용하는 단순한 인력이나 척력으로 설명하기 어려웠고 이것은 전류에서 발생한 회전력이 영향을 준다는 점을 시사했습니다. 또한 나침반의 바늘이 전하에 의해 영향을 받지는 않는다는 사실로부터 그 회전이 자기적인 효과라는 것을 통해 외르스테드는 전선을 통해 흐르는 전류가 자기를 발생시킨다는 결론에 도달했습니다.

가장 글자 수가 적은 댓글은 “네”와 같은 답변으로 11번 쓰였다. 확인 질문에 동의해주기는 하지만 본 연구에 맞는 분석은 불가능하다.

댓글 점수에 따른 글자 수를 보면 꾸준히 증가하는 경향을 보인다. 댓글의 글자 수와 학생의 댓글 만족도 점수에 정(+)의 영향을 미칠 것이라는 가설로 단순 회귀분석을 한 결과 t값은 31.272(p=0.000)로 통계적으로 유의수준 하에서 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 댓글의 글자 수가 많으면 학생들은 댓글의 만족도 점수를 높게 평가하는 것으로 나타났다. 회귀모형은 F값이 p=0.000에서 37.789의 수치를 보이고 있으며, 회귀식에

대한 $R^2 = .094$로 9.4%의 설명력을 보이고 있다.

표 4-22. 댓글의 글자 수와 학생의 댓글 평가 점수의 관계, $^{**}$.p<0.01

| 독립 변수 | 종속 변수 | 표준오차 | β | t값 | 유의확률 | 통계량 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 댓글 글자수 | 상수 | .085 | - | 31.272 | .000 | R=.306, $R^2$=.094, 수정된$R^2$=.091, F=37.789, p=.000 |
| | 학생의 댓글 평가 점수 | .001 | .306 | 6.147 | .000$^{**}$ | |

회귀분석 결과 R=.306으로 낮은 상관관계를 보이므로 댓글의 글자 수가 댓글의 만족도 점수에 큰 영향을 준다고 할 수 는 없지만 댓글을 쓸 때 너무 짧게 쓰는 것은 질문한 학생에게 좋은 평가를 받지 못함을 예상 할 수 있다. 이 결과가 댓글을 길게 써야 좋다는 것은 아니며 너무 긴 댓글은 학생들이 컴퓨터 화면으로 읽기에 부담이 되며 관심도도 떨어질 것이므로 너무 긴 댓글은 자신이 이해한 내용으로 줄여서 쓰는 것이 좋다.

3) 오개념과 오류가 있는 댓글의 학생 평가

365개의 댓글 중 127개의 댓글에서 오개념과 오류가 발견되었다. 오류가 있는 댓글의 평균 점수는 2.7로 오류가 없는 질문의 평균 점수인 3.2보다 0.5점 작으며 t값이 -3.823이고 오류 있음과 오류 없음 질문 그룹 간 평균값의 유의미한 차이가 났다. 따라서 댓글에 오류가 없는 것이 댓글의 만족도에 영향을 줄 수 있음을 확인할 수 있었다.

표 4-23. 오류가 있는 댓글과 오류가 없는 댓글에 대한 T검정 결과, *.p<0.05

| 구분 | 평균 | | 표준편차 | | t값 | p값 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 오류 있음 (n=127) | 오류 없음 (n=238) | 오류 있음 | 오류 없음 | | |
| 오개념과 오류 | 2.70 | 3.22 | 1.249 | 1.223 | -3.823 | .000* |

4) 변인을 포함한 댓글과 학생 평가

변인을 사용한 댓글은 361개 중 100개이다. 독립표본 t검정을 사용하여 변인이 없는 댓글 중 학생평가가 이루어진 261개의 평균 점수는 2.9이고, 변인이 있는 질문 중 학생평가가 있는 100개의 질문의 평균 점수는 3.4이다. 변인을 사용한 질문의 학생평가 점수가 더 높은 것으로 나타났으며 t값이 -3.720로 유의미한 차이를 보인다.

표 4-24. 변인이 없는 댓글과 변인이 있는 댓글에 대한 T검정 결과, *.p<0.05

| 구분 | 평균 | | 표준편차 | | t값 | p값 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 변인 없음 (n=261) | 변인 있음 (n=100) | 변인 없음 | 변인 있음 | | |
| 변인 사용 | 2.90 | 3.44 | 1.264 | 1.149 | -3.720 | .000* |

5) 논증을 포함한 댓글과 학생 평가

365개의 댓글 중 107개의 질문에서 논증이 사용되었다. 논증을 포함한 질문 중 학생 평가가 이루어진 107개 질문의 평균 점수는 3.5로 논증이 없는 질문의 평균 점수인 2.8보다 크고 t값이 -4.802로 그룹 간 평균값이 유의미한 차이를 보인다.

표 4-25. 논증이 없는 댓글과 논증을 포함한 댓글에 대한 T검정 결과, *.p<0.05

| 구분 | 평균 | | 표준편차 | | t값 | p값 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 논증 없음 (n=258) | 논증 있음 (n=107) | 논증 없음 | 논증 있음 | | |
| 논리 사용 | 2.84 | 3.51 | 1.245 | 1.152 | -4.802 | .000* |

6) 학생의 댓글 분석 종합

학생의 댓글 평가 점수에 대한 과학적 사실과 출처 제시, 변인 사용, 논리적 표현의 다중 회귀분석 결과 과학적 사실은 t값이 2.791, 출처 제시는 t값이 2.333, 변인 사용은 t값이 2.179, 논리적 표현은 t값이 5.606으로 나타났다. 회귀모형은 F값이 p=0.000에서 18.686의 수치를 보이고 있으며, 회귀식에 대한 $R^2$=.208으로 20.8%의 설명력을 보이고 있다.

표 4-26. 학생 댓글 평가 점수에 대한 다중 회귀분석 결과
$^{*}$.p<0.05, $^{**}$.p<0.01

| 종속 변수 | 독립 변수 | 표준 오차 | β | t값 | 유의 확률 | 공차 한계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 학생의 댓글 점수 | 상수 | .383 | | .170 | .865 | |
| | 과학적 사실 | .127 | .135 | 2.791 | .006$^{**}$ | .953 |
| | 출처 사용 | .243 | .113 | 2.333 | .020$^{*}$ | .953 |
| | 변인 사용 | .137 | .107 | 2.179 | .030$^{*}$ | .927 |
| | 논리 | .139 | .309 | 5.606 | .000$^{**}$ | .733 |
| R=.456, $R^2$=.208, 수정된 $R^2$=.208, F=18.686, p=.000, Durbin-Watson=1.601 | | | | | | |

## 4.2. 학생의 질문과 댓글의 수준

### 4.2.1. 교과서 전자기장 단원 구성과 활동 구분

고등학교 물리1 전자기장 단원은 전기장과 전기력선, 정전기 유도, 전류에 의한 자기장, 물질의 자성, 전자기 유도의 5개의 소단원으로 구성되어 있으며 각 단원은 들어가기, 살펴보기, 알아보기, 개념 넓히기 순서로 되어있다. 그림 4-1과 같이 들어가기는 흥미를 높이는 실험이나 소재에 질문과 설명으로 되어있고, 살펴보기는 간단한 실험과 개념 소개를 하며, 알아보기는 공식이나 법과 개념을 설명하는 모델을 구체적으로 제시하였고, 개념 넓히기는 일상 주제로 개념을 확장한 사례나 심화된 내용으로 구성되어있다.

질의응답 분석을 위해서 들어가기 활동에서 실험, 알아보기 활동에서 법칙, 알아보기 활동에서 모형그림, 개념 넓히기 활동에서 적용 사례로 구분하여 분석을 하였다.

## 들어가기

**들어가기** 인형의 머리카락이 사방으로 뻗친 까닭은 무엇일까?

밴더그래프는 물체를 서로 마찰할 때 생기는 마찰 전기를 이용하여 많은 양의 전하를 모을 수 있는 장치이다. 밴더그래프에 인형을 올려놓으면 인형의 머리카락이 곳곳이 선다.

**생각해 보기**

- 인형의 머리카락 사이에는 어떤 힘이 작용하는가?
- 인형의 머리카락이 사방으로 뻗친 까닭은 무엇인가?

## 살펴보기

**살펴보기** 전기력의 성질을 알아보자.

그림 Ⅱ-1과 같이 서로 다른 두 종류의 물체를 마찰하면 각 물체는 다른 물체를 끌어당기거나 밀어내는 성질을 가지게 되는데, 이것은 마찰 과정에서 물체가 전기를 띠기 때문에 나타나는 현상이다. 이와 같이 마찰에 의해 발생하는 전기를 **마찰 전기**라고 한다. 전기를 띠는 물체를 **대전체**라 하며 전기적인 현상을 일으키는 원인을 **전하**라고 한다. 또, 전하 사이에 작용하는 힘을 **전기력**이라고 한다.

볼펜을 다른 물체에 문질러 전하를 띠게 하여 전기력의 크기를 알아보자.

그림 Ⅱ-1 마찰 전기

**미니 탐구** 전기력의 크기 알아보기

1 볼펜 두 개를 한꺼번에 머리카락에 문질러 대전시킨다.
2 대전된 볼펜 한 개를 작은 화장품 위에 올려놓는다.
3 대전된 다른 볼펜 한 개를 작은 화장품 위에 놓인 볼펜에 가까이 가져간다.
4 볼펜 두 개를 좀 더 충분히 마찰시킨 다음 작은 화장품 위에 놓인 볼펜에 가까이 가져간다.

? 두 볼펜 사이에는 어떤 힘이 작용하는가?
? 두 볼펜 사이의 거리가 가까워질수록 힘의 크기는 어떻게 변하는가?
? 두 볼펜 사이에 작용하는 힘의 크기는 전하의 양과 어떤 관계가 있는지 토의해 보자.

5 볼펜을 털가죽으로 문지른 다음 대전된 볼펜을 작은 화장품 위에 올려놓고, 털가죽을 볼펜 가까이 가져간다.

? 볼펜과 털가죽 사이에는 어떤 힘이 작용하는가?

## 알아보기

**알아보기** 전기장과 전기력선

대전체에 다른 대전체를 가까이 가져가면 전기력이 작용한다. 쿨롱은 두 전하 사이에 작용하는 전기력이 전하량의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리 제곱에 반비례한다는 것을 알아내었다. 이것을 **쿨롱 법칙**이라고 한다. 전하량 $q_1$, $q_2$(C)인 대전체가 거리 $r$(m) 만큼 떨어져 있을 때 작용하는 전기력의 크기 $F$(N)는 다음과 같다.

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2} \quad (\text{진공 중: } k=9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)$$

서로 떨어져 있는 전하들 사이에는 전기력이 어떻게 작용하는지 알아보자.

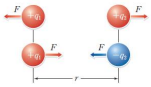
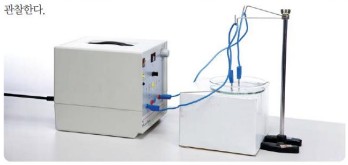


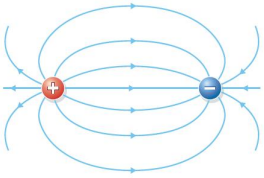
그림 Ⅱ-2 전기력

쿨롱(Coulomb C. A.: 1736~1806) 프랑스의 물리학자이다. 대전 입자 사이에 작용하는 인력 및 척력을 측정하여 쿨롱 법칙을 발견하였다.

관찰한다.



5 kV까지 가능한 고전압 전원 장치를 사용한다.
• 전원을 켠 후 바나나 도선끼리 또는 사각형 구리판끼리 서로 닿지 않도록 주의한다.



부호가 반대인 두 전하 주위의 전기력선

## 개념 넓히기

**개념 넓히기** 다양한 전기력선

두 전하의 전하량이 서로 다른 경우에는 전기장이 어떻게 형성되는지 알아보자.

전하량이 $-Q$와 $+2Q$인 두 전하 사이의 전기력선은 그림 Ⅱ-6과 같다. 전기력이 전하량에 비례하므로 전기력선은 전하량에 비례하여 그 개수를 조절한다. $-Q$에 들어가는 선들보다 $+2Q$에서 나가는 전기력선의 수가 2배 많다. 이것은 $+2Q$에 의한 전기장의 세기가 $-Q$에 의한 전기장의 세기보다 2배 크다는 것이다.

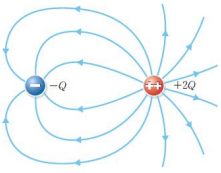



그림 Ⅱ-6 전하량이 다르고 부호가 반대인 두 전하 사이의 전기력선

그림 Ⅱ-7과 같이 부호가 서로 반대이고, 전하량이 같은 두 개의 평행한 금속판 사이의 전기력선은 (+)판에서 나와 (−)판으로 들어간다. 두 판 사이의 간격이 매우 가까우면 판의 가운데 부분에서의 전기력선은 서로 평행하고 일정한 간격이 된다.

전기력선의 간격이 일정한 것은 두 판 사이에서 전기장 세기가 일정하다는 것을 의미한다. 평행한 금속판 사이에는 방향과 세기가 일정한 전기장이 형성된다. 이러한 전기장을 **균일한 전기장**이라고 한다.

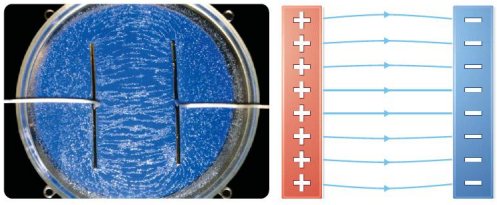


그림 Ⅱ-7 평행한 금속판 사이의 전기력선

그림 4-1. 교과서 전기장과 전기력선 단원의 구성

#### 4.2.2. 실험에서 질문과 댓글 수준

밴더그래프 정전기 실험에서 질문 키워드는 소재, 길이, 면적, 모양과 같은 일반적 변수와 마찰전기, 전류, 전기력선, 전하, 절연과 같은 물리 내용과 관련된 용어로 묶을 수 있다. 정전기 현상과 관련하여 정전기가 발생하는 소재에 대한 질문이 많았고 마찰전기의 세기에 관한 질문이 뒤를 이었다. 특이한 점은 정전기 현상과는 관련이 없는 전류가 키워드로 자주 등장하였고 질문 내용에서 잘못된 내용이 발견되었다. 학생들은 정전기와 전류를 구분하지 못하는 물리 오개념을 가지고 있음을 확인할 수 있다(그림 4-2).

가장 많은 수의 지식 구성과 관련된 질문 수준은 진술이며 뒤를 이어 추측과 가설이 나타났고 추론은 두 건이 발견되었다. 구체적 사실을 기반으로 한 설명 수준은 나타나지 않았다(표 4-30). 추측은 일반적 변수를 사용한 질문이 많았고 물리 용어를 키워드로 한 질문은 가설 수준이 많았다(그림 4-2). 가설 수준의 기준이 변인을 기반으로 결과를 예상하는 질문이기 때문에 일반적 변수만을 사용해서 가설을 정하기 어려운 이유라고 생각된다.

소재를 키워드로 한 질문에 달린 댓글의 수준은 표 4-28과 같이 진술, 추측, 가설, 설명 수준으로 나타났다.

그림 4-2. 밴더그래프 정전기 실험에서 질문 분석

공중부양 개구리 실험에서 학생들은 생명윤리를 키워드로 가장 많은 질문을 하였고 개구리 움직임 방향, 힘, 반자성체, 가격을 키워드로 질문하였다. 최근 생명의료윤리에 대한 사회적 관심이 높아졌고 학생들 또한 이 부분에 민감하게 반응한 것으로 보인다(그림 4-3).

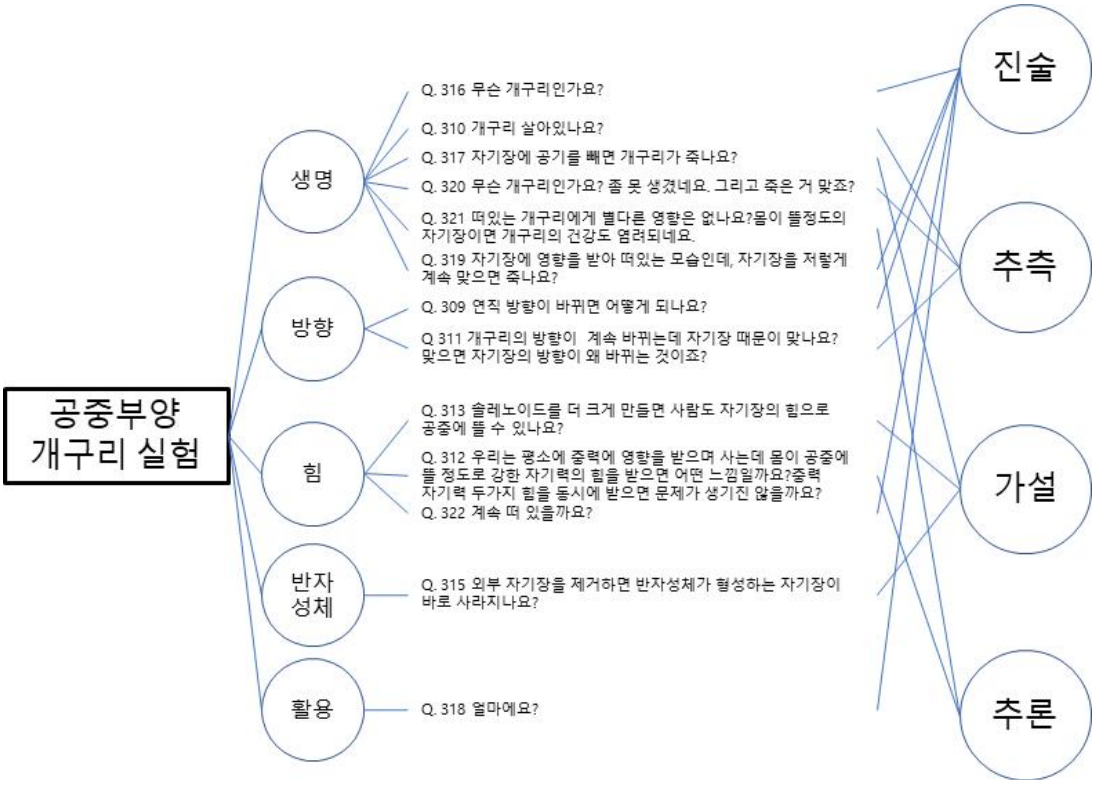



그림 4-3. 공중부양 개구리 실험에서 질문 분석

표 4-27. 밴더그래프 실험 - 소재 키워드에서 댓글의 수준

| 댓글 수준 | 댓글 내용 | 개수 |
|---|---|---|
| 추론 | 없음 | 0 |
| 설명 | A.23: 도체가 아니라면, 유전분극이라는 현상이 이를 설명합니다. 인형의 머리카락은 도체가 아니기 때문에, 성분은 크게 중요하지는 않습니다.<br>A.33: 모발은 신체의 털을 말한다. 손바닥, 발바닥, 점막과 피부의 경계부위, [생략] 인형의 재질은 플라스틱 입니다.[네이버 지식백과] https://terms.naver....">모발 [hair, 毛髮] (서울대학교병원 신체기관정보, 서울대학교병원)<br>A.40:https://kin.naver.co...플라스틱이라네요^^ | 5 |
| 가설 | A.14: 자기장이 더 강해지면 모두 뜰 것 같습니다<br>A.40: 동물의 털도 전기를 띠는 대전체이므로 털이 뜰 것입니다.<br>A.52: 고무는 전기가 안통해서 안 슬 것 같네요. | 8 |
| 추측 | A.13: 다 뻗치지 않을까요?<br>A.14: 사람으로 실험을 하면 전류가 몸에 흡수되지 않을까요? | 8 |
| 진술 | A.13: 모두 사방으로 뻗칩니다.<br>A.15: 전류가 흐르는 무엇이면 다 됩니다.<br>A.27: 전도성플라스틱입니다 | 9 |

표 4-28. 밴더그래프 실험 - 마찰전기 키워드에서 댓글의 수준

| 댓글 수준 | 댓글 내용 | 개수 |
|---|---|---|
| 추론 | A.16: E=F/q 에 따라 전기장의 세기와 전기력은 비례하기 때문에, 더 많은 영역이 에너지를 받아 많이 뜨게 됩니다.<br>A.16:마찰전기에 의한 전하는 전기력의 크기와 비례하므로 더 많이 뜨겠네요. | 2 |
| 설명 | A.20: 마찰을 시킬수록 전하량의 크기는 더 커지므로 더 많은 머리카락이 더 높이 뜨게 됩니다<br>A.47: 가장 음으로 대전되기 쉬운 에보나이트를 마찰시키면 더욱 강한 마찰 전기가 발생합니다.<br>A.47: 대전열에서 멀리 있는 두 물체를 대전할수록 마찰세기는 더 세집니다.<br>A.54: 정전기가 세지면 그 만큼 영향 받는 것도 커질 것이므로 머리카락이 사방으로 퍼질 것으로 보입니다. | 4 |
| 가설 | A.16: 마찰 전기가 강할수록 전기력이 강해지기 때문에 머리카락이 보다 더 많이 뜰 것 같네요 | 1 |
| 추측 | A.21: 더 뻣뻣하게 뜨기만 할 뿐 뜨지는 않을 것 같습니다.<br>A.21: 다 빠지지는 않을 것 같습니다<br>A.21: 아니요. 그 정도로 강하지는 않을 겁니다.<br>A.31: 전기의 양을 늘려야 하는 것이 맞겠죠?<br>A.54: 모든 머리카락이 영혼을 가진 것처럼 이리저리 나댈 것 같아요 | 5 |
| 진술 | A.21: 아니요<br>A.31: 알면서 왜 질문을 | 2 |

표 4-29. 실험관련 질문과 댓글의 수준 분포

| | 질문 개수 | 옳은 댓글 개수 | 틀린 댓글 개수 | 댓글 없음 개수 | 댓글 개수 합 |
|---|---|---|---|---|---|
| 추론 | 4 (9%) | 2 (4%) | 6 (14%) | 0 | 8 (9%) |
| 설명 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 가설 | 13 (29%) | 21 (45%) | 7 (17%) | 1 (17%) | 28 (31%) |
| 추측 | 10 (22%) | 9 (19%) | 15 (36%) | 1 (17%) | 24 (27%) |
| 진술 | 18 (40%) | 15 (32%) | 14 (33%) | 4 (67%) | 29 (33%) |
| 합계 | 45 (100%) | 47 (100%) | 42 (100%) | 6 (100%) | 89 (100%) |

### 4.2.3. 물리 법칙에서 질문과 댓글 수준

쿨롱 법칙에서 학생들은 진공, 만유인력 법칙, 인물, 상수, 적용, 단위, 힘을 키워드로 질문하였다. 쿨롱 상수는 만유인력이나 진공과 연결되는 질문도 나타났다. 교과서의 쿨롱 법칙과 관련된 표기에서 쿨롱 상수 값을 '진공중'으로 나타내었고 이 부분에 학생들의 궁금함과 관심이 높아졌다. 쿨롱 법칙이 만유인력과 같은 형태를 띠고 있는 점도 학생들의 주목을 받았다. 교과서에 쿨롱 법칙과 관련하여 쿨롱의 사진과 간략한 소개가 나오는데 쿨롱에 대해 자세한 정보와 비슷한 연구자, 역사적 상황 등에 관한 질문이 소개되었다. 물리와 직접적인 관련은 없지만 교사가 과학사를 함께 다룰 수 있는 부분으로 생각된다. 소수의 질문으로 쿨롱 단위와 인력과 척력의 의미를 묻는 질문이 있으며 이는 물리 학습에서 기초적이고 기본적인 내용이지만 어떤 학생들에게는 중요한 부분일 수 있다.

쿨롱의 법칙에 관한 질문의 수준을 살펴보면 진술이 가장 많고 추론과 설명이 뒤를 이어 나타나며 가설이 한 건 있었고 변인 없기 결과만 예상하는 추측은 나타나지 않았다. 질술 수준의 질문은 질문에 구체적인 설명과 변인이나 논리가 없지만 학생들이 궁금해 하는 것은 간결하게 직접적으로 질문을 한 형태로 지식의 공동 구성을 목적으로 연습을 한다면 다른 수준의 질문 형태로 표현할 가능성을 가진 질문이다. 설명 수준의 질문은 실험에서는 나타나지 않고 법칙에서 많이 나타났는데 교과서에 있는 내용을 언급하고 이와 관련된 질문을 하였다. 추론 수준의 질문은 쿨롱법칙을 만유인력법칙과 비교하여 비슷한 점을 유추하거나 차이점을 비교하는 질문으로 논리적 관계를 표현하였다.

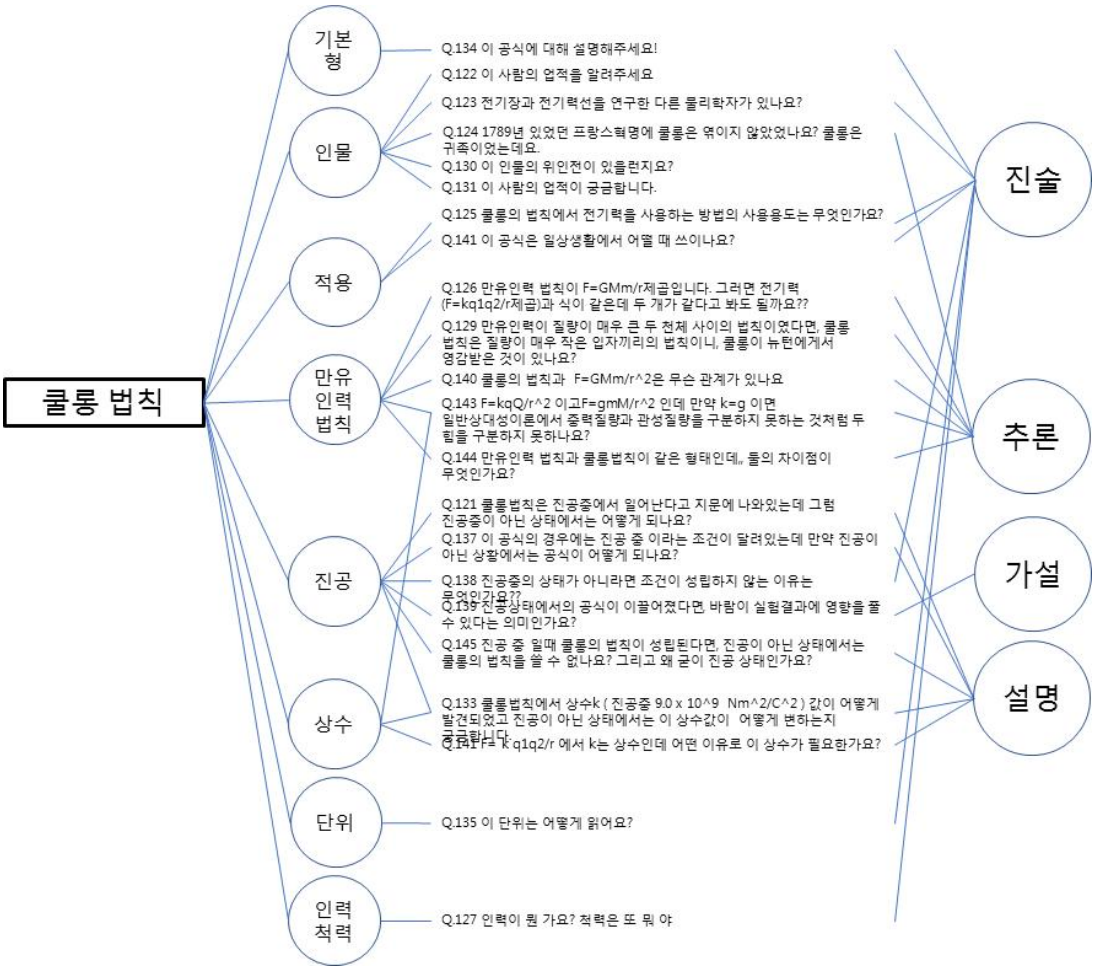



그림 4-4. 쿨롱의 법칙 질문 분석

패러데이 전자기 유도 법칙과 관련한 질문에서 솔레노이드, 전류, 인물, 방향, 자속, 유도 기전력, 전력, 적용 순으로 한 키워드가 사용되었다. 솔레노이드는 다른 키워드와 결합하여 질문에 사용되었는데 전자기 유도 법칙을 설명하는 그림이 솔레노이드와 자석의 움직임으로 교과서에 제시되었고 따라서 솔레노이드의 유도 전류와 전류의 방향, 유도 기전력에 관한 질문이 나타났다. 쿨롱의 법칙과 비교하면 공식 자체에 대한 질문은 그 수가 적었는데 자속, 유도 기전력, 기호에 관한 질문 6개이다.

질문 수준을 살펴보면 진술이 가장 많고, 추측, 설명, 가설, 추론 순서로 나타났다.

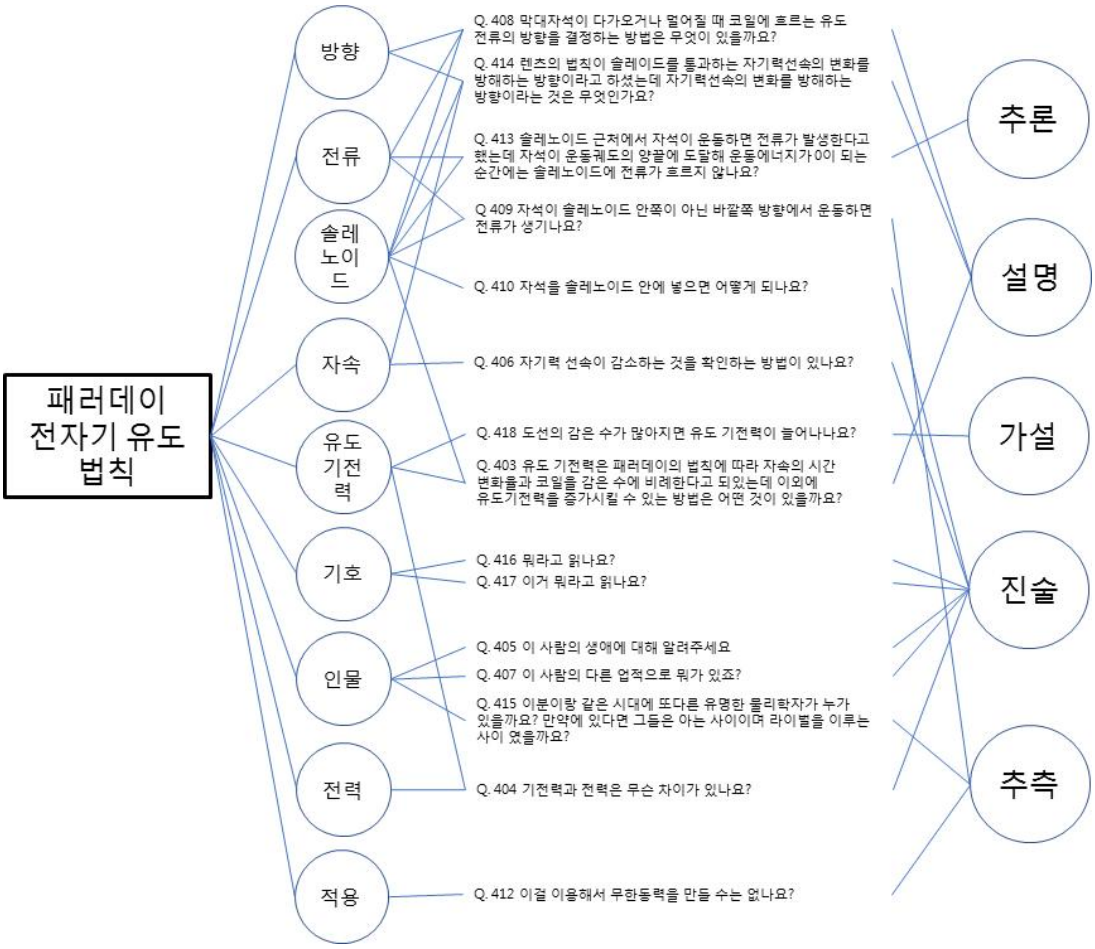



그림 4-5. 패러데이 전자기 유도 법칙 질문 분석

표 4-30. 쿨롱법칙 - 키워드에서 댓글의 수준

| 댓글 수준 | 댓글 내용 | 개수 |
|---|---|---|
| 추론 | A.128: 지구와 달 사이의 거리는 약 36만 km입니다. 제곱을 해보면 1,296억 km 입니다. 거리 제곱에 반비례하다고 했으므로 전기력이 거의 없다고 보면 될 것 같습니다. | 1 |
| 설명 | 없음 | 0 |
| 가설 | A.128: 지구와 달의 거리는 약 30만km 니까 그의 제곱은 수가 매우 커서 0에 가깝지 않을까요?<br>A.132: 광년단위로 떨어진 거리는 거의 무한대에 가까우니 lim r 이 무한대로 가는걸로 생각하면 0아닌가요? | 2 |
| 추측 | A.125: 전기에 관한 연구가 한 단계 발전할 수 있었을 뿐만 아니라 우리 주위에서 일어나고 있는 여러 가지 자연현상을 이해할 있는 기초를 마련했습니다.<br>A.132: 거리를 무한으로 설정하지 않는 이상 미세하더라도 영향은 있을 것 같음.<br>A.132: 너무 멀리 있는 것은 서로 영향을 미칠 것 같지 않습니다.<br>A.142: 정량적인 법칙의 등장으로 전기에 관한 연구가 한 단계 발전할 수 있었을 뿐만 아니라 우리 주위에서 일어나고 있는 여러 가지 자연현상을 이해할 있는 기초를 마련했어요. | 4 |
| 진술 | A.132: 그게 더 맞는 것 같네요 | 1 |

표 4-31. 법칙 관련 질문의 수준

| | 질문 개수 | 옳은 댓글 개수 | 틀린 댓글 개수 | 댓글 없음 개수 | 댓글 개수 합 |
|---|---|---|---|---|---|
| 추론 | 7 (17%) | 5 (11%) | 8 (50%) | 0 | 13 (21%) |
| 설명 | 9 (22%) | 7 (15%) | 2 (13%) | 1 (20%) | 9 (15%) |
| 가설 | 4 (10%) | 8 (17%) | 0 | 1 (20%) | 8 (13%) |
| 추측 | 4 (10%) | 6 (13%) | 1 (6%) | 1 (20%) | 7 (11%) |
| 진술 | 17 (41%) | 20 (43%) | 5 (31%) | 2 (40%) | 25 (40%) |
| 합계 | 41 (100%) | 46 (100%) | 16 (100%) | 5 (100%) | 62 (100%) |

#### 4.2.4. 그림 모형에서 질문 분석

전기력선 그림 모형에 대한 질문을 키워드 별로 묶으면 전기장, 자기장, 전하, 방향, 금속판, 모양, 색깔 순으로 나타났다. 전기장과 전하는 방향에 대한 키워드와 가까이 묶여 있음을 확인할 수 있다. 전기력선과 자기력선의 차이를 구별하지 못하고 전기력선 그림 모형을 보고 자기력이나 자석에 대한 질문을 한 경우가 6건이나 발견되었으며 전기력선의 모양과 자기력선의 모양이 비슷하고 자기력선이 철가루를 뿌려 관찰하듯 전기력선도 털가루 모양을 관찰하기 때문으로 생각된다.

질문 수준에서는 진술, 설명, 추측 순으로 나타났으며, 가설과 추론은 나타나지 않았다. 진술과 추측은 질문에 구체적 표현 없이 기본적인 내용만으로 질문을 한 것이고 설명은 교과서의 설명이나 그림의 정보를 제시하고 질문을 한 경우로 그림 모형 질문에서는 가설과 추론에서 사용되는 변인 사용이나 논리적 판단이 없는 것으로 보아 학생들이 질문을 만드는데 있어 지식의 구성의 관점에서 활동의 한계점을 보여준다.

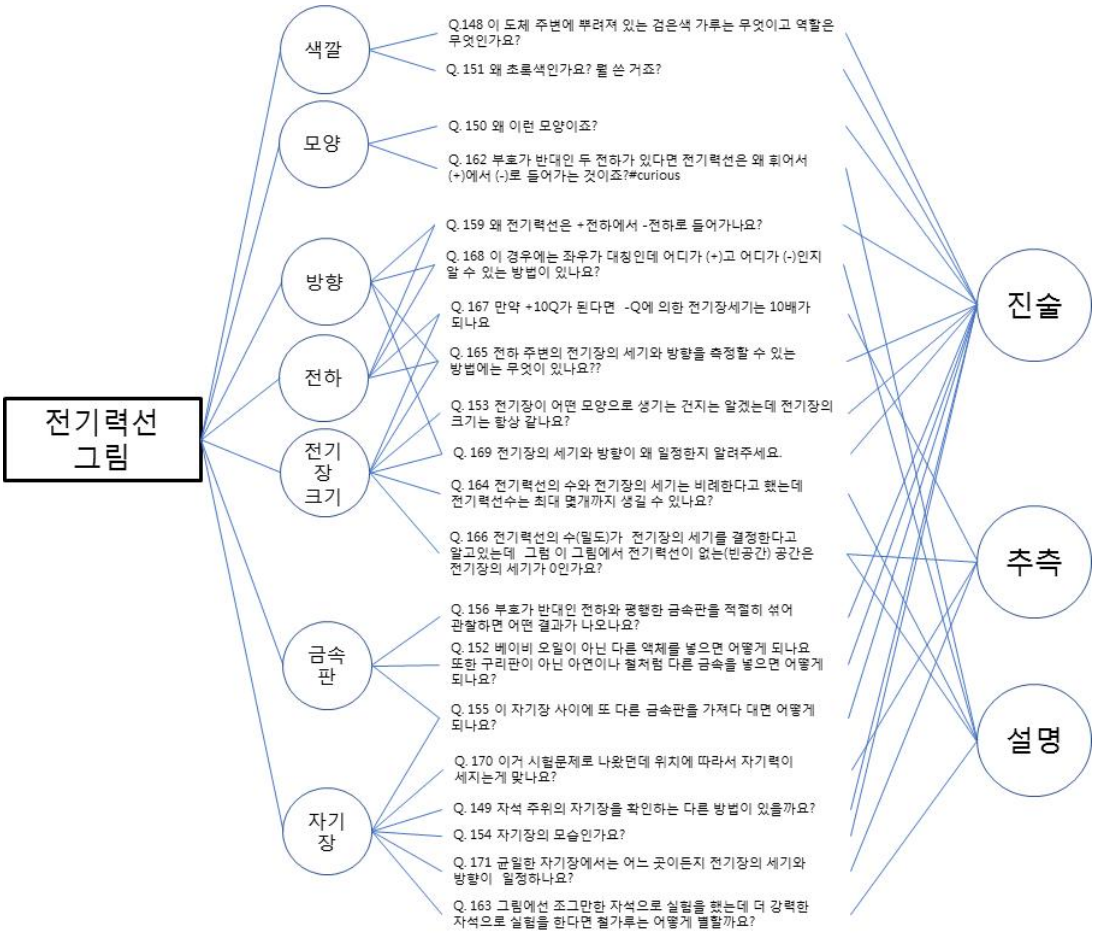



그림 4-6. 전기력선 그림 모형 질문 분석

표 4-32. 그림 관련 질문의 수준

| | 그림 질문 | 옳은 댓글 개수 | 틀린 댓글 개수 | 댓글 없음 개수 | 댓글 개수 합 |
|---|---|---|---|---|---|
| 추론 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 설명 | 5 (25%) | 3 (21%) | 5 (33%) | 0 | 8 (28%) |
| 가설 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 추측 | 3 (15%) | 6 (43%) | 2 (13%) | 0 | 8 (28%) |
| 진술 | 12 (60%) | 5 (36%) | 8 (53%) | 3 (%) | 13 (45%) |
| 합계 | 20 (100%) | 14 (100%) | 15 (100%) | 3 (100%) | 29 (100%) |

#### 4.2.5. 물리 적용에서 질문 분석

접지와 관련된 질문들은 키워드를 피뢰침, 번개, 활용, 전압, 구조, 소재, 확률, 전류, 전하, 자기장 순으로 묶을 수 있다. 구조에 관한 질문에서 피뢰침 끝이 세 개로 나누어져 있는지에 관한 질문은 탐구 주제로 확장하기 좋은 질문이 된다. 소재에 관하여 학생들은 정전기 실험과 같이 실험에 영향을 주는 주요 변인으로 생각하고 있음을 알 수 있다. 번개의 에너지를 저장하거나 다른 방식으로 사용하는 방법과 피뢰침의 설치나 건물 구조에 관한 질문은 접지와 관련된 물리 현상을 확장하는 좋은 예로 볼 수 있지만 과학적 표현에서 부족함이 보인다. 번개에 맞는 표현을 확률을 사용해 질문하는 것은 일상에서 번개에 관한 언어적 표현에 확률이 자주 포함되어 영향을 준 것으로 생각된다. 번개의 위험을 설명하는데 있어 전기에너지나 전류가 아닌 전압만을 고려함을 확인할 수 있었다. 전기현상에 대해서 자기장으로 질문하는 오개념이 계속 관찰된다.

질문 수준으로는 진술, 추측, 설명이 나타났으며 거의 대부분이 진술이다. 물리 내용을 일상에 적용하는 질문을 할 때 자신의 경험과 연결 짓거나 사전 지식을 활용하지 못하고 낮은 지식 구성 수준에서 질문하는 것을 확인하였다.

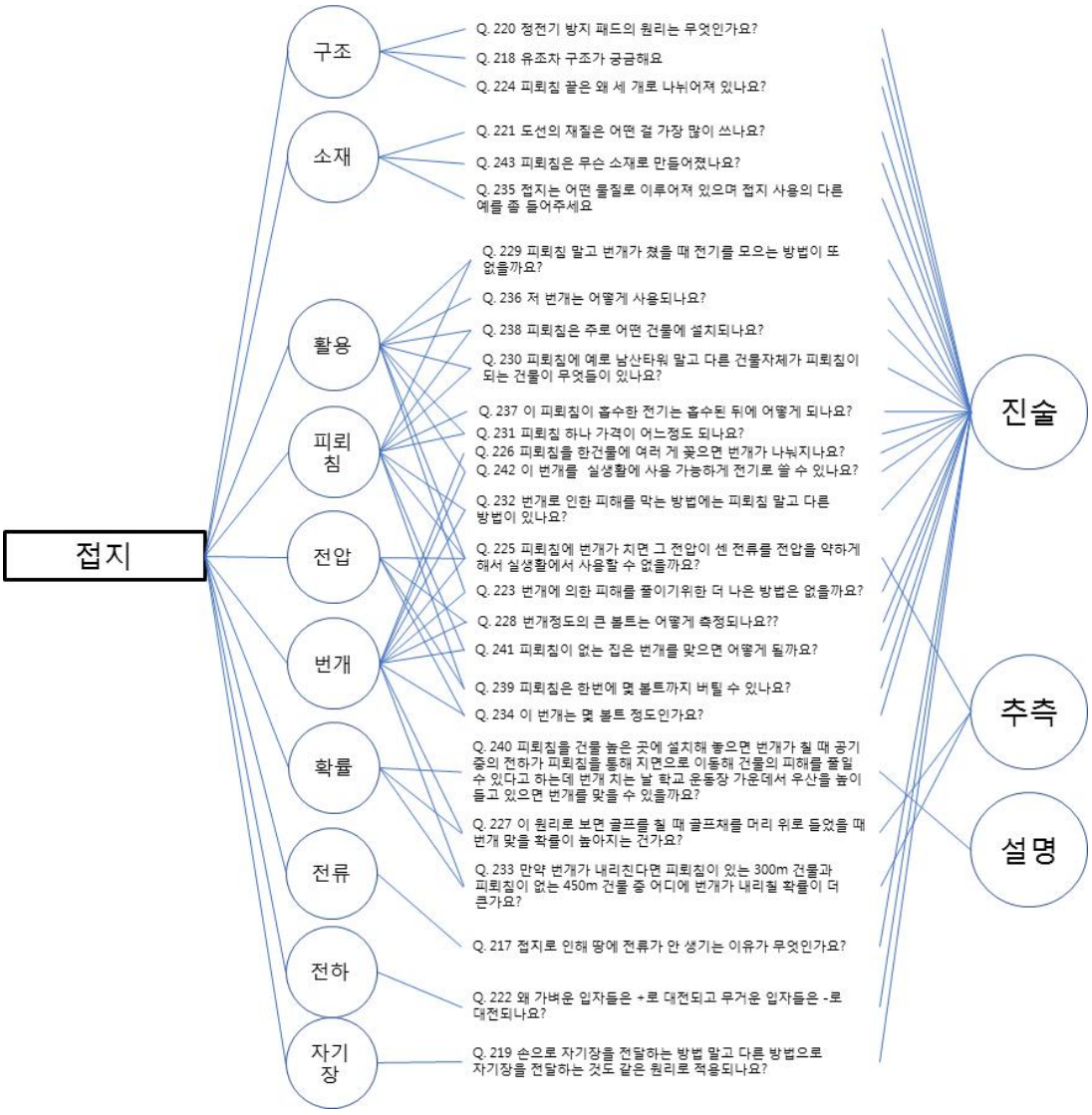



그림 4-7. 접지에 관한 물리 적용 질문 분석

표 4-33. 적용 관련 질문의 수준

| | 적용 질문 | 옳은 댓글 개수 | 틀린 댓글 개수 | 댓글 없음 개수 | 댓글 개수 합 |
|---|---|---|---|---|---|
| 추론 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 설명 | 1 (4%) | 0 | 1 (6%) | 0 | 1 (2%) |
| 가설 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 추측 | 3 (11%) | 2 (6%) | 0 | 2 (50%) | 2 (4%) |
| 진술 | 23 (85%) | 32 (94%) | 17 (94%) | 2 (50%) | 49 (96%) |
| 합계 | 27 (100%) | 34 (100%) | 18 (100%) | 4 (100%) | 52 (100%) |

### 4.2.6. 교재의 구성에 따른 질문과 댓글 수준

표 4-34. 교재 구성 별 질문 수준의 분포

| | 실험 | 법칙 | 그림 모형 | 적용 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 추론 | 4 (9%) | 7 (17%) | 0 | 0 | 11 (8%) |
| 설명 | 0 | 9 (22%) | 5 (25%) | 1 (4%) | 15 (11%) |
| 가설 | 13 (29%) | 4 (10%) | 0 | 0 | 17 (13%) |
| 추측 | 10 (22%) | 4 (10%) | 3 (15%) | 3 (11%) | 20 (15%) |
| 진술 | 18 (40%) | 17 (41%) | 12 (60%) | 23 (85%) | 70 (53%) |
| 합계 | 45 (100%) | 41 (100%) | 20 (100%) | 27 (100%) | 133 (100%) |

표 4-35. 교재 구성 별 옳은 댓글 수준의 분포

| | 실험 | 법칙 | 그림 모형 | 적용 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 추론 | 2 (4%) | 5 (11%) | 0 | 0 | 7 (5%) |
| 설명 | 0 | 7 (15%) | 3 (21%) | 0 | 10 (7%) |
| 가설 | 21 (45%) | 8 (17%) | 0 | 0 | 29 (21%) |
| 추측 | 9 (19%) | 6 (13%) | 6 (43%) | 2 (6%) | 23 (16%) |
| 진술 | 15 (32%) | 20 (43%) | 5 (36%) | 32 (94%) | 72 (51%) |
| 합계 | 47 (100%) | 46 (100%) | 14 (100%) | 34 (100%) | 141 (100%) |

표 4-36. 교재 구성 별 틀린 댓글 수준의 분포

| | 실험 | 법칙 | 그림 모형 | 적용 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 추론 | 6 (14%) | 8 (50%) | 0 | 0 | 14 (15%) |
| 설명 | 0 | 2 (13%) | 5 (33%) | 1 (6%) | 8 (9%) |
| 가설 | 7 (17%) | 0 | 0 | 0 | 7 (8%) |
| 추측 | 15 (36%) | 1 (6%) | 2 (13%) | 0 | 18 (20%) |
| 진술 | 14 (33%) | 5 (31%) | 8 (53%) | 17 (94%) | 44 (48%) |
| 합계 | 42 (100%) | 16 (100%) | 15 (100%) | 18 (100%) | 91 (100%) |

표 4-37. 교재 구성 별 댓글 없는 질문의 분포

| | 실험 | 법칙 | 그림 모형 | 적용 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 추론 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 설명 | 0 | 1 (20%) | 0 | 0 | 1 (6%) |
| 가설 | 1 (17%) | 1 (20%) | 0 | 0 | 2 (11%) |
| 추측 | 1 (17%) | 1 (20%) | 0 | 2 (50%) | 4 (22%) |
| 진술 | 4 (67%) | 2 (40%) | 3 (100%) | 2 (50%) | 11 (61%) |
| 합계 | 6 (100%) | 5 (100%) | 3 (100%) | 4 (100%) | 18 (100%) |

## 4.3. 사회적 주석달기활동에서 지식의 공동 구성

온라인 질의응답 활동을 지식의 공동 구성 과정에서 외부화와 합의 과정에서 공유된 내용과 지식의 연결 설명하고, 질의응답 쓰레드에서 나타난 지식 구성의 결과로 질문의 재구성과 댓글의 재구성을 분석하였다.

1) 지식의 공동 구성을 확인하기 어려운 사례

Q.12: 이게 뭔가요? [외부화 없는 도출]

A.12a: 그냥 이미지입니다.

A.12b: 건전지 형태를 한 주유기입니다.

A.12c: 그냥 그림입니다.

12번 질문은 학생들이 가장 쉽고 간단하게 질문하는 방식이다. 지식의 공동 구성 과정 중 상대방에게 정보를 요청하는 도출(Elicitation)이지만 자신의 지식이 표현되지 않은 상태에서이므로 외부화(Externalization)는 일어나지 않았다. 댓글에서 새로운 지식을 제공하였지만 단순한 사실로 댓글 a, b, c가 동일한 정보를 제공하여 합의(Consensus building)에 도달하였다.

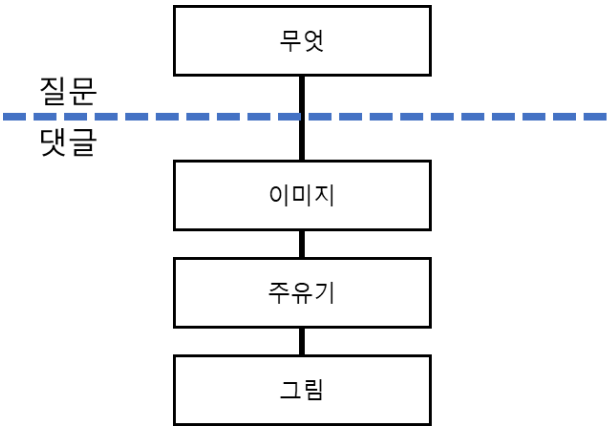


그림 4-8. 12번 질의응답 내용

12번 질의응답의 내용을 보면 댓글에서 새로운 지식을 제공하였지만 질문을 재구성하거나 댓글에서 재구성이 나타나지 않아 쓰레드 안에서 지식 구성을 확인할 수 없기 때문에 최종적으로 지식의 공동 구성이 되었다고 보기 어려운 사례이다.(그림 4-8)

Q.31: 사진에는 인형의 머리카락 몇 가닥만이 떠있는데 어떻게 하면 모든 머리를 다 띄울 수 있나요? **제 생각에는 전기의 양을 늘려야 할 것 같아요.** [외부화 된 도출]
A.31: 전기의 양을 늘려야 하는 것이 맞겠죠?
A31.: 알면서 왜 질문을

31번 질문에서는 “제 생각에는 전기의 양을 늘려야 할 것 같아요.”와 같이 질문에 자신의 지식을 표현하는 방식의 외부화와 함께 도출을 사용한다. 댓글에서 질문에서 제시한 사전 지식과 같은 지식을 제공하며 일치된 합의를 이루었다.

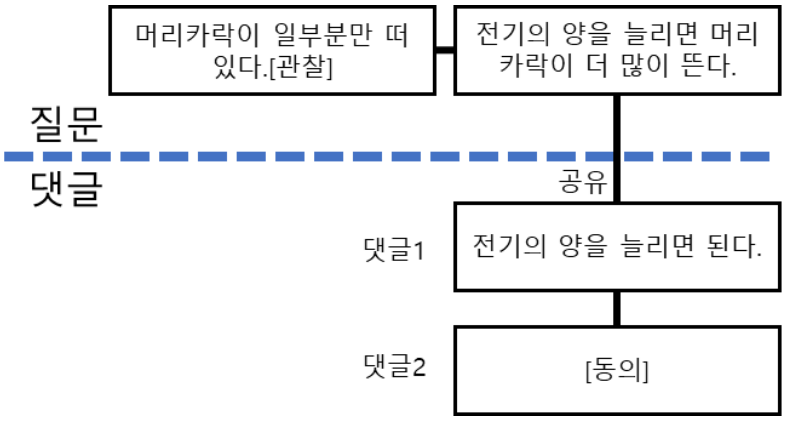



그림 4-9. 31번 질의응답 내용

31번 질의응답의 내용을 보면 질문의 내용에 대한 단순한 동의로 질문의 재구성이 나타나지 않았고 댓글 2도 댓글 1에 동의하는 수준이므로 댓글 내용에 대한 재구성이 나타나지 않아 지식의 공동 구성을 확인하기 어려운 사례이다.(그림 4-9)

2) 지식의 공동 구성을 확인 할 수 있는 사례

Q.23.: **[머리카락은 도체가 아니다.]** 이 인형의 머리카락은 무엇의 성분으로 이루어 졌기에 전기에 반응할까? [갈등 기반 외부화]

A.23: **도체가 아니라면,** 유전분극이라는 현상이 이를 설명합니다. 인형의 **머리카락은 도체가 아니기 때문에,** 성분은 크게 중요하지는 않습니다.

23번 질문은 전기에 반응하는 인형의 머리카락 성분을 물어보았으며 여기에는 전기에 반응하는 것은 금속이지만 인형의 머리카락이 금속이 아니기 때문에 생기는 인지 갈등을 바탕으로 질문을 했을 것으로 추정된다. 따라서 완벽하진 않지만 외부화는 진행되었다고 볼 수 있다. 질문과 댓글에서 머리카락은 도체가 아니라는 점을 공유했기 때문에 일치된 합의를 보이고 있다(그림 4-10).

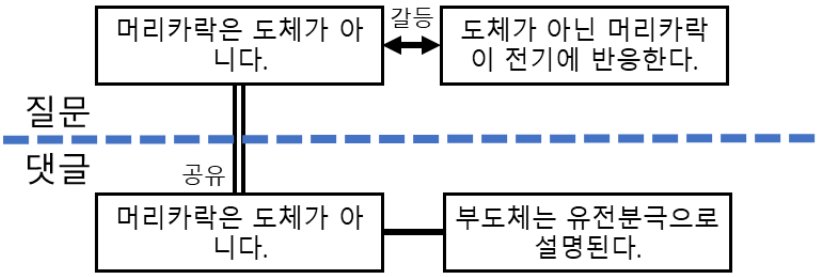



그림 4-10. 23번 질의응답 내용

댓글에서 유전 분극에 관한 새로운 자료를 통해 질문에서 표현된 지식의 재구성을 시도한 것을 확인 할 수 있다. 추가 댓글이 없으므로 댓글의 재구성을 확인할 수 없다.

공동 구성 과정에서 외부화와 합의가 이루어졌고 질문의 재구성이 나타났으므로 지식의 공동 구성이 나타난 사례로 볼 수 있다.

Q.404: 기전력과 전력은 무슨 **차이**가 있나요?**[두 개념의 차이]**
[갈등 기반 외부화]
A.404a: 전력-단위시간 동안 전기장치에 공급되는 전기에너지, 또는 단위시간 동안 다른 형태의 에너지로 변환되는 전기에너지, 기전력-낮은 퍼텐셜에서 높은 퍼텐셜로 단위전하를 이동시키는 데 필요한 일 **[두 개념의 차이를 설명]**
A.404b: 간단히 말해 기전력은 전기를 일으키는 힘이고 전력은 다들 아시는 그 전력입니다 참고로 교과서에 나와 있듯이 기전력은 전압과 같은 단위인 볼트를 사용합니다. 위에 네이버에서 붙여넣기 하신 분은 설명이 좀 어렵네요.
**[두 개념의 차이를 설명]**
A.404c: 기전력은 볼트를 뜻합니다. 전류를 흐르게 하는 힘입니다.**[두 개념의 차이를 설명]**

404번 질문은 기전력과 전력의 차이에 대한 인지갈등을 기반으로 질문을 하였다. 이는 갈등을 기반으로 한 외부화로 볼 수 있다. 댓글에서 기전력과 전력의 차이에 대한 입장을 유지하면서 설명하면서

진술을 하였기 때문에 일치된 합의로 볼 수 있다.

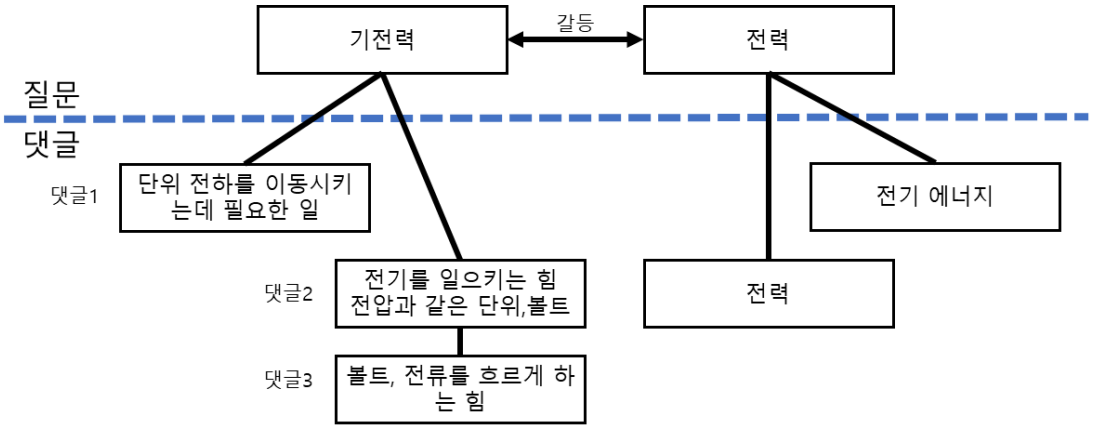



그림 4-11. 404번 질의응답 내용

404번 쓰레드의 내용을 보면 질문에 언급한 기전력과 전력에 대해 댓글에서 새로운 정보를 추가하며 질문에 대한 재구성이 나타남을 확인 할 수 있다. 댓글에서는 댓글 1과 댓글 2,3이 서로 다른 설명을 하고 있지만 댓글들 사이에 연결이 없으므로 재구성을 관찰할 수 없다.(그림 4-11)

404번 쓰레드는 공동 구성의 과정에서 외부화와 합의가 진행되었고 내용에서도 질문의 재구성이 나타났으므로 지식의 공동 구성이 나타남을 확인할 수 있다.

Q.16: 마찰전기가 강할수록 머리카락이 더 **많이 뜨나요?**

[확인 외부화]

A.16a: E=F/q 에 따라 전기장의 세기와 전기력은 비례하기 때문에, 더 많은 영역이 에너지를 받아 **많이 뜨게 됩니다.**

A.16b: 마찰 전기가 강할수록 전기력이 강해지기 때문에 머리카락이 보다 더 **많이 뜰 것 같네요**

A.16c: 마찰전기에 의한 전하는 전기력의 크기와 비례하므로 더 **많이 뜨겠네요.**

16번 질문에서 마찰전기의 세기와 머리카락이 뜨는 정도가 비례함을 확인하는 질문을 하였고 질문자의 지식을 표현 하였으므로 외부화가 나타났다. 질문과 댓글에서 일관되게 머리카락이 더 많이 뜬다는 점을 공유하였으므로 합의에 도달했음을 알 수 있다.

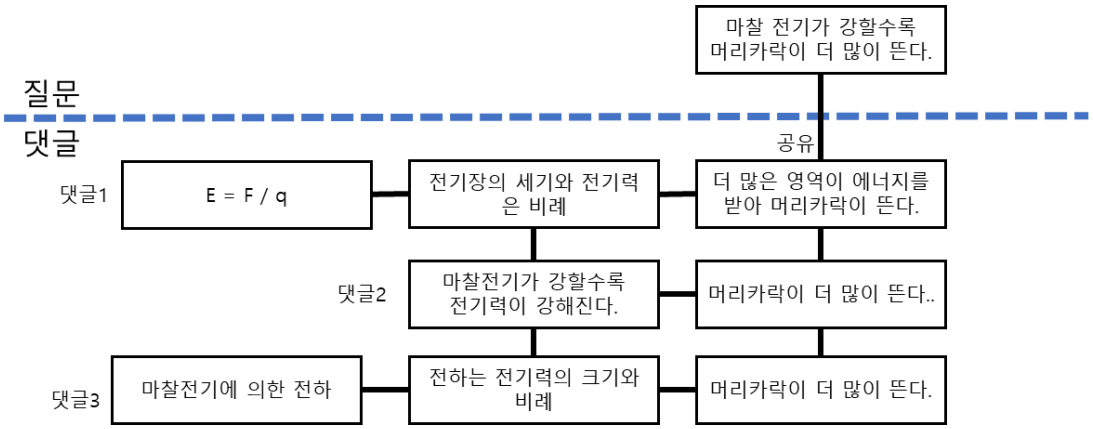



그림 4-12. 16번 질의응답 내용

16번 쓰레드의 내용을 보면 질문에 대해 댓글에서 전기장, 전기력, 전하로

설명하는 추가 정보를 제공하며 질문을 정교화 하는 질문의 재구성이 시도되었고 댓글에서도 1번 댓글에서 전기력으로 설명한 것을 3번 댓글에서 전하를 추가하여 설명하였으며 댓글에서 정교화 하는 재구성이 나타났다.

16번 쓰레드는 공동 구성의 과정에서 외부화와 합의가 진행되었고 내용에서도 질문의 재구성과 댓글의 재구성이 나타났으므로 지식의 공동 구성이 나타남을 확인할 수 있다(그림 4-12).

# Ⅴ. 결론

## 5.1. 요약

본 연구의 목적은 고등학교 물리수업과 연계한 사회적 주석달기활동에서 학생들의 지식의 공동 구성에 기여하는 질문과 댓글의 특징을 도출하고자 하였다. 이를 위하여 전자기장 단원에서 학생 질문과 댓글의 특징을 분석하고, 기존의 연구를 바탕으로 사회적 주석달기 활동에 부합하는 지식의 공동 구성에 대한 기준을 정하고 학생들의 질문과 댓글의 수준을 구분하여 이들의 관계를 바탕으로 지식의 공동 구성 단계를 해석하였다.

본 연구의 각 연구 문제의 결과와 논의를 요약하면 다음과 같다.

1. 전자기장 단원에서 학생 질문은 교육과정 안에서 학습한 내용을 확인하는 확인 질문과 교육과정을 벗어나는 탐구 질문으로 나뉘었다. 확인 질문에서도 댓글을 달기 쉬운 질문과 어려운 질문이 있었고 탐구 질문에서도 댓글을 달기 쉬운 질문과 어려운 질문이 있었다. 학생의 질문에서는 물리 개념을 구별하지 못하는 오개념이 발견되었고 틀린 지식으로 질문하는 경우와 이해하기 어려운 질문이 있었다. 질문을 통해 학생의 지식 상태를 확인할 수 있다. 학생들은 질문을 할 때 교재 내용과 자신의 지식을 드러내는 질문을 하거나 궁금한 생각을 확인하는 질문 형태로 사전지식을 표현하였다. 또한 학생들은 확인 질문에서는 물리 개념과 관련된 변수를 사용하고 탐구 질문에서는 일상적 변수를 사용하여 질문하였다. 끝으로 학생들은 질문에 귀납, 연역, 귀추, 유추와 같은 논리적 사고를 포함하였으며 귀추를 가장 많이 사용하고 연역과 유추를 비슷하게 사용하였으며 귀

납은 거의 사용되지 않았다.

학생들의 질문 평가 점수는 조금 부정적으로 나타났으며 질문 글자 수와 관계에서 낮지만 상관관계를 보여주었다. 사전지식을 표현한 경우, 변인을 포함한 경우, 논증을 사용한 경우의 질문 그룹에서 그렇지 않은 질문 그룹에 비해 학생의 질문 평가 점수가 통계적으로 유의미한 수준에서 높게 나타났다.

학생의 댓글을 분석한 결과 질문에서 오개념과 같이 물리개념에 대한 오개념과 내용이 틀린 댓글과 이해할 수 없는 댓글이 발견되었다. 학생들이 댓글에서 출처를 사용하는 방법은 교과서, 인터넷 사이트였고, 출처없는 인용, 상수 데이터를 사용하기도 하였다. 출처만 제시하는 경우가 많아 출처의 내용을 이해하고 자신의 글로 써보는 것이 필요하다. 댓글에서 사용하는 변인의 특징은 질문에서 변인이 있을 경우 변인과 관련 있는 다른 변인으로 확장시켜 설명을 하는 것으로 질문에서 변인 사용이 댓글의 변인 사용을 유도하는 것으로 보인다. 댓글에서 사용되는 논증은 질문과 달리 공식과 원리를 바탕으로 한 연역적 사고를 많이 사용하였다. 질문에서 논증이 사용되면 댓글에서도 논증이 사용되었다.

학생들의 댓글 만족도 점수는 보통 수준으로 나타났다. 댓글의 글자 수가 많을수록 만족도도 증가하였고 통계적의로 유의미한 상관관계도 나타났다. 댓글에서 질문보다 많은 오개념과 오류가 발견되었다. 댓글에 오개념이 있는 댓글의 경우, 출처를 포함한 경우, 변인을 포함한 경우, 논증을 포함한 경우에서 모두 만족도가 높게 나타났고 통계적인 차이를 보이였다. 이들을 이용해 회귀분석을 진행한 결과 어느 정도 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

2. 사회적 주석달기 활동에서 학생 질문과 댓글의 수준을 알아보았다. 교재의 구성에 따른 질문 수준을 살펴보면 법칙과 실험에서 추론, 설명, 가설과 같은 높은 수준의 질문이 많이 나타났고 그림 모형과 적용은 추측과 진술과 같은 낮은 수준의 질문이 많았다. 과학적으로 맞는 댓글의 분포도 실험과 법칙이 높고 그림 모형과 적용이 낮았다. 틀린 댓글의 양을 옳은 댓글과 비교해 보면 실험, 그림 모형은 비슷한 수가 나왔고 법칙과 적용은 적었다. 법칙은 상대적으로 높은 수준의 댓글에 오류가 많았다.

3. 학생들의 질의응답 활동을 지식의 공동 구성을 수준별로 분석하였다. 지식 표현 수준은 높은 질문 수준에 낮은 댓글 수준이 해당한다. 질문자가 사전지식과 경험, 변인, 과학적 사실, 논리적 표현을 포함한 질문을 하였지만 대답을 하는 학생은 낮은 수준의 추측과 진술만 하는 사례이다. 지식 확장 수준은 질문의 수준이 낮지만 댓글에서 추론, 설명, 가설을 통해 답을 하는 경우이다. 지식 갈등 수준은 질문 수준도 높고 댓글 수준도 높지만 질문자의 댓글 만족도가 낮은 사례이다. 지식 통합 수준은 질문 수준도 높고 댓글 수준도 높고 댓글 만족도도 높은 사례이고 지식의 공동 구성 관점에서 가장 긍정적인 효과를 볼 수 있다.

## 5.2. 결론 및 제언

연구 결과를 종합하면 물리수업과 연계한 고등학생의 온라인 질의응답 활동에서 학생의 질문 분석을 통해 오개념, 사전지식 표현, 변인 사용, 논리적 표현의 사용을 확인할 수 있었다. 이 항목들이 사용된 질문은 학생들의 평가에서 좋은 점수를 받는데 영향을 주었다. 따라서 질문을 할 때 의도적으로 과학적 사실에 부합하는 사전지식과 변인, 논증을 사용하게 하는 것은 온라인 질의응답활동에 긍정적인 영향을 준다고 할 수 있다. 학생의 댓글 분석에서는 학생들의 오개념의 비중이 크게 나타났지만 질문 분석의 결과와 비슷하게 과학적 사실, 출처, 변인, 논증 사용을 통해 댓글 만족도에 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 확인하였다.

학생의 질문과 댓글의 수준을 구분하기 위해 앞에서 사용한 사전지식 표현, 변인 사용, 논리적 표현 요소와 이론적 연구를 참고하여 진술, 추측, 가설, 설명, 추론의 수준으로 나누어 질문 댓글 수준을 만들었고 실험, 법칙, 그림 모형, 적용 상황에 대해 분석한 결과 법칙과 실험에서 높은 수준의 질문과 댓글을 사용하여 지식의 공동 구성이 상대적으로 잘 나타나는 것을 확인하였고 그림 모형과 적용에서는 낮은 수준의 질문 댓글이 사용되어 지식의 공동 구성에 어려움이 있음을 파악하였다.

다만 댓글의 수준은 높지만 과학적으로 옳지 않는 내용이 많이 나타나 지식의 공동 구성만 가지고 물리 학습에 직접적인 도움이 된다고 판단하기는 어렵다. 교사의 적절한 스케폴딩과 과학적 오류를 검증하는 추가적인 활동에 대한 연구가 필요하다.

# 참고 문헌


고려대. 민족문화연구원 (2009). 고려대 한국어대사전. 서울: 고려대 민족문화연구원.

권용주, 정진수, 박윤복, 강민정 (2003). 선언적 과학 지식의 생성 과정에 대한 과학철학적 연구: 귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로. 한국과학교육학회지, 23 (3), 215-228.

김미경, & 김희백. (2007). 학생들이 제시한 질문의 유형 분석을 통한 개방적 참탐구 활동의 인지적 추론 측면의 효과. 한국과학교육학회지, 27(9), 930-943.

김민철 (2016). 물리식의 의미와 학생의 이해 분석: 존재론적, 인식론적 차원을 중심으로. 박사학위논문. 서울대학교 대학원.

김민철, 정용욱, 송진웅 (2016). 물리식의 의미에 대한 분석: 존재론 차원과 인식론 차원을 중심으로. 새물리, 66 (1), 50-60.

김성근, 여상인, & 우규환. (1999a). 과학 수업에서의 학생 질문에 대한 연구 (Ⅰ)-학생 질문을 강화한 수업의 효과. 한국과학교육학회지, 19(3), 377-388.

김성근, 여상인, & 우규환. (1999b). 과학 수업에서의 학생 질문에 대한 연구 (Ⅱ)-학생 질문의 유형별 분석. 한국과학교육학회지, 19(4), 560-569.

김병준 (2007). 인터넷 댓글이 정치인에 대한 판단에 미치는 영향: 댓글내용, 교정지시, 댓글길이의 효과. 석사학위논문. 한림대학교 대학원.

박종윤, 정인화, 남정희, 최경희, & 최병순. (2006). 중학교 과학 수업에서 질문과 피드백을 활용한 교사-학생 상호작용 강화 수업 전략의 개발 및 적용. 한국과학교육학회지, 26(2), 239-245.

박종원 (1998). 과학활동에서 연역적 사고의 역할. 한국과학교육학회지, 18 (1), 1-17.

박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅 (1998). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상조건에 대한 고등학생과 과학교사의 이해 조사 Ⅰ. 한국과학교육학회지, 18 (2), 209-219.

배수정 (2017). 학습자가 만든 탐색적 질문에 대한 평가가 질문의 양과 질에 미치는 영향. 박사학위 논문. 서울대학교 대학원.

송진웅, 김익균, 김영민, 권성기, 오원근, 박종원 (2004). 학생의 물리 오개념지도. 서울: 북스힐

정민수, 전미란, & 채희권. (2007). 과학영재 수업에서 언어적 상호작용을 통하여 본 교사의 발문과 피드백 사례분석. 한국과학교육학회지, 27(9), 881-892.

정영란, & 배재희. (2002). 질문 강화 수업이 중학생들의 질문 수준과 학업 성취도에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 22(4), 872-881.

정용욱 (2014). 법칙, 이론, 그리고 원리: 규범적 의미와 실제사용에서의 혼란. 한국과학교육학회지, 34 (5), 459-468.

양일호, 이효정, 이효녕, & 조현준. (2009). 과학적 논증과정 평가를 위한 루브릭 개발. 한국과학교육학회지, 29(2), 203-220.

양일호, 권용주, 김영신, 장명덕, 정진우, & 박국태. (2002). 학생들의 사전 지식이 밀도과제의 과학적 추론에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 22(2), 314-335.

오필석, 이선경, & 김찬종. (2007). 지식 공유의 관점에서 본 과학 교실 담화의 사례. 한국과학교육학회지, 27(4), 297-308.

유준희, 김종숙 (2012). 중학생의 소집단 자유탐구활동 중 물리 영역 탐구 문제의 구성과 변인 추출 및 명료화 과정. 한국과학교육학회지, 32

(5), 903-927.

이경호 (2007). 왜 학생들은 물리학을 어려워하는가?. 새물리, 54, 284-295.

이명자 (1996). 유추적 추리와 문제해결 원리의 전이. 한국과학교육학회지, 16 (4), 470-476.

한혜진, 이태훈, 고현지, 이선경, 김은숙, 최승언, & 김찬종. (2012). 과학 영재의 논증 활동에서 나타나는 반박 유형 분석. 한국과학교육학회지, 32(4), 717-728.

Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1968). Educational psychology: A cognitive view (Vol. 6). New York: Holt, Rinehart and Winston.

Ausubel, D. P.(1978). Educational psychology: A cognitive view. NY: Holt, Reinhart & Winston.

Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, F. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). Taxonomy of Educational Objectives: the classification of educational goals. New York: Longman.

Cattuto, C., Barrat, A., Baldassarri, A., Schehr, G., & Loreto, V. (2009). Collective dynamics of social annotation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106(26), 10511-10515.

Dillon, J. T. (1982). The effect of questions in education and other enterprises. Journal of Curriculum Studies 14 (2), 127-52.

Dillon, J. T. (1983). Teaching and the Art of Questioning. Indiana: Phi Delta Kappa Education Foundation Bloomington.

Dillon, J. T. (1988). Questioning and Teaching. A Manual of

Practice. London and Sydney: Croom Helm.

Fischer, F., Bruhn, J., Grasel, C., & Mandl, H. (2002). Fostering collaborative knowledge construction with visualization tools. Learning and Instruction, 12(2), 213-232.

Gagne, R. M.(1980). Preparing the learner for new learning. Theory into Practice, 19, 6-9.

Gao, F. (2013). A case study of using a social annotation tool to support collaboratively learning. The Internet and Higher Education, 17, 76-83.

Harper, K. A., Etkina, E., & Lin, Y. (2003). Encouraging and analyzing student questions in a large physics course: Meaningful patterns for instructors. Journal of Research in Science Teaching, 40(8), 776-791.

King, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. American educational research journal, 31(2), 338-368.

Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. Theory into practice, 41(4), 212-218.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. Journal of research in science teaching, 39(6), 497-521.

Macdonald, J. (2003). Assessing online collaborative learning:

process and product. Computers & Education, 40(4), 377-391.

Mazur, E. (1999). Peer instruction: A user's manual.

Miller, K., Lasry, N., Lukoff, B., Schell, J., & Mazur, E. (2014). Conceptual question response times in peer instruction classrooms. Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 10(2), 020113.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. Journal of Research in Science Teaching, 41(10), 994-1020.

Pena-Shaff, J. & Nicholls, C. (2004). Analyzing student interactions and meaning construction in computer bulletin board discussions. Computers & Education 42, 243-265.

Roberts, T. S. (Ed.). (2004). Online collaborative learning: Theory and practice. IGI Global.

White, R. T. & Gunstone, R. T. (1992). Probing Understanding. Falmer. : London.

Yang, S. J., Zhang, J., Su, A. Y., & Tsai, J. J. (2011). A collaborative multimedia annotation tool for enhancing knowledge sharing in CSCL. Interactive Learning Environments, 19(1), 45-62.

# 부록

질문 대상의 분류와 질문 분포

| 대분류 | 질문 수 | 중분류 | 질문 수 | 소분류 | 질문 수 |
|---|---|---|---|---|---|
| 전기력 | 137 | 전기력 실험 | 93 | 테슬라코일 | 4 |
| | | | | 밴더그래프 | 89 |
| | | 전기력 | 44 | 전기력 | 11 |
| | | | | 전기력 크기 실험 | 8 |
| | | | | 쿨롱법칙 | 25 |
| 전기장 | 27 | 전기장 | 12 | 전기장 관찰 실험 | 2 |
| | | | | 대전체 주위의 전기장 | 10 |
| | | 전기력선 | 15 | 점전하 전기력선 | 1 |
| | | | | 전기력선 | 4 |
| | | | | 두 전하 전기력선 | 5 |
| | | | | 전하량이 다른 전기력선 | 1 |
| | | | | 평행한 전기력선 | 4 |
| 정전기 유도 | 71 | 정전기 유도 실험 | 22 | 수돗물 실험 | 17 |
| | | | | 정전기 유도 실험 | 5 |
| | | 정전기 유도와 물질 | 22 | 정전기 유도 | 9 |
| | | | | 도체 정전기 유도 | 5 |
| | | | | 절연체 정전기 유도 | 8 |
| | | 정전기 유도 현상 | 27 | 접지 | 5 |
| | | | | 번개와 피뢰침 | 22 |
| 자기장 | 53 | 자기장 | 16 | 전철 자기장 | 9 |
| | | | | 자석 자기장 | 5 |
| | | | | 자기력선 | 2 |
| | | 전류에 의한 자기장 | 37 | 직선전류 자기장 | 9 |
| | | | | 원형전류 자기장 | 5 |
| | | | | 솔레노이드 자기장 | 5 |
| | | | | 전류에 의한 자기장 이용 | 10 |
| | | | | 토로이드 | 8 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 물질의 자성 | 78 | 자성실험 | 23 | 공중부양 개구리 | 14 |
| | | | | 자석만들기 | 6 |
| | | | | 자성실험 | 3 |
| | | 자성의 종류 | 24 | 강자성 | 6 |
| | | | | 상자성 | 6 |
| | | | | 반자성 | 2 |
| | | | | 자성의 원인 | 10 |
| | | 자성의 이용 | 31 | 마이스너 효과 | 16 |
| | | | | 액체 자석 | 15 |
| 전자기 유도 | 47 | 전자기 유도 실험 | 15 | 전지 없이 불켜기 | 5 |
| | | | | 전자기 유도 실험 | 5 |
| | | | | 패러데이 실험 장치 | 5 |
| | | 전자기 유도 법칙 | 12 | 유도 전류의 방향 | 7 |
| | | | | 전자기 유도 법칙 | 5 |
| | | 전자기 유도 이용 | 20 | 온라인 전기 자동차 | 5 |
| | | | | 신용카드 판독기 | 6 |
| | | | | 태블릿 컴퓨터 | 2 |
| | | | | 발광 킥보드 | 4 |
| | | | | 발전기 | 3 |
| 인물 | 15 | 전류에 의한 자기장 | 10 | 외르스테드 | 4 |
| | | | | 앙페르 | 6 |
| | | 전자기유도 | 5 | 렌츠 | 4 |
| | | | | 패러데이 | 1 |
| 기타 | 17 | 기타 | 17 | 정전기 현상 | 3 |
| | | | | 전자기장 | 2 |
| | | | | MRI | 2 |
| | | | | 건전지모형 | 5 |
| | | | | 유전분극 | 1 |
| | | | | 자성 | 2 |
| | | | | 전자기 유도 | 1 |
| | | | | 전기장 | 1 |

질문 대상에 따른 학생의 질문 평가 점수 평균

| 대분류 | 질문수 | 중분류 | 질문수 | 소분류 | 질문수 |
|---|---|---|---|---|---|
| 전기력 | 2.5 | 전기력 실험 | 2.3 | 테슬라코일 | 2.0 |
| | | | | 밴더그래프 | 2.4 |
| | | 전기력 | 2.7 | 전기력 | 2.8 |
| | | | | 전기력 크기 실험 | 2.4 |
| | | | | 쿨롱법칙 | 2.9 |
| 전기장 | 2.5 | 전기장 | 2.5 | 전기장 관찰 실험 | 2.0 |
| | | | | 대전체 주위의 전기장 | 2.7 |
| | | 전기력선 | 2.5 | 점전하 전기력선 | 3.3 |
| | | | | 전기력선 | 2.7 |
| | | | | 두 전하 전기력선 | 2.3 |
| | | | | 전하량이 다른 전기력선 | 2.0 |
| | | | | 평행한 전기력선 | 2.7 |
| 정전기 유도 | 2.4 | 정전기 유도 실험 | 2.5 | 수돗물 실험 | 2.4 |
| | | | | 정전기 유도 실험 | 2.8 |
| | | 정전기 유도와 물질 | 2.4 | 정전기 유도 | 2.1 |
| | | | | 도체 정전기 유도 | 3.2 |
| | | | | 절연체 정전기 유도 | 2.0 |
| | | 정전기 유도 현상 | 2.3 | 접지 | 2.3 |
| | | | | 번개와 피뢰침 | 2.4 |
| 자기장 | 2.7 | 자기장 | 3.0 | 전철 자기장 | 3.2 |
| | | | | 자석 자기장 | 2.7 |
| | | | | 자기력선 | 2.8 |
| | | 전류에 의한 자기장 | 2.6 | 직선전류 자기장 | 2.2 |
| | | | | 원형전류 자기장 | 3.0 |
| | | | | 솔레노이드 자기장 | 2.3 |
| | | | | 전류에 의한 자기장 이용 | 3.0 |
| | | | | 토로이드 | 2.5 |
| 물질의 자성 | 2.6 | 자성실험 | 2.5 | 공중부양 개구리 | 2.4 |
| | | | | 자석만들기 | 2.3 |
| | | | | 자성실험 | 4.0 |
| | | 자성의 종류 | 2.7 | 강자성 | 3.5 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 상자성 | 2.5 |
| | | | | 반자성 | 2.5 |
| | | | | 자성의 원인 | 2.3 |
| | | 자성의 이용 | 2.6 | 마이스너 효과 | 2.8 |
| | | | | 액체 자석 | 2.3 |
| 전자기 유도 | 2.4 | 전자기 유도 실험 | 2.0 | 전지 없이 불켜기 | 2.0 |
| | | | | 전자기 유도 실험 | 2.0 |
| | | | | 패러데이 실험 장치 | 2.0 |
| | | 전자기 유도 법칙 | 2.5 | 유도 전류의 방향 | 2.8 |
| | | | | 전자기 유도 법칙 | 2.1 |
| | | 전자기 유도 이용 | 2.5 | 온라인 전기 자동차 | 1.7 |
| | | | | 신용카드 판독기 | 2.5 |
| | | | | 태블릿 컴퓨터 | 3.2 |
| | | | | 발광 킥보드 | 2.3 |
| | | | | 발전기 | 5.0 |
| 인물 | 2.7 | 전류에 의한 자기장 | 2.0 | 외르스테드 | 3.1 |
| | | | | 앙페르 | 1.0 |
| | | 전자기유도 | 3.7 | 렌츠 | 4.1 |
| | | | | 패러데이 | 2.0 |
| 기타 | 2.3 | 기타 | 2.3 | 정전기 현상 | 3.5 |
| | | | | 전자기장 | 3.0 |
| | | | | MRI | 3.0 |
| | | | | 건전지모형 | 2.0 |
| | | | | 유전분극 | 없음 |
| | | | | 자성 | 1.0 |
| | | | | 전자기 유도 | 1.0 |
| | | | | 전기장 | 2.0 |

댓글 대상의 분류와 댓글 만족도

| 대분류 | 만족도 | 중분류 | 만족도 | 소분류 | 만족도 |
|---|---|---|---|---|---|
| 전기력 | 2.9 | 전기력 실험 | 2.8 | 테슬라코일 | 2.7 |
| | | | | 밴더그래프 | 2.8 |
| | | 전기력 | 3.3 | 전기력 | 3.2 |
| | | | | 전기력 크기 실험 | 3.8 |
| | | | | 쿨롱법칙 | 3.3 |
| 전기장 | 3.0 | 전기장 | 2.7 | 전기장 관찰 실험 | 4.0 |
| | | | | 대전체 주위의 전기장 | 2.4 |
| | | 전기력선 | 3.1 | 점전하 전기력선 | 3.0 |
| | | | | 전기력선 | 3.0 |
| | | | | 두 전하 전기력선 | 3.4 |
| | | | | 전하량이 다른 전기력선 | 1.0 |
| | | | | 평행한 전기력선 | 3.5 |
| 정전기 유도 | 2.9 | 정전기 유도 실험 | 3.3 | 수돗물 실험 | 3.2 |
| | | | | 정전기 유도 실험 | 4.0 |
| | | 정전기 유도와 물질 | 2.8 | 정전기 유도 | 2.8 |
| | | | | 도체 정전기 유도 | 4.3 |
| | | | | 절연체 정전기 유도 | 2.7 |
| | | 정전기 유도 현상 | 2.7 | 접지 | 3.3 |
| | | | | 번개와 피뢰침 | 2.5 |
| 자기장 | 3.2 | 자기장 | 3.3 | 전철 자기장 | 3.3 |
| | | | | 자석 자기장 | 2.7 |
| | | | | 자기력선 | 5.0 |
| | | 전류에 의한 자기장 | 3.1 | 직선전류 자기장 | 3.0 |
| | | | | 원형전류 자기장 | 3.6 |
| | | | | 솔레노이드 자기장 | 2.8 |
| | | | | 전류에 의한 자기장 이용 | 3.3 |
| | | | | 토로이드 | 2.8 |
| 물질의 자성 | 3.1 | 자성실험 | 3.0 | 공중부양 개구리 | 2.8 |
| | | | | 자석만들기 | 2.7 |
| | | | | 자성실험 | 5.0 |
| | | 자성의 종류 | 3.2 | 강자성 | 3.8 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 상자성 | 2.9 |
| | | | | 반자성 | 3.5 |
| | | | | 자성의 원인 | 3.2 |
| | | 자성의 이용 | 3.2 | 마이스너 효과 | 2.6 |
| | | | | 액체 자석 | 4.0 |
| 전자기 유도 | 2.7 | 전자기 유도 실험 | 2.8 | 전지 없이 불켜기 | 2.8 |
| | | | | 전자기 유도 실험 | 무응답 |
| | | | | 패러데이 실험 장치 | 3.0 |
| | | 전자기 유도 법칙 | 2.8 | 유도 전류의 방향 | 2.4 |
| | | | | 전자기 유도 법칙 | 3.5 |
| | | 전자기 유도 이용 | 2.5 | 온라인 전기 자동차 | 1.9 |
| | | | | 신용카드 판독기 | 3.2 |
| | | | | 태블릿 컴퓨터 | 1.8 |
| | | | | 발광 킥보드 | 2.9 |
| | | | | 발전기 | 2.3 |
| 인물 | 3.0 | 전류에 의한 자기장 | 2.5 | 외르스테드 | 3.0 |
| | | | | 앙페르 | 2.0 |
| | | 전자기유도 | 4.0 | 렌츠 | 4.0 |
| | | | | 패러데이 | 무응답 |
| 기타 | 2.9 | 기타 | 2.9 | 정전기 현상 | 1.5 |
| | | | | 전자기장 | 2.8 |
| | | | | MRI | 무응답 |
| | | | | 건전지모형 | 3.0 |
| | | | | 유전분극 | 무응답 |
| | | | | 자성 | 2.0 |
| | | | | 전자기 유도 | 5.0 |
| | | | | 전기장 | 무응답 |

# Abstract

## An analysis of the co-construction of knowledge in online question-and-answer activities to the electromagnetism class in high school

Jin, Su young
Department of Science Education
The Graduate School
Seoul National University

Knowledge construction is to better understand new information or existing knowledge by making inferences about new information, taking new perspectives on existing knowledge, adding details to refine new information, and forming a relationship between new and existing knowledge. It can be seen as an activity in which students in an online environment express their knowledge, share their knowledge expressed, and connect shared knowledge with each other in finding answers to each other's questions. In this study, the online question and answer activities associated with high school electromagnetism

class identify how students co-organize knowledge and identify questions and comments that help to co-organize knowledge.

To this end, the sixth class was conducted at the physical electromagnetic field unit in the second grade of high school, where 152 students posted their textbooks on the online annotation system, conducted online question and answer questions together, and analyzed 445 threads, which consisted of questions and comments.

In terms of constructivism, the characteristics of the questions and answers of students could be classified as verifiable and exploratory according to the purpose of the question and attempted to construct an active meaning in a similar proportion. In expressing prior knowledge and experience, he revealed his concept and explained the phenomenon through five concepts, use of variables, and logical expressions. To check the interaction, we analyzed the question assessment, comment evaluation, and length of the text, gave slightly higher points than the question, and evaluated negative comments if the text was too short. There were no five concepts, mutants were used, and questions and comments that were expressed logically got good marks.

In the online question and answer activities, the lowest level of re-examination, guesswork, hypothesis, explanation and reasoning, based on concepts and descriptions of phenomena, was the most common. According to the textbook, the number of

questions and comments were high, but there were also many comments including the misconception. Questions without comments did not include concepts and descriptions of phenomena, or they were low in their level.

There are types of questions that correspond to lack of conceptual representation, conflict between concepts and phenomena, conflict between concepts and concepts, conflict between phenomena, and conflict between phenomena and phenomena in a way that students co-organize knowledge. New physical concepts related to each type were added to refine existing concepts, supplementing the link between concepts and concepts, or linking existing phenomena with familiar phenomena to provide new perspectives on existing concepts.

Online question-and-answer activities are activities that actively construct meaning through questions and comments, and use of scientific explanations such as physical variants, rules and formulas, and logical expressions have shown positive interaction and higher level of knowledge construction. The questions described familiar phenomena in the comments, depending on whether and how they expressed the concepts and phenomena, and expanded the relevant concepts to identify the process of co-organizing knowledge among students. It is important for students to ask questions and comment using modifiers, rules and formulas, and logical expressions for meaningful learning of online question and answer activities. At this point, it is

important to logically link and extend the concepts expressed by the other person from a collaborative point of view of knowledge, and to refine existing concepts into familiar phenomena.

**Keywords: online question and answer, electromagnetic, social annotation, knowledge construction, Knowledge co-construction**

**Student Number: 2006-21787**