



국가수준 학업성취도 평가의 과학 문항 특성 분석 : 광학 내용을 중심으로

이봉우¹, 이인호^{2*}¹단국대학교, ²한국교육과정평가원

Analysis on the Characteristics of National Assessment of Educational Achievement (NAEA) Items for Science Subject: With a Focus on Optics

Bongwoo Lee¹, Inho Lee^{2*}¹Dankook University, ²Korea Institute for Curriculum and Evaluation

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23 May 2015
 Received in revised form
 8 June 2015
 16 June 2015
 Accepted 17 June 2015

Keywords:

National Assessment of Educational Achievement (NAEA), option response rate distribution curve, item analysis, physics, optics

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the results of physics (optics) in nationwide standardized assessment and to investigate middle-school students' characteristics of achievement by using an option response rate distribution curve. For this purpose, we analyzed the 10 optics problems from the National Assessment of Educational Achievement (NAEA) items for middle school science subject conducted in 2010-2013. The results of this study are as follows; First, students showed a little higher achievement in optics than classical mechanics and electromagnetism. Second, students achieved significantly worse in 'formation of image' in 'light' part and 'variation of phase in propagation of wave' in 'wave' part. Third, students showed a context-dependent problem solving strategy and result. Additionally, we suggested some implications about the readjustment of some optics concepts level of national science curriculum, the need for teaching and learning strategies for basic level students, and the need for teaching and learning strategies focused on the realistic context.

1. 서론

현대 사회에서 국가의 경쟁력을 높이기 위해서는 창의력과 과학적 소양을 갖춘 인재의 양성이 매우 중요하다. 미국에서는 국가 경쟁력 강화를 위한 교육의 일환으로 STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics) 교육을 통해 통합교육을 도입하였고, 최근에는 차세대 과학교육기준(Next Generation Science Standards) 적용을 통해 과학 관련 지식 습득에 그치지 않고 공학을 통한 실제에의 적용을 시도하고 있다 (NGSS, 2013). 영국(Department of Education, 2013)과 호주(ACARA, 2013)에서도 새로운 교육과정을 통해 창의력 있는 인재를 양성하는데 많은 노력을 기울이고 있다. 우리나라에서도 최근 교육과정의 개정을 통해 교육의 질 확보를 위한 노력을 하고 있다. 2009 개정 과학과 교육과정(Ministry of Education and Science Technology, 2009)에서는 STEAM(Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics) 교육을 도입하였으며, 2015년에 고시될 2015 개정 과학과 교육과정에서는 문·이과 통합형 교육과정을 통하여 자연계열 학생만이 아니라 인문계열 학생들도 과학 학습을 체계적으로 함으로써 인문·사회·과학기술에 대한 기초 소양을 갖춘 융합형 인재를 양성할 기틀을 마련하고자 노력하고 있다.

국가 수준의 교육과정은 개발에서 적용까지 오랜 시간에 걸쳐 이루어지기 때문에 교육과정이 잘 정착되어 운영되는지 지속적으로 점검할 필요가 있다. 이를 통해 교육과정 개발에서 고려하지 못한 문제점에 대처할 수 있을 뿐만 아니라 새로운 교육정책이나 차기 교육과정 개발

에 기초자료로 삼을 수 있기 때문이다.

세계 선진국들은 국가의 경쟁력 제고를 위해 교육과정의 질 관리를 위한 국가 수준의 학업성취도 평가를 실시하고 있다. 미국의 NAEP(National Assessment of Educational Progress), 영국의 NCA(National Curriculum Assessment), 호주의 NAP(National Assessment Programme) 등이 그 대표적인 예이다(Jeong & Choi, 2008). 또한 세계 여러 나라에서는 미래 사회 시민에게 필요한 능력을 평가하기 위해서 많은 국제비교 평가연구를 수행하고 있는데, 그 중 대표적인 것이 TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study)와 PISA(Programme for International Student Assessment)이다. TIMSS는 수학 및 과학 성취도의 주기별 변화 추이를 파악하고 국제적인 수준에서 비교 검토하는 평가연구이고, PISA는 OECD(경제협력개발기구) 회원국의 학생을 대상으로 과학·읽기·수학 소양을 측정하는 평가 연구이다.

우리나라에서도 국가수준에서 교육의 질을 관리하기 위하여 대규모 학업성취도 평가를 시행하고 있으며, 지속적으로 학생들의 학업 성취수준을 진단하고 이에 따라 교육 정책 수립과 교수학습 개선을 위한 경험적 자료를 제공하고 있다(Kim *et al.*, 2011a; Kim *et al.*, 2011b; Kim *et al.*, 2013a; Lee *et al.*, 2010). 특히, 국가수준 학업성취도 평가는 교육과정에 제시된 학습내용 성취기준에 대한 학생들의 학습발달과정에 대한 기초 정보를 얻을 수 있다는 점에서 평가 결과의 활용도가 매우 높다. 한국교육과정평가원에서는 매년 국가수준 학업 성취도 평가를 실시한 이후 문항에 대한 반응분포, 성취수준별 특징

* 교신저자 : 이인호 (kinelee@kice.re.kr)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.3.0465>

등을 포함한 보고서를 발표하였으며(Kim *et al.*, 2011c; Kim *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2013b; Lee *et al.*, 2014), 일부 연구(Choi, 2013; Choi & Jeong, 2008; Jeong & Choi, 2008; Kim & Jeong, 2012)에서 성취도의 특징 및 변화 추이를 분석하여 그 결과를 제시하고 있다. 최근에는 문항별로 정답지와 오답지에 대한 반응을 분포 곡선을 활용하여 학생들의 학업성취 특성을 분석한 연구(Kim *et al.*, 2015)도 진행되었다.

그동안 진행된 연구들은 국가수준 학업성취도 평가의 전반적인 결과들을 제시한 것이 주를 이루었다. 학업성취도 평가의 결과는 문항별로 학생들의 반응 특성을 보여줄 수 있는 장점이 있기 때문에 다년간 축적된 정보들을 종합하여 학생들이 학습해야 할 개념별 특성을 분석하는 것이 가능하며, 그 분석결과는 해당 개념의 교수학습 방법의 방향을 정하는데 큰 역할을 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 물리의 광학과 관련된 문항의 평가 결과를 통해 중학교 수준 광학 내용의 교육과정 적용 현황을 분석하고자 한다.

물리학은 과학의 기초 학문으로 그 중요성이 매우 높지만, 다른 분야보다 학생들이 더 어려워하고 있다(Lee & Lee, 2005). 이 때문에 2015학년도 대학수학능력시험에서 물리Ⅱ를 선택한 학생은 불과 1.7%밖에 되지 않을 만큼 물리에 대한 기피가 심해지고 있어 물리교육의 큰 위기로 다가가고 있다. 학생들이 물리를 어려워하는 것은 초등학교 때부터 나타나는데, 이러한 어려움은 중학교를 거치면서 더욱 더 커지고 있다(Lee & Lee, 2005). 중학교의 물리 내용은 역학 분야의 ‘힘과 운동’, ‘일과 에너지’, ‘열에너지’, 전자기학 분야의 ‘정전기’, ‘전기’, 광학 분야의 ‘빛과 파동’ 등으로 구성되어 있다. 이 중에서 ‘빛과 파동’ 단원은 빛과 소리의 진행과 관련된 내용으로 구성되어 생활 속에서 많이 접할 수 있을 뿐만 아니라 물리의 다른 내용들 중에서도 학생들의 흥미를 끌 수 있는 활동이 많이 포함되어 있어 물리에 대한 기피를 줄이기 위하여 잘 교육될 필요가 있다.

중학교 수준에서 배우는 빛에 대한 내용은 반사와 굴절, 분산과 합성 등으로 구성되어 있다. 이 중에서 반사와 굴절과 관련된 많은 선행연구들이 있다. 반사는 일상생활에서도 많이 경험하는 현상이지만 학생들은 다양한 오개념을 가지고 있다(Goldberg & McDermott, 1986; Galili, Goldberg & Bendall, 1991). 특히 반사에 의한 상의 형성에서 많은 오개념을 가지고 있는데, 많은 학생들은 평면 거울에 의한 물체의 상이 거울의 표면에 생긴다고 생각하고 있으며, 오목 거울에 의한 실상도 거울면이나 거울 뒤쪽에 생긴다고 생각하고 있다. 굴절에 대해서 많은 학생들은 성질이 다른 매질의 경계면에서 굴절하는 것에 대해 명확한 개념을 갖고 있지 못하며(Oh & Kim, 2002), 상의 형성과 정에서 상이 생기는 근본 원리에 대해서 정확하게 알지 못하고 있다(Lee *et al.*, 2004; Kwon *et al.*, 2006). 학생뿐만 아니라 교사들도 많은 오개념을 가지고 있어(Bendall, Goldberg & Galili, 1993), 빛 단원을 지도하는데 어려움을 겪는 경우가 많다(Kim & Paik, 2008). 중학교에서 광학 내용은 제7차 교육과정에서 처음 도입되었기 때문에 지도의 경험이 많지 않을 뿐만 아니라 대부분의 교사들이 광학 내용에 대한 체계적인 교육을 받지 못하였기 때문이다.

파동과 관련된 내용은 중학교에서는 파동의 발생과 전파, 종파와 횡파, 소리의 전달 및 소음 등의 내용으로 구성되어 있다. 빛에 대해서는 많은 연구가 진행된 것에 비해서 파동과 관련되어 학생들의 이해와 관련된 연구는 그리 많지 않다(Küçüközer, 2010). 학생들은 파동의

발생과 전파에 대해서 많은 어려움을 갖고 있으며(Maurines, 1992), 파동을 입자의 운동과 구별하지 못하여 파동 현상에 대해서 이해하지 못한다(Wittmann, 2002; Wittmann, Steinberg & Redish, 1999). 특히, 파동의 중첩과 관련된 원리에 대해서는 다른 요소보다 큰 어려움을 겪고 있다(Şengören, Tanel & Kavcar, 2006; Wittmann, 2002; Wittmann, Steinberg & Redish, 1999). 소리에 대한 오개념도 초중등 학생은 물론 대학생들을 대상으로 한 연구들(Chang *et al.*, 2007; Eshach & Schwartz, 2006; Pejuan *et al.*, 2012)이 이루어져왔다. 우리나라에서 진행된 연구들을 살펴보면 소리 나는 관 안의 공기 운동에 대한 교과서와 교사의 설명 분석에 대한 연구(Park & Yoo, 2010), 예비 과학교사의 소리 파동 관련 오개념 분석 연구(Kim *et al.*, 2007), 비물리전공 교사들의 파동에 대한 이해(Oh & Kim, 2006) 등의 연구들이 있는데, 이들 모두 교사 혹은 교과서를 대상으로 하는 연구로 학생들의 이해에 대한 연구는 일부 오개념 연구(Song *et al.*, 2004)에서만 찾아볼 수 있을 뿐 전국단위로 학생들의 수준을 평가할 수 있는 연구는 찾아보기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 국가수준 학업성취도 평가의 결과를 바탕으로 광학(빛과 파동)에 대한 내용을 중학생들이 교육과정 수준에서 어느 정도 성취하였는지를 살펴보고자 한다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 국가수준 학업성취도 평가의 광학 문항에 대한 중학생들의 성취 특성은 어떠한가?

둘째, 국가수준 학업성취도 평가의 광학 문항에 대한 중학생들의 반응 특성은 어떠한가?

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2010년부터 2013년까지 시행된 국가수준 학업성취도 평가의 중학교 과학 선다형 문항 중 광학 문항과 그 평가 결과에 대한 분석이다. 국가수준 학업성취도 평가의 중학교 과학 문항은 총 40문항으로 서답형 문항을 제외한 선다형 문항은 32문항이다. 이 중 물리 분야는 1/4에 해당되는 8문항이고, 그 중 한 문항은 연도 간 난이도를 보정하는 동등화를 위한 가교문항이다. 본 연구의 대상은 가교문항을 분석에서 제외한 4년간의 총 28문항 중에서 광학 내용에 대한 10문항이다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 물리 분야의 광학 영역 문항의 성취도 점수별 답지

Table 1. Numbers of physics items in National Assessment of Educational Achievement

중영역	2010	2011	2012	2013	소계	평균 정답률
역학	3	4	3	2	12	53.84
열역학	0	0	1	1	2	55.43
전자기학	1	2	0	1	4	53.35
광학	3	1	3	3	10	64.00
소계	7	7	7	7	28	57.03

Table 2. Evaluation results of 'optics' items in NAEA

연도	문항 번호	내용	성취수준별 정답률(%)					변별도
			우수 학력	보통 학력	기초 학력	기초학력 미달	전체	
2011	6	빛의 반사법칙 이용하기	99.50	*95.49	72.08	21.69	84.55	0.50
2012	3	빛의 반사 법칙을 이용하기	*88.22	71.56	58.11	31.96	66.89	0.24
2010	1	빛의 굴절 현상 설명하기	94.8	*82.3	56.7	19.4	70.7	0.45
2013	4	광선을 작도하여 볼록 거울에 의해 생기는 상 찾기	*87.49	61.01	36.49	26.02	53.46	0.31
2010	4	빛의 분산에 의해 나타나는 현상 구별하기	97.5	*82.9	48.7	16.7	68.5	0.52
2012	2	빛의 합성에 따른 색 설명하기	97.01	*92.16	71.61	35.16	82.42	0.36
2010	3	파동의 종류와 특징 이해하기	*88.3	69.7	43.5	15.9	59.9	0.42
2012	6	회파의 특징을 파도타기 응원에 비유하여 설명하기	72.48	49.32	31.63	16.55	44.28	0.25
2013	3	파동이 전파되는 과정 설명하기	51.19	16.83	9.54	9.22	17.81	0.23
2013	5	소음을 줄이는 방법 설명하기	99.54	98.07	*88.12	41.80	91.26	0.39

*각 성취수준별 대표문항

반응을 분포 곡선을 통해 특정 문항의 정답과 오답에 대한 중학생들의 반응 특성을 분석하였다. 이를 위해서 성취도 점수를 척도 점수로 변환한 것을 가로축값으로 하고, 각 답지에 대한 반응률을 0과 1 사이의 값으로 나타낸 것을 세로축값으로 한 그래프인 답지 반응률 분포 곡선을 이용하였다. 각각의 답지에 대한 반응률은 지수함수 또는 다항함수로 근사하여 부드러운 곡선이 되도록 하여 나타내었다. 국가수준 학업성취도 평가에서는 학생의 원점수를 척도 점수로 변환한 후 분할점수를 기준으로 우수학력, 보통학력, 기초학력, 기초학력 미달 등의 4단계 성취수준으로 구분한다. 본 연구에서도 각 집단별로 답지 반응의 특성을 살펴보았다.

일반적으로 정답지의 반응률은 성취수준이 높아지면서 점차적으로 증가하는 형태를 나타낸다. 특히 변별도가 높은 문항은 성취수준이 낮은 집단과 성취수준이 높은 집단을 구별할 수 있기 때문에 정답지의 반응률 분포 곡선의 모양이 S자 형태를 나타낸다(Kim et al., 2015). 반면에 오답지의 반응률 분포 곡선의 모양은 성취수준이 낮은 집단에서 높게 나타나고 성취수준이 높아지면서 점차 낮아지는 지수함수의 형태를 나타내는 것이 일반적이다. 그러나 어떤 문항에서는 정답지의 반응률이 S자 형태가 아닌 다른 형태를 나타내기도 하고, 오답지에 대한 반응률이 특정 성취수준에서 유난히 높게 나타나는 등 일반적인 예상과 맞지 않는 형태를 나타내기도 한다. 본 연구에서는 정답지와 오답지의 반응률 분포 곡선 형태를 문항의 내용과 학생들의 반응을 연계하여 분석하였다. 중학교의 광학 내용은 ‘빛’과 ‘파동(소리)’로 구성되어 있어, 10개의 문항을 ‘빛’과 ‘파동’으로 구분하여 문항별로 정답지와 오답지의 반응률 분포 곡선으로부터 중학생들의 이해정도를 분석하였다.

III. 연구 결과

1. 광학 문항의 학업성취도 평가 결과

2010년부터 2013년까지 실시된 국가수준 학업성취도 평가 중 물리 분야의 광학 영역 10문항의 문항 내용, 정답률, 변별도 등을 분석한 결과를 Table 2에 제시하였다. ‘빛’과 관련된 문항이 6문항으로 평균정답률은 71.09%였고, ‘파동’과 관련된 4문항의 평균정답률은 53.31%로 학생들은 ‘빛’보다 ‘파동’과 관련된 문항에서 더 낮은 성취를 나타내었다. 특히 2013년 5번 문항을 제외하면 정답률이 훨씬 더 낮은

것을 볼 수 있다.

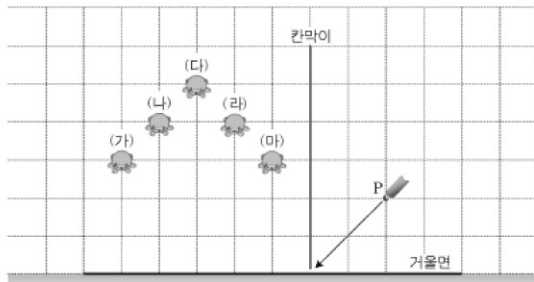
국가수준 학업성취도 평가에서는 각 집단(우수학력, 보통학력, 기초학력)별로 정답률이 74% 이상인 문항을 해당 집단의 대표문항으로 분류하여 각 집단별 성취 특성을 제시하고 있다. 광학 영역에서는 우수학력 대표문항이 3문항, 보통학력 대표문항이 4문항, 기초학력 대표문항이 1문항이었고, 학생들의 정답률이 매우 낮아 어떤 집단의 대표문항으로도 사용할 수 없는 문항이 2문항이었다. 특히 파동이 전파되는 과정을 설명하는 2013년 3번 문항의 정답률은 17.81%이고, 회파의 특징을 파도타기 응원에 비유하여 설명하는 것을 질문한 2012년 6번 문항의 정답률은 44.28%로 두 문항이 전체 평균정답률을 낮게 한 원인이 된 문항이었다.

2. ‘빛’ 관련 문항에 대한 학생들의 반응 분석

광학 영역의 10 문항 중 ‘빛’과 관련된 문항은 모두 6문항이었다. 2007 개정 교육과정에서는 ‘빛’과 관련된 내용으로 초등학교 3학년의 ‘빛의 직진’에서 빛의 직진과 그림자에 대해서 학습하고, 초등학교 6학년의 ‘빛’에서 빛의 직진, 반사, 굴절과 관련된 현상을 학습한다. 또한 중학교 2학년의 ‘빛과 파동’에서는 반사와 굴절, 거울(평면 거울, 오목 거울, 볼록 거울)과 렌즈(오목 렌즈, 볼록 렌즈)에 의해 생기는 상, 빛의 분산과 합성 등에 대해서 학습한다. 이 중에서 중학교 2학년 ‘빛과 파동’의 교육과정 내용이 중학교 3학년을 대상으로 실시하는 국가수준 학업성취도 평가에 반영된다.

2011년 6번 문항은 빛의 반사법칙을 이해하고 있는지를 질문한 것으로 문항과 답지 반응률 분포 곡선을 Figure 1에 나타내었다. 이 문항은 빛의 반사법칙에 따라 거울 면에 입사한 광선의 입사각과 같은 크기의 반사각으로 반사광선을 그릴 수 있는지를 알아보기 위한 문항이었다. 빛의 반사법칙은 대부분의 학생들이 쉽게 인지하고 있을 뿐만 아니라 직관적으로도 빛이 어떻게 진행할 것인지 유추할 수 있기 때문에 많은 학생들이 정답을 찾을 수 있어 정답률이 84.55%로 높게 나타났다. 그런데 이러한 높은 정답률에도 변별도는 0.50으로 매우 낮았다. 우수학력과 보통학력 학생들의 정답률은 각각 99.50%, 95.49%로 거의 대부분의 학생들이 정답을 선택하여 실수를 하지 않는다면 쉽게 정답을 선택하였다고 할 수 있다. 그러나 기초학력 미달 학생들은 정답인 ②보다 오답인 ③(27.45%)과 ④(21.77%)를 더 많이 선택하였다. 학생들이 입사각과 반사각을 각도기를 이용하여 측정하지 않아도 쉽

6. 그림은 왼쪽 벽면에 평면 거울이 있고, 가운데에 칸막이가 있는 방을 위에서 내려다본 모습을 나타낸 것이다. 칸막이 한쪽에는 다섯 개의 인형이 놓여 있다.



점 P의 위치에서 레이저 광선을 칸막이와 거울 사이의 틈을 향해 비추었을 때, 레이저 광선이 도달하는 인형은?

- ① (가) ② (나) ③ (다) ④ (라) ⑤ (마)

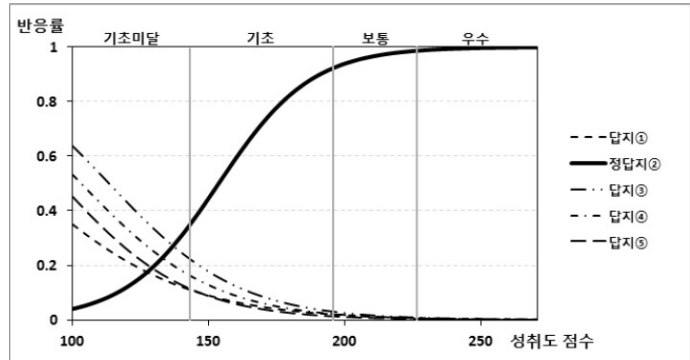


Figure 1. Item and option response rate distribution curve (6th of 2011)

3. 그림은 방을 위에서 내려다본 모습이다. A 위치에서 거울을 통해 볼 수 없는 것은?



- ① 농구공 ② 배구공 ③ 야구공
- ④ 축구공 ⑤ 테니스공

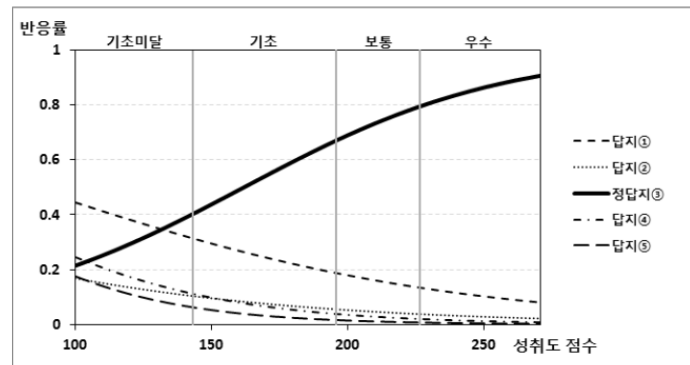


Figure 2. Item and option response rate distribution curve (3rd of 2012)

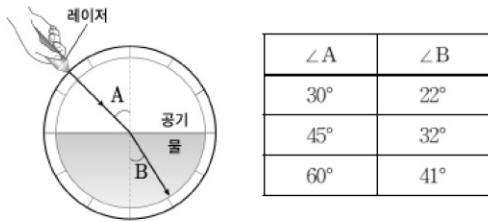
게 문제를 해결할 수 있도록 격자를 제시하였음에도 불구하고 기초학력 미달 학생들은 반사광선을 그리지 않고 눈대중으로 대략 정답을 선택하였기 때문에 문제의 정답을 선택하지 못한 것으로 생각할 수 있다.

반사와 관련된 또 다른 문항(2012년 3번 문항)은 빛의 반사법칙을 이용하여 평면 거울을 통해서 상을 볼 수 있는지를 질문한 것으로 문항과 답지 반응률 분포 곡선을 Figure 2에 나타내었다. 이 문항은 반사의 법칙을 이용해서 평면 거울에 의해 생기는 상과 관련된 질문으로 거울에 의해 생기는 상을 특정 위치에서 볼 수 있는지를 알아보기 위한 문항이다. 교과서에서는 평면 거울에 의해 생기는 상을 찾는 방법을 설명하고 있고, 그 결과로서 거울의 반대편에 같은 거리인 지점에 상이 위치하고 있는 것을 제시하고 있다. 상을 찾는 과정이나 그 결과가 이 문항과 밀접하게 관련이 되어 있지만, 이 문항의 정답을 찾는 가장 쉬운 방법은 물체에서 나온 빛이 거울에 의해 반사될 때 반사의 법칙을 이용해서 반사광선이 A 지점으로 진행하는지를 찾으면 된다. 거울을 통해서 물체를 보는 현상은 생활 속에서 자주 경험하는 현상이기 때문에 전체 정답률이 66.89%로 비교적 높았다. 우수학력 학생들의 정답률은 88.22%, 보통학력 학생들의 정답률이 71.56%인 것에 비해 기초학력 학생들의 정답률은 58.11%, 기초학력 미달 학생들의 정답률은 31.96%로 점진적으로 낮아졌다. 답지 반응률 분포 곡선을 살펴보면 2011년 6번 문항에 대해서는 정답지의 반응률 분포 곡선이 S자 형태를 나타내어 상위 그룹과 하위 그룹을 잘 변별할 수 있는

것으로 나타났지만, 2012년 3번 문항은 정답지의 반응률 분포 곡선이 완만하게 증가하는 형태였다. 특히 답지 ①의 반응률 분포 곡선을 보면 기초학력 학생들과 기초학력 미달 학생들에 대해서 비교적 높게 나타났다. 특히 기초학력 미달 학생들은 정답보다 오답인 ①을 더 많이 선택하였다. 일반적으로 오답지의 경우 기초학력 미달 학생들에 대해서 높은 선택률을 보이다가 급격하게 낮아지는 지수함수 형태를 나타낸다(Kim et al., 2015). 그러나 답지 ①의 선택률은 기초학력 학생들에서도 높게 나타나 완만하게 감소하는 형태를 나타내었다. 학생들이 거울에서 반사의 법칙에 따라 반사되는 것을 고려하지 않고 농구공이 관찰자로부터 멀리 떨어져 있기 때문에 안보일 수 있다는 직관적인 생각을 갖고 있었기 때문이다. 따라서 이러한 학생들에게는 실제 거울에서 반사되는 빛의 경로를 관찰하여 그대로 종이 위에 그린 다음 종이를 거울 면에 수직으로 접어서 겹쳐보는 활동을 통해 반사의 법칙을 깨우치도록 지도할 필요가 있다.

빛의 굴절 현상과 관련된 문항은 2010년에 출제된 한 문항이었다(Figure 3). 2007 개정 교육과정에서는 ‘빛과 파동’ 단원에서 굴절에 대한 내용을 포함하고 있지 않지만, 오목 렌즈와 볼록 렌즈에 의해 생기는 상에 대한 이해를 위해서 기본적으로 굴절하는 과정에 대한 이해를 요구하고 있다. 이 문항에서는 빛이 공기에서 물로 진행할 때 경계면에서 꺾이는 모습을 제시하고, 입사각을 변화시켰을 때 굴절각의 변화를 데이터로 제시한 상황이었다. 이 문항에서는 학생들이 입사각과 굴절각을 구별할 수 있는지, 그리고 주어진 자료를 통해서 입사각

1. 그림은 빛이 공기에서 물로 진행할 때의 경로를 나타낸 것이고, 표는 $\angle A$ 를 변화시키며 $\angle B$ 를 측정할 결과이다.



이 결과로부터 알 수 있는 사실을 <보기>에서 모두 고른 것은?

<보 기>
 가. $\angle A$ 는 입사각, $\angle B$ 는 굴절각이다.
 나. 빛이 공기에서 물로 진행할 때, 입사각은 굴절각보다 작다.
 다. 빛이 공기에서 물로 진행할 때, 입사각을 크게 하면 굴절각도 커진다.

- ① 가 ② 나 ③ 다 ④ 가, 나 ⑤ 가, 다

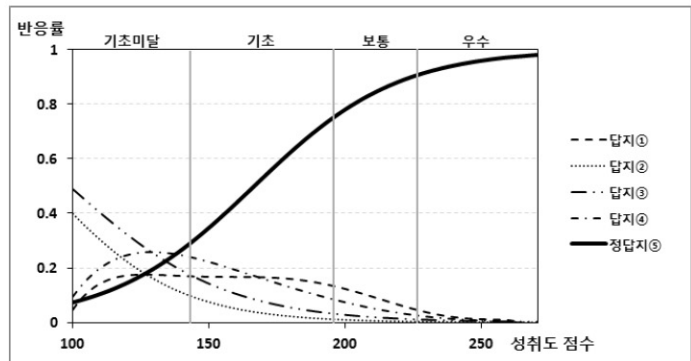


Figure 3. Item and option response rate distribution curve (1st of 2010)

4. 그림은 볼록 거울 앞에 연필이 놓여 있는 모습을 나타낸 것이다. 광선을 작도하여 연필의 상이 생기는 위치와 크기를 나타낸 것으로 옳은 것은?

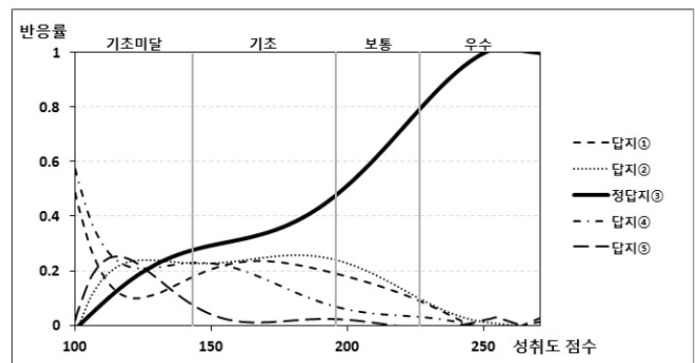
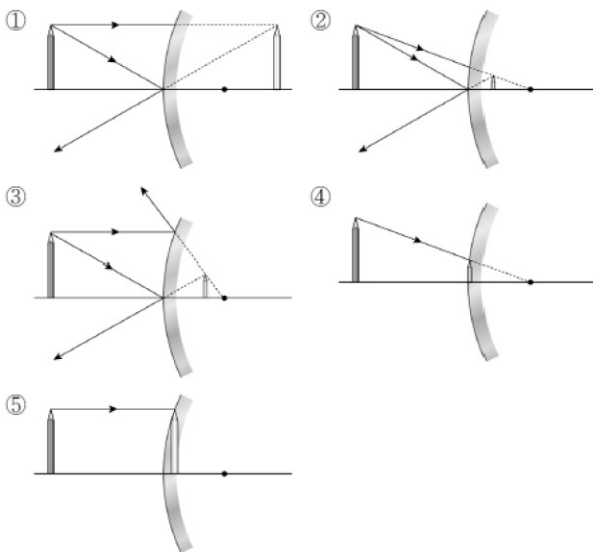
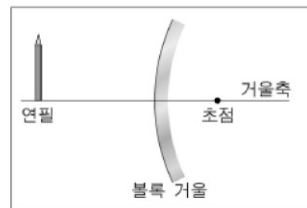


Figure 4. Item and option response rate distribution curve (4th of 2013)

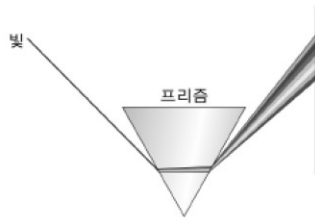
과 굴절각의 관계를 일반화할 수 있는지의 능력을 평가하고 있다. 전체 정답률은 70.7%로 비교적 높았으며, 보통학력 학생들의 정답률이 82.3%, 기초학력 학생들의 정답률이 56.7%로 기초학력 학생들과 구별되는 보통학력 학생들의 특징을 알아보는 데 적합한 문항이다. 즉, 보통학력 학생들은 이 문제에서 요구하는 입사각과 굴절각의 구별능력, 기본적인 자료 분석 능력을 바탕으로 입사각과 굴절각의 관계에 대한 일반화된 진술문의 진위 판단 능력을 가지고 있다고 할 수 있다.

답지 반응률 분포 곡선의 오답 반응률을 살펴보면 기초학력 미달 중에서도 하위 그룹의 학생들은 ②와 ③의 선택률이 상대적으로 높았다. 즉, 기초학력 미달 학생들은 <보기>의 '가'에서 제시한 입사각과

굴절각을 구별하는데 어려움을 갖고 있음을 알 수 있다. 반면 기초학력 집단 학생들은 상대적으로 ①과 ④의 선택률이 높은 것을 볼 수 있는데, 기초학력 학생들 중 높은 비율의 학생들이 입사각과 굴절각을 구별할 수 있지만, 자료를 일반화하는데 어려움을 갖고 있음을 알 수 있다. 따라서 기초학력 학생들에게는 실험의 결과로 제시되는 데이터를 해석해보게 하는 활동을 많이 수행해보도록 지도하는 것이 필요하다.

2007 개정 교육과정의 '빛' 영역에서 가장 많이 제시되는 것은 바로 거울 또는 렌즈의 '상'이다. 상의 형성과 관련된 문항은 1문항이 출제되었는데, Figure 4에 제시된 것처럼 볼록 거울에서 빛이 반사하는

4. 그림은 어떤 광원에서 나온 빛을 프리즘에 통과시켰을 때 여러 가지 색의 빛으로 나누어지는 모습을 나타낸 것이다.



이와 같이 빛이 나누어지는 현상과 관련된 예로 가장 적절한 것은?

- ① 햇빛을 등지고 서서 분무기로 물을 뿌리면 무지개가 보인다.
- ② 빨간색과 초록색이 칠해진 팽이를 돌리면 노랗게 보인다.
- ③ 가로등에 가까이 갈수록 그림자가 짧아진다.
- ④ 잔잔한 수면에 주변의 경치가 비쳐 보인다.
- ⑤ 문틈 사이로 들어온 빛이 곧게 나아간다.

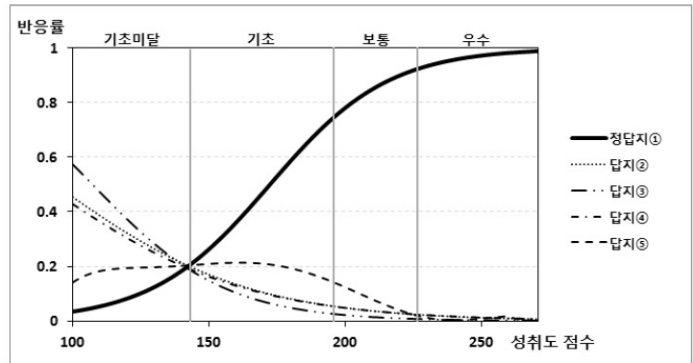


Figure 5. Item and option response rate distribution curve (4th of 2010)

과정에 의해서 나타나는 상의 원리를 학생들이 이해하고 있는지를 작도를 통해서 설명할 수 있는지 알아보는 문항이다.

이 문제를 해결하기 위해서 학생들은 빛이 거울에서 반사할 때 입사각과 반사각이 같다는 것, 작도를 통해 상을 구하기 위해서는 2개 이상의 광선이 필요하다는 것, 광축에 평행하게 진행한 광선은 볼록 거울에서 반사한 후에 초점에서 빛이 나온 것처럼 진행한다는 것, 그리고 반사된 빛들을 연장하여 만난 지점에서 상이 형성된다는 것 등을 알고 있어야 한다. 이 문항의 전체 정답률은 53.46%로 상대적으로 낮아 학생들이 다른 개념들에 비해 상의 형성에 대하여 어려워하고 있는 것을 알 수 있다. 오답의 선택률은 ①이 16.27%, ②가 19.19%, ④가 9.01%, ⑤가 1.89%였다. 정답인 ③을 포함하여 ①과 ②의 선택률이 높은 것을 통해서 학생들이 거울의 가운데에서 빛이 반사할 때 입사각과 반사각이 같도록 반사된다는 것은 쉽게 인지하고 있음을 알 수 있다.

정답지의 반응률 분포 곡선을 보면 일반적인 정답의 S자 분포유형과는 확연하게 다른 형태를 나타내고 있는데 기초학력에서 비교적 완만하게 증가하다가 보통학력부터 급격하게 증가하는 계단형의 형태를 보이고 있다. 이런 결과가 나타난 이유는 ⑤를 제외하고 ①, ②, ④의 선택률이 기초학력에서 비교적 높게 나타나고 있기 때문이다. 특히 ①과 ②에 대해서는 보통학력 수준에 이르기까지 거의 비슷한 비율을 유지하고 있었다. 특히 기초학력 학생들의 25.11%가 ②를 선택하였는데, 초점을 향해 진행한 광선이 반사한 이후에 광축에 평행하게 나아간다는 것을 인지하지 못하고 있음을 알 수 있다. 이 학생들은 초점을 향해간 광선이 거울면에서 반사되어 되돌아가는 것으로 생각한 것인데, 이로부터 초점과 거울의 곡률중심과 구별을 하지 못하고 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 많은 학생들이 초점의 개념에 대해서 이해하고 있지 못함을 알 수 있다. 광축에 평행하게 나아간 광선이 거울이나 렌즈에서 반사 혹은 굴절한 후에 초점을 통과(혹은 초점에서 나간 것처럼 진행)한다는 사실과 초점을 향해 진행하는 광선(혹은 초점에서 나온 것처럼 진행한 광선)은 거울이나 렌즈에서 반사 혹은 굴절한 이후에 광축에 평행하게 진행한다는 사실을 통해 거울과 렌즈의 초점을 정의한다. 그러나 교과서에 제시된 초점의 설명을 살펴보면, 9종 중 5종만이 명시적으로 초점이라는 용어를 도입하였으며, 4종의 교과서

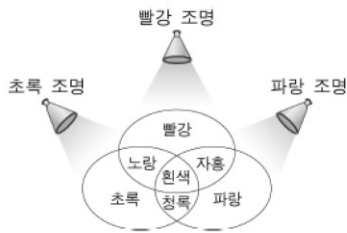
만 상의 생성원리보다 앞서 초점을 정의하고 있었다(Lee, 2012). 광선 추적을 그림으로 그리는 활동으로만 그치지 않고 광축에 평행하게 진행한 광선이 거울과 렌즈에서 반사 혹은 굴절한 이후에 진행한 광선이 광축과 만나는 점 즉, 초점을 구하는 활동을 실험을 통해서 관찰할 수 있도록 하여 광선추적이 실제로 빛이 진행되는 과정을 그림으로 나타내는 것이라는 실제성을 인지시켜줄 필요가 있다. 또한 기초학력 미달 학생들은 오답 중에서 ④를 가장 많이 선택하였는데(24.39%), 이는 학생들이 거울에 의한 상이 거울면에 생긴다고 생각한다는 오개념에서 나타난 것이다.

빛의 분산에 대해 1 문항이 출제되었는데, 문항의 내용과 답지 반응을 분포 곡선을 Figure 5에 제시하였다. 이 문항은 빛이 프리즘을 통과할 때 빛의 파장에 따라서 여러 가지 색깔의 빛으로 나누어지는 현상을 제시하고 일상생활에서 나타나는 여러 가지 빛과 관련된 현상 중에서 빛의 분산 현상을 구별할 수 있는지를 물어보고 있다. 교과서에서는 빛의 분산 현상에 대한 예로 무지개를 제시하고 있기 때문에 많은 학생들이 정답을 선택해 전체 정답률이 68.5%였다. 오답의 선택률을 보면 빛의 합성에 대한 사례인 ②는 7.0%, 빛의 직진에 의한 그림자에 대한 사례인 ③이 5.2%, 빛의 반사 현상인 ④가 7.6%, 빛의 직진에 대한 현상인 ⑤가 11.6%였다. 보통학력 학생들의 정답률이 82.9%였고, 기초학력 학생들의 정답률이 48.7%로 이 문항은 기초학력 학생들에 대비되는 보통학력 학생들의 성취 특성을 구별할 수 있는 문항이다. 한편 이 문항은 기초학력 집단에서 성취도 점수가 올라가면서 급격하게 정답률이 증가하는 패턴(S자형)을 보여 변별도(0.52)가 매우 높은 문항이다.

오답 중에서 가장 많은 학생들이 선택한 것은 ⑤였는데, 특히 기초학력 학생들은 성취수준이 높아져도 선택률의 변화가 거의 없었다. ⑤는 빛의 직진 현상을 설명한 것이지만, 문항의 그림에서 프리즘에 가느다란 광선이 입사하는 것과 ⑤에서 문틈 사이로 들어온 광선이 유사하게 보인다고 생각하였기 때문에 선택률이 높은 것으로 보인다. 즉, 기초학력의 많은 학생들은 상황의 유사성만으로 판단하고 물리현상의 원리를 생각하지 않는 경향이 있음을 알 수 있다.

2012년 2번 문항(Figure 6)은 빛의 합성에 대한 문항이다. 빨강, 초록, 파랑 조명에서 나온 빛을 서로 엇갈려 겹치게 하였을 때, 빛의

2. 그림은 어두운 방 안에서 빨강, 초록, 파랑 조명을 흰 종이 위에 비추었을 때의 모습을 나타낸 것이다.



빨강 조명을 켜고, 흰색이었던 부분의 바뀐 색으로 옳은 것은?

- ① 노랑 ② 자홍 ③ 초록 ④ 청록 ⑤ 파랑

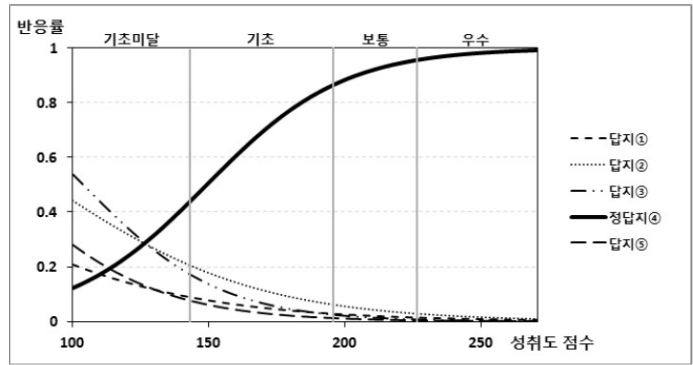
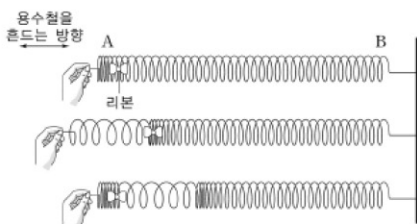


Figure 6. Item and option response rate distribution curve (2nd of 2012)

3. 그림은 용수철에 리본을 매달고 좌우로 흔들었을 때, 용수철에서 파동이 진행하는 모습을 일정한 시간 간격으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?

- <보 기>
 가. 리본은 좌우로 진동한다.
 나. 파동이 전달되는 방향은 B→A 방향이다.
 다. 파동의 진행 방향은 용수철의 진동 방향과 나란하다.

- ① 가 ② 나 ③ 다 ④ 가, 나 ⑤ 가, 다

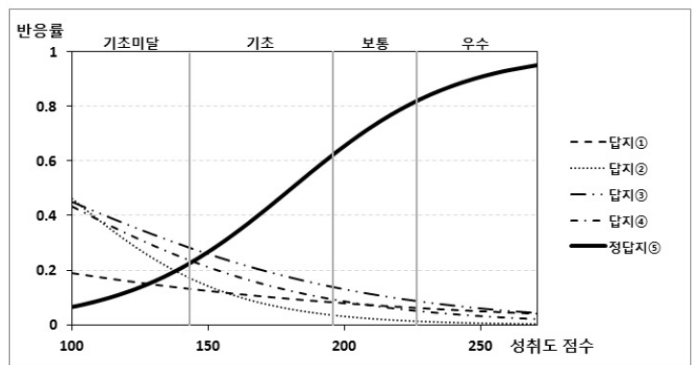


Figure 7. Item and option response rate distribution curve (3rd of 2010)

합성에 의해서 다른 색이 나타나는 것을 그림을 이용해서 정보를 제시하여 학생들이 빛의 합성에 의한 색을 암기하지 않고도 쉽게 문제의 답을 알 수 있도록 하였다. 그 결과 전체 정답률이 82.42%로 매우 높았으며, 보통학력 학생들의 정답률도 92.16%였고, 기초학력 학생들의 정답률도 71.61%였다. 정답지의 반응률 분포 곡선을 보면 기초학력 미달에서 기초학력과 보통학력의 경계 부근까지 급격하게 증가하다가 보통학력부터 높은 비율을 유지하는 형태이고, 오답지의 경우에는 성취수준이 높아짐에 따라 선택률이 급격히 낮아지는 형태이다.

3. '파동' 관련 문항에 대한 학생들의 반응 분석

'파동'과 관련된 문항은 모두 4문항이었다. 2007 개정 교육과정에서는 중학교 2학년의 '빛과 파동' 단원에서 파동의 발생과 전파, 종파와 횡파, 소리가 들리는 과정, 소음 등의 내용을 다루도록 하고 있다. '파동' 영역의 전체 정답률 평균은 53.31%로 '빛' 영역의 정답률 평균인 71.09%에 비해 매우 낮았다.

'파동' 영역에서 가장 많이 출제된 것은 파동의 종류와 특징에 대한 내용으로 모두 2개의 문항이 출제되었다. 2010년도 3번 문항(Figure 7)은 파동의 발생과 전파에 대한 것으로 시간에 따른 종파의 진행모습을 보고, 매질의 진동 방향, 파동의 진행 방향, 그리고 매질의 진동

방향과 파동의 진행 방향과의 관계 등을 통해 종파의 특징을 바르게 이해하고 있는지를 평가하는 문항이다. 전체 정답률은 59.9%였다. 집단별 정답률을 보면, 우수학력은 88.3%, 보통학력 학생들은 69.7%였지만, 기초학력 학생들은 43.5%, 기초학력 미달 학생들은 15.9%로 매우 낮았다. 변별도가 0.42로 비교적 높아 정답지의 반응률 분포 곡선은 S자 형태를 나타내고 있었다. 오답 중에서 학생들의 선택률이 가장 높은 것은 ③이었는데, 답지 반응률 분포 곡선을 보면 기초학력까지도 높은 비율을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 횡파에 대하여 같은 유형으로 출제된 2009년의 학업성취도 평가에서는 정답률이 67.9%로 종파에 대한 문항보다 8.0% 높았다(Choi et al., 2010). 비슷한 상황이지만 정답률에 차이가 있었는데, 이는 학생들이 인지하는 파동 현상에 대한 경험에 의한 것으로 생각된다. 일반적으로 파동을 설명할 때, 바닷가의 파도나 줄을 흔들었을 때의 모습으로 설명하여 학생들이 횡파의 모습은 쉽게 관찰을 통해 경험할 수 있어 익숙하지만 종파는 시각적으로 경험하기 어려운데 이것이 횡파와 종파의 정답률에 차이를 나타낸 것이다.

2012년에 출제된 6번 문항(Figure 8)은 횡파를 파도타기 응원으로 비유하여 설명하였을 때 횡파의 특징을 바르게 인지하고 있는지를 질문한 것이다. 많은 교과서에서 횡파와 종파의 모습을 사람의 움직임으로 비유하여 설명하는데, 특히 횡파는 줄지는 사람들이 반복적으로 앉았다 일어나는 파도타기 응원의 모습으로 나타내고 있다. 이때 사람

6. 다음은 파도타기 응원에 대한 설명이다.

경기장에서 관중석에 앉아 있는 사람들이 파도타기 응원을 할 때, 한 사람이 ㉠ 일어났다 앉으면 옆 사람이 이어서 일어났다 앉는다. 이렇게 사람들이 차례대로 일어났다 앉았다 하는 모습은 마치 ㉡ 파도가 지나가는 것처럼 보인다.

파도타기 응원을 파동에 비유했을 때, 해당하는 파동의 종류와 ㉠, ㉡에 해당하는 것으로 옳은 것은?

파동의 종류	㉠	㉡
① 종파	매질의 진동	파동의 진행
② 종파	파동의 진행	매질의 진동
③ 횡파	매질의 진동	파동의 진행
④ 횡파	매질의 진행	파동의 진행
⑤ 횡파	파동의 진행	매질의 진동

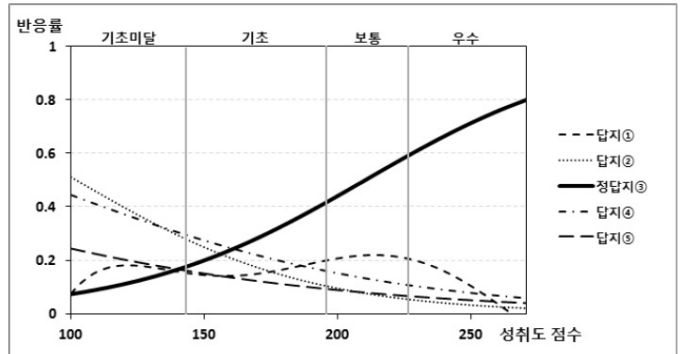
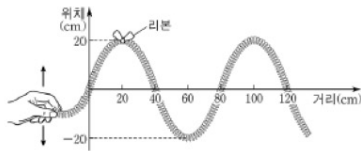


Figure 8. Item and option response rate distribution curve (6th of 2012)

3. 그림은 리본이 묶인 용수철을 이용하여 속력이 20cm/s인 파동을 발생시켰을 때, 어느 순간의 모습을 나타낸 것이다.



1초 후의 용수철의 모습을 나타낸 것으로 옳은 것은?

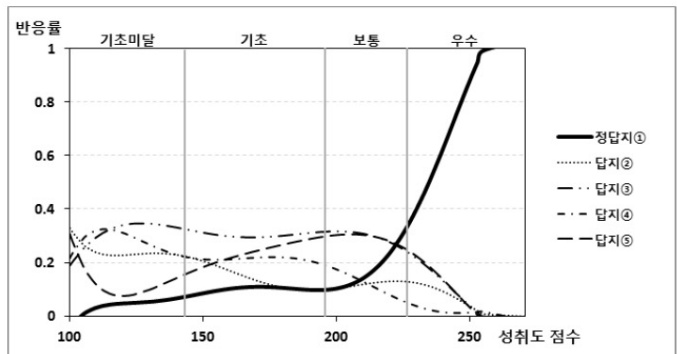
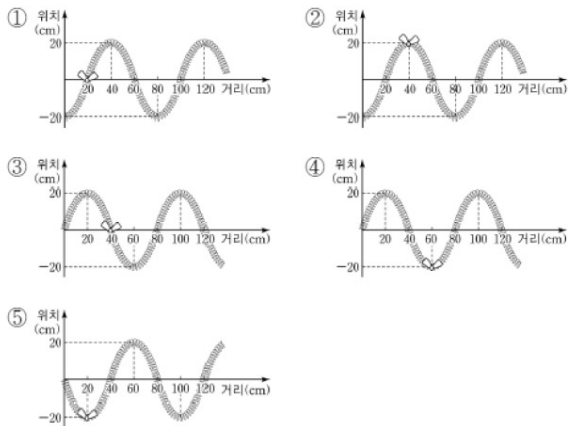


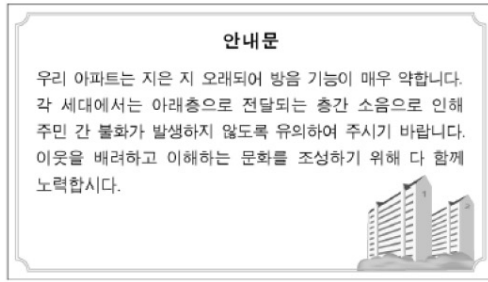
Figure 9. Item and option response rate distribution curve (3rd of 2013)

이 앉았다 일어나는 것은 매질이 진동하는 것이고, 파도가 지나가는 것처럼 진행되는 것은 파동의 진행에 해당된다. 이 문항의 전체 정답률은 44.28%로 낮은 수준이었다. 성취수준별 정답률을 보면 우수학력에서 72.48%로 비교적 높지만 보통학력(49.32%), 기초학력(31.63%), 기초학력 미달(16.55%)에서 매우 낮게 나타났다. 오답에 대한 반응률은 ①(18.35%), ②(11.33%), ④(15.97%), ⑤(9.89%)에서 비교적 고르게 나타났다. 그런데 답지 반응률 분포 곡선을 보면 특이한 형태가 보였다. 일반적인 답지 반응률 분포 곡선과 유사하게 정답인 ③은 성취수준이 높아지면서 점진적으로 증가하고, 오답인 ②, ④, ⑤는 점진적으로 낮아지는 형태를 나타내고 있지만, ①은 기초학력 미달보다 기초학력에서 그리고 보통학력에서 더 많은 선택률을 보이고 있었다. ①은 파도타기 응원의 모습에서 매질의 진동과 파동의 진행에 대한 비유를 잘

이해하고 있지만, 이러한 특징을 보이는 파동이 횡파인지 종파인지 용어를 잘못 기억하였기 때문에 나타난 결과로 보인다. 종파와 횡파와 같이 한자로 된 과학 용어에 대하여 학생들이 친숙하지 못하였기 때문이다. 과학 용어를 도입할 때는 그 용어의 의미와 어원을 같이 설명하여 학생들이 올바른 과학 용어를 사용할 수 있도록 도와줄 필요가 있다. 예를 들어, 한자어의 경우에는 한자의 뜻을 포함하여 설명하는 것이 도움이 될 수 있다(Lee & Choi, 2008).

2013년 3번 문항(Figure 9)은 횡파에서 파동이 전파되는 과정과 관련된 문항이다. 용수철을 위 아래로 흔들어 횡파를 발생시켰을 때 횡파가 전달되는 속도를 제시하고 시간이 지남에 따라 파동의 모습이 어떻게 될 것인지를 예측하게 하는 문항이다. 이 문항을 해결하기 위해서는 파동이 전파할 때 매질은 제자리에서 진동만 하고 에너지가 전달된다

5. 다음은 어느 아파트의 엘리베이터에 게시된 안내문이다.



다음 중 어린 아이가 거실에서 뛰어다닐 때 발생하는 층간 소음을 줄이기 위한 방법으로 가장 효과적인 것은?

- ① 거실 창문을 닫는다.
- ② 거실 창문에 커튼을 친다.
- ③ 거실에 있는 가구를 치운다.
- ④ 거실 바닥에 폭신평신했던 매트를 깎는다.
- ⑤ 거실 바닥을 얇고 딱딱한 재질의 나무로 바꾼다.

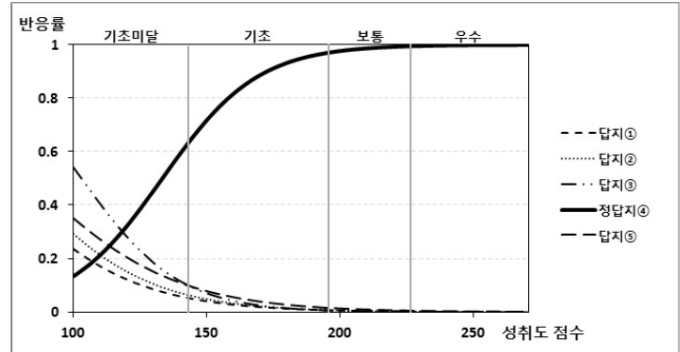


Figure 10. Item and option response rate distribution curve (5th of 2013)

는 것을 알고, 파동이 전달되는 모습을 이해해야 한다. 또한 속력이 주어졌을 때 일정 시간동안 이동한 거리를 계산할 수 있어야 한다. 즉, 파동의 위상 변화와 매질의 진동을 동시에 생각하여 실제 상황에 적용해야 하기 때문에 학생들에게 매우 어려운 문항이었다. 전체 정답률이 불과 17.81%밖에 되지 않아 5지선다형 문항의 확률적인 정답비율인 20%도 되지 않았다. 학생들이 정답인 ①보다 많이 선택한 오답은 ③과 ⑤로 각각 28.85%, 25.42%의 선택률을 나타내었다. ④는 파동의 모습은 변하지 않고 리본이 1초 동안 20cm 이동한 상황을 나타낸 것으로 학생들이 파동이 전파할 때 위상은 변하지 않고 매질이 이동한다고 생각한 것이다. ⑤는 리본이 같은 위치에서 아래로 이동한 것으로 학생들이 파동이 전파할 때 매질이 제자리에서 진동한다는 사실을 잘 알고 있었지만, 파동의 진행에 따른 위상의 변화를 이해하지 못하였기 때문에 나타난 결과였다.

답지 반응을 분포 곡선을 살펴보면, 정답지의 선택률이 기초학력까지는 낮은 상태를 유지하다가 보통학력의 중간부터 급격하게 증가하는 형태를 나타내었다. 보통학력과 우수학력의 경계 부근까지는 정답지의 선택률이 오답지의 선택률보다도 낮게 나타났는데, 이는 황파의 진행에서 매질이 제자리에서 진동한다는 사실과 위상의 변화를 동시에 인식하는 것은 상당한 수준을 요구하는 것임을 알 수 있다. ⑤는 기초학력 이하보다 보통학력에서 더 높은 선택률을 나타내었는데, 황파에서 매질이 진행하지 않고 제자리에서 진동한다는 사실은 기초학력 이하에서는 이해하기 어려운 개념임을 알 수 있다.

2007 개정 교육과정에서는 ‘빛과 파동’ 단원에서 소음이 생활에 미치는 영향을 학습하는 내용을 포함하고 있다. 이는 생활 속에서 과학을 활용하는 것을 강조하는 최근의 경향을 반영한 것이다. 2013년 5번 문항(Figure 10)은 아파트에서 층간 소음을 줄일 수 있는 방안에 관련된 내용이다. 최근 사회적으로 문제가 되고 있는 공동주택에서의 층간 소음과 관련된 문항으로 학생들이 일상생활에서 많이 경험하기 때문에 매우 친숙한 상황이다. 전체 정답률은 91.26%로 매우 쉬운 문항이었고 오답에 대한 선택률은 모두 3% 미만으로 기초학력 미달 학생들을 제외하면 거의 대부분의 집단에서 정답을 선택한 매우 쉬운 문항이다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 2010년부터 2013년까지 4년 동안 실시된 국가수준 학업성취도 평가의 과학 문항 중 물리의 광학 영역에서 출제된 10개의 문항을 분석하여 중학생들의 광학 관련 내용의 성취수준 및 특징을 분석한 것이다. 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 국가수준 학업성취도 평가의 전체적인 결과를 살펴보면 광학 영역의 평균정답률은 64.00%로 다른 영역(역학 53.84%, 열역학 55.43%, 전자기학 53.35%)에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 그러나 성취수준별로 보았을 때에는 기초학력 대표문항은 1문항뿐이고, 대부분이 보통학력 대표문항 이상의 수준이었으며, 우수학력 대표문항으로도 선정되지 못하는 문항이 2문항이 있었다. 전반적으로 보통학력 이상의 학생들과 기초학력 이하의 학생들의 성취수준에 큰 폭의 차이가 발견되었다. 내용 요소로 살펴보았을 때, ‘빛’ 영역의 정답률보다 ‘파동’ 영역의 정답률이 더 낮게 나타났다.

둘째, 세부 영역으로 보았을 때, ‘빛’ 영역에서는 ‘상의 형성’에 대하여 낮은 성취수준을 나타내었다. 볼록 거울에 의해 생기는 상을 찾는 문항의 경우 불과 53.46%의 정답률을 나타내었다. 학생들은 평면 거울, 볼록 거울, 오목 거울, 볼록 렌즈, 오목 렌즈 등에 의한 상을 학습하는데, 물체의 위치에 따라서 상의 종류가 다르게 나타나는 오목 거울과 볼록 렌즈에 의한 상이 아닌 볼록 거울에 의한 상을 찾는 과정에서도 큰 어려움을 나타낸 것을 미루어 보아 상에 대한 개념, 상을 찾는 방법 등에 대해서 제대로 이해하지 못하는 것으로 생각된다. 이는 교과서에서 상을 찾는 방법에 대해서 부족하게 제시되어 있다는 연구 결과(Lee, 2012)에서도 그 요인을 발견할 수 있다. 또한 ‘파동’ 영역에서는 파동의 전파에서 ‘위상의 변화’와 관련된 부분에서 성취수준이 낮았다. 파동이 전파되는 과정을 질문한 문항에서 불과 17.81%의 정답률을 나타내어 우수학력 학생들을 제외하고 거의 대부분의 학생들이 정답을 선택하지 못하였다.

셋째, 학생들은 상황 의존적인 문제 풀이 전략 및 결과를 보여주고 있었다. 프리즘을 이용한 분산 개념을 질문한 문항에서 물리적인 원리

를 고려하지 않고 상황의 유사성에 기인하여 정답을 선택하는 경향을 나타내었으며, 종파의 특징을 질문한 문항에서 동일한 내용을 질문한 횡파의 특징과 관련된 문항에 비해 정답률이 낮은 것을 통해 학생들에게 친숙한 상황에 대해서 문제 풀이를 더 쉽게 하는 것을 볼 수 있었다. 학생들에게 매우 익숙한 상황인 소음과 관련된 문항에서 높은 성취수준을 나타낸 것도 같은 맥락으로 해석할 수 있다.

이상의 결과를 바탕으로 다음과 같은 제언을 할 수 있다.

첫째, 광학 내용의 일부에 대해서 교육과정 수준의 재검토가 필요하다. 다른 영역에 비해 성취 결과가 높게 나타났지만, ‘빛’의 상의 형성 부분이나 ‘파동’에서 위상의 변화와 같은 부분에서 학생들의 성취수준이 매우 낮게 나타났다. 문항 자체의 난이도가 높았기 때문으로 분석할 수도 있지만, 교육과정 수준에서 요구하는 성취수준이 학생들의 발달 단계에 적합하지를 검토할 필요가 있다. 이를 위해서 학생들이 어려워하는 개념들에 대하여 학습발달과정에 대한 연구가 필요하다. 국가수준 학업성취도 평가는 전국 수준의 광범위한 평가를 진행할 수 있다는 장점이 있지만, 제한적인 시간에 모든 개념들을 평가해야 하기 때문에 교육과정에서 제시하는 내용과 수준이 적절한지를 일부 문항들을 통해서만 평가할 수 있는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서 밝혀진 ‘상의 형성’, ‘파동의 위상변화’와 같은 개념들에 대해서 추가적으로 학생 수준의 적합성 여부를 위한 후속 연구가 이루어질 필요가 있다.

둘째, 학생들의 성취수준을 교육과정에서 기대하는 수준으로 도달하게 하기 위해서는 기초학력 단계 학생들에 대한 지도에 초점을 둘 필요가 있다. 답지 반응을 분포 곡선을 살펴보면 기초학력 단계에서 낮게 유지되거나 급격하게 증가하는 경우를 많이 볼 수 있다. 또한 오답의 선택률을 살펴보면 기초학력 수준에서 비교적 높게 나타나는 경우가 많이 발견되었다. 기초학력 단계 학생들은 주어진 데이터를 해석하는데 어려움을 갖기도 하고, 개념을 적용하지 않고 직관적으로 문제를 풀이하는 경향도 있고, 특정 개념에서 오개념을 갖는 경우가 많았다. 물론 모든 단계의 학생들의 수준을 향상시킬 수 있는 그룹별 맞춤형 지도방안이 필요하다. 그러나 제한된 여건 속에서 교육의 효과를 높이기 위해서는 기초학력 학생들에 대한 교수학습방안을 마련하는 것부터 출발하는 것이 필요하다.

셋째, 구체적인 현상 및 상황 중심의 교수학습이 이루어질 필요가 있다. 다른 영역에 비해 광학 영역의 성취수준이 높은 것과 ‘파동’ 영역에 비해 ‘빛’ 영역의 성취수준이 높은 이유 중 하나는 학습내용이 실제 눈으로 확인 가능한 구체적인 상황으로 제시되었기 때문이다. 성취수준이 낮게 나타난 ‘상의 형성(2013년 4번)’이나 ‘종파의 특징(2010년 3번)’, ‘위상의 변화(2013년 3번)’ 문항들의 공통된 특징은 문제를 이해하고 해결하기 위해서는 추상적인 개념 이해 활동이 요구된다는 점이다. 또한 학생들이 상황 의존적인 문제 풀이 전략 및 결과를 보인다는 점을 생각하면, 물리의 개념들을 지도할 때 학생들에게 친숙한 상황에서 실제적인 현상을 도입하여 학생들의 이해를 돕고 학습 의욕을 높일 필요가 있다.

국문요약

본 연구의 목적은 과학과 국가수준 학업성취도 평가에서 물리의 광학 영역 문항의 평가 결과를 분석하고 답지 반응을 분포 곡선을 활용하여 중학생들의 반응 특성을 분석하는 것이다. 이를 위해서 2010

년부터 2013년까지 중학생들을 대상으로 시행된 과학과 국가수준 학업성취도 평가의 물리 문항 중 광학 영역에 해당되는 10개 문항을 분석하였다. 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 학생들의 ‘광학’ 영역의 성취수준은 다른 영역(역학, 전자기학)에 비해서는 높았다. 둘째, ‘빛’ 영역에서 ‘상의 형성’과 관련되어 학생들이 낮은 성취수준을 보였으며, ‘파동’ 영역에서는 ‘파동의 전파에서 위상의 변화’와 관련되어 낮은 성취수준을 나타내었다. 셋째, 학생들은 상황 의존적인 문제풀이 전략 및 결과를 보이고 있었다. 연구 결과를 바탕으로 광학 개념에 대한 교육과정 수준의 재검토, 기초학력 단계 학생들에 대한 추가적인 교수학습의 필요성, 실제적인 현상 및 상황 중심의 교수학습의 필요성 등의 제언을 논의하였다.

주제어: 국가수준 학업성취도 평가, 답지 반응을 분포 곡선, 문항 분석, 물리, 광학

References

- ACARA. (2013). The Australian curriculum. Retrived from <http://www.australiancurriculum.edu.au>.
- Bendall, S. Goldberg, F., & Galili, I. (1993). Prospective elementary teachers' prior knowledge about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1169-1187.
- Chang, H., Chen, J., Guo, C., Chen, C., Chang, C., Lin, S., Su, W., Lain, K., Hsu, S., Lin, J., Chen, C., Cheng, Y., Wang, L., & Tseng, Y. (2007). Investigating primary and secondary students' learning of physics concepts in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 29, 465-482.
- Choi, W. (2013). Comparison of the Characteristics of each Educational Achievement Level of Elementary and Middle School Students shown in the Chemistry Items of the National Assessment of Educational Achievement. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(6), 1186-1201.
- Choi, W., & Jeong, E. (2008). Relationship between Science Achievement and Student-related Variable in National Assessment of Educational Achievement in 2006. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(8), 848-859.
- Choi, W., Lee, I., Lee, C., Jeong, E., Park, J., & Sin, M. (2010). National Assessment of Educational Achievement in 2009 - Analysis of the Science Achievement Test Results. Korea Institute for Curriculum and Evaluation Research Paper RRE 2010-6-5.
- Department of Education (2013) National Curriculum Science programmes of study: key stages 1 and 2 National curriculum in England. Department of Education, London.
- Eshach, H., & Schwartz, J. (2006). Sound stuff? Naive materialism in middle-school students' conceptions of sound. *International Journal of Science Education*, 28, 733-764.
- Galili, I., Goldberg, F., & Bendall, S. (1991). Some reflections on plane mirrors and images. *The Physics Teacher*, 29(7), 471-477.
- Goldberg, F., & McDermott, L. C. (1986). Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *The Physics Teacher*, 24(8), 472-480.
- Jeong, U. Y. & Choi, W. H. (2008). Trend Analysis of Students' Science Achievement in National Assessment of Educational Achievement from 2003 to 2006. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(5), 438-452.
- Kim, H., & Jeong, J., (2012). An Analysis of the Result of National Assessment of Educational Achievement in Science at Grade 9. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(2), 394-407.
- Kim, K., Kim, W., Choi, I., Sang, K., Kim, H., Shin, J., Kim, J., & Sohn, W. (2011a). Characteristics of Educational Academic Improvement

- from NAEA(National Assessment of Educational Achievement) 2010. Korea Institute for Curriculum and Evaluation Research Paper RRE 2011-2-4.
- Kim, M., Kim, D., Kim, Y., Chin, J, Kim, H, Lee, B., Jo, Y., Lee, I., Kim, H., Lee, Y., & Lee, C. (2011b). A Study on the Development Process for the National Assessment of Educational Achievement. Korea Institute for Curriculum and Evaluation Research Paper RRE 2011-3-1.
- Kim K., Kim, J., Kim, K., & Han, B. (2007). Analysis of misconceptions about sound waves of pre-service teachers. *Sae Mulli*, 55(6), 397-408.
- Kim, D., Kim, D., Kim, Y., Kim, J., Lee, J., Seo, M., Jo, Y., Lee, K., Lee, I., Sim, J., Pae, J., Jung, G., Choi, W., & Park, Y. (2013a). A Study of the Features of Educational Achievement and Development of the National Assessment of Educational Achievement (NAEA) 2013. Korea Institute for Curriculum and Evaluation Research Paper RRE 2013-4.
- Kim, D., Lee, I., Kim, M., Jeong, E., & Kang, H. (2012). Analysis of the 2011 National Assessment of Educational Achievement(Science). Korea Institute for Curriculum and Evaluation Research Paper ORM 2013-37-4.
- Kim, H., Lee, I., Kim, M., Jeong, J., & Sin, M. (2011c). Analysis of the 2010 National Assessment of Educational Achievement(Science). Korea Institute for Curriculum and Evaluation Research Paper ORM 2011-3-5.
- Kim, H., Lee, I., Lee, B., Lee, K., & Sim, J., (2015). Analysis on the Characteristics of National Assessment of Educational Achievement (NAEA) Items for Science Subject through the use of Option Response Rate Distribution Curve. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(1), 121-130.
- Kim, D., Lee, I., Sim, J., Choi, W., & Park, Y. (2013b). Analysis of the 2012 National Assessment of Educational Achievement(Science). Korea Institute for Curriculum and Evaluation Research Paper ORM 2013-37-4.
- Kim, Y., & Paik, S. (2008). The cognition changes related to the teaching methods of "Light" chapter for 7th grade as experienced by science teachers in abduction thinking. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(6), 507-518.
- Küçüközer, A. (2010). Prospective science teachers' misconceptions concerning wave. *Journal of Turkish Science Education*, 7(2), 66-75.
- Kwon, G., Bang, S., Lee, S., & Lee, G. (2006). Context-dependency of students' conceptions in optics: Focused on vision & mirror image. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(3), 406-414.
- Lee, B. (2012). Analysis of 'image' in middle-school science textbooks. *New Physics: Sae Mulli*, 62(6), 589-600.
- Lee, B., & Choi, E. (2008). Effect of learning Chinese characteres on understanding th vocabulary of physics. *Sae Mulli*, 57(2), 114-119.
- Lee, B., & Lee, Y. (2005). Analysis and evaluation of the physics content relevance in the 7th national science curriculum. *Sae Mulli*, 50(6), 383-393.
- Lee, C., Nam, M., Nam, G., Park, E., Kim, H., Kwon, J., Choi, W., Lee, I., Kim, M., Song, M, Jeong, E., Park, J., Sin, M., Choi, J., Ko, E., & Kim, D. (2010). A Study on improving the process of developing, implementing, and scoring the National Assessment of Educational Achievement (NAEA). Korea Institute for Curriculum and Evaluation Research Paper RRE 2010-6-1.
- Lee, J., Nam, K., Son, J., & Lee, S. (2004). An analysis of the type of teacher and student's concept on ray-tracing and spectrum in the middle school. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(6), 1189-1205.
- Lee, I., Sim, J., Kim, H., Lee, K., & Lee, B. (2014). Analysis of the 2013 National Assessment of Educational Achievement(Science). Korea Institute for Curriculum and Evaluation Research Paper ORM 2014-30-4.
- Maurines, L. (1992). Spontaneous reasoning on the propagation of visible mechanical signals. *International Journal of Science Education*, 14, 279-293.
- Ministry of Education and Science Technology(MEST) (2009). National Science Curriculum.
- NGSS. (2013). Next Generation Science Standards: For States, By States. USA: NGSS Lead States.
- Oh, W., & Kim, J. (2002). Middle school students' concepts of vision and of the properties of light. *Sae Mulli*, 45(3), 163-170.
- Oh, W., & Kim, J. (2006). Concepts about light and waves of non-physics major secondary school-science teacher. *Sae Mulli*, 52(6), 512-520.
- Park, J., & Yoo, J. (2010). An analysis of physics textbooks' and of teachers' representations of sound waves in pipes from the views of concrete vs. abstract and microscopic vs. macroscopic. *New Physics: Sae Mulli*, 60(9), 960-975.
- Pejuan, A., Bohigas, X., & Jaen, X. (2012). Misconceptions about sound among engineering students. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 669-685.
- Şengören, S., Tanel, R., & Kavcar, N. (2006). Drawings and ideas of physics teacher candidates relating to the superposition principle on a continuous rope. *Physics Education*, 41(5), 453-461.
- Song, J., Kim, I., Kim, Y., Kwon, S., Oh, W., & Park, J. (2004). Science misconception map. Seoul: Books-Hill.
- Wittmann, M C. (2002). The object coordination class applied to wavepulses: analysing student reasoning in wave physics. *International Journal of Science Education*, 24(1), 97-118.
- Wittmann, M. C., Steinberg, R. N. & Redish, E. F. (1999). Making sense of students making sense of mechanical waves. *The Physics Teacher*, 37, 15-21.