

碩 士 學 位 論 文

중 · 고등학교에서 물체의 운동에 관한
그래프 그리기와 해석에 대한 연구

指導教授 姜 永 奉



濟州大學校 教育大學院

物理教育專攻

權 徹 祐

2005年 8月

중·고등학교에서 물체의 운동에 관한
그래프 그리기와 해석에 대한 연구

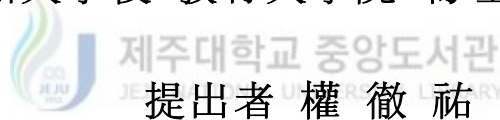
Research of drawing and analysis a graph
about motion of object in middle and high
school.

指導教授 姜 永 奉

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함

2005年 5月 日

濟州大學校 教育大學院 物理教育專攻



權徹祐의 教育學 碩士學位 論文을 追認함

2005年 6月 日

審査委員長 _____ 印

審査委員 _____ 印

審査委員 _____ 印

목 차

국문초록.....	vi
I. 서론.....	1
1. 연구의 필요성 및 목적.....	1
2. 연구의 목표.....	2
3. 연구 문제.....	3
4. 연구의 한계.....	3
II. 문헌 연구와 이론적 고찰.....	4
1. 운동에 대한 개념 변천.....	4
2. 운동에 대한 학생들의 직관.....	5
3. 그래프의 정의와 그래프의 역사적 고찰.....	7
4. 과학교육과정 중 운동 관계 내용.....	11
5. 용어의 정의.....	11
III. 연구 방법.....	13
1. 연구 대상.....	13
2. 설문 구성 및 설문지 작성.....	13
3. 분석 방법과 도구.....	14
4. 물체의 운동에 관한 그래프 이해에 대한 선행 연구.....	14
5. 검사 도구의 신뢰도와 문항별 정답율 및 변별도.....	18
IV. 결과 분석 및 논의.....	20
1. 운동 관련 그래프 해석과 이해에 관한 학생들의 오류 유형... ..	20

2. 운동 관련 그래프 해석과 이해에 관한 오답사례와 오류 유형.....	24
V. 요약 및 결론.....	50
참고 문헌.....	52
ABSTRACT.....	56
부록.....	58
1. SPSS의 설문지 신뢰도.....	58
2. 물체의 운동에 관한 그래프 그리기와 해석에 대한 설문지.....	64



표 목 차

<표Ⅲ-1> 그래프 해석과 이해에 관한 오류 유형 검사 도구의 특징.	18
<표Ⅳ-1> 문항 1의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	25
<표Ⅳ-2> 문항 2의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	27
<표Ⅳ-3> 문항 3의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	28
<표Ⅳ-4> 문항 4의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	30
<표Ⅳ-5> 문항 5의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	31
<표Ⅳ-6> 문항 6의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	34
<표Ⅳ-7> 문항 7의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	35
<표Ⅳ-8> 문항 8의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	36
<표Ⅳ-9> 문항 9의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	37
<표Ⅳ-10> 문항 12의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	41
<표Ⅳ-11> 문항 13의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	42
<표Ⅳ-12> 문항 4의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	44
<표Ⅳ-13> 문항 15의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	45
<표Ⅳ-14> 문항 16의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과.....	46

그림 목 차

<그림 II-1> Peter APianus에 의해 발표된 세계 지도.....	9
<그림 II-2> 황도 주위를 운동하는 행성의 운동.....	9
<그림 III-1> 언덕을 오른 후 다시 내려오는 자전거.....	15
<그림 III-2> 두 물체의 위치와 시간 그래프.....	17
<그림 IV-1> 전체 문항에 대한 분석.....	20
<그림 IV-2> 위치-시간 그래프 (두 직선).....	24
<그림 IV-3> 문항 1의 정답율.....	25
<그림 IV-4> 문항 2의 정답율.....	26
<그림 IV-5> 위치-시간의 그래프 (직선과 곡선).....	27
<그림 IV-6> 문항 3의 정답율.....	28
<그림 IV-7> 거리와 시간의 그래프.....	29
<그림 IV-8> 문항 4의 정답율.....	29
<그림 IV-9> 높이와 시간의 그래프.....	30
<그림 IV-10> 문항 5의 정답율.....	31
<그림 IV-11> 위치-시간의 그래프.....	32
<그림 IV-12> 문항 6의 정답율.....	33
<그림 IV-13> 문항 7의 정답율.....	34
<그림 IV-14> 문항 8의 정답율.....	35
<그림 IV-15> 문항 9의 정답율.....	36
<그림 IV-16> 속도와 시간의 그래프.....	38
<그림 IV-17> 문항 10~11의 정답율.....	39
<그림 IV-18> 문항 12의 정답율.....	40
<그림 IV-19> 문항 13의 정답율.....	42
<그림 IV-20> 가속도-시간의 그래프.....	43
<그림 IV-21> 문항 14의 정답율.....	44

<그림 IV-22> 문항 15의 정답율.....	45
<그림 IV-23> 문항 16의 정답율.....	46
<그림 IV-24> 탁자위의 자유 낙하 운동.....	47
<그림 IV-25> 문항 17~19의 정답율과 각 오류 비율.....	49



국문 초록

중·고등학교 물리에서 물체의 운동에 관한 학생들의 그래프 그리기와 해석에 대한 연구

權 徹 祐

濟州大學校 教育大學院 物理教育專攻

指導教授 姜 永 奉

중·고등학교 물리에서 물체의 운동에 관한 학생들의 그래프 그리기와 해석을 설문지 방식을 통하여 조사하였다.

설문지를 분석한 결과, 학생들의 그래프의 그리기와 해석에 있어서 오류 유형은 그래프 도식의 오류 유형(중학생 37%, 고등학생 29%), 물리 개념의 오류 유형(중학생 43%, 고등학생 31%), 그래프와 그림의 혼동의 오류 유형(중학생 73%, 고등학생 59%)이 있으며, 그래프와 그림을 혼동하는 오류 유형이 가장 높게 나타났다.

그리고 서술형 문항들에서도 위의 세 가지 오류 유형이 나타남을 알 수 있었으며, 물리 개념을 알고 있으나 그래프를 그리는 능력이 부족하여 그래프를 그리지 못하는 경우도 있었다.

특히 객관식 문항을 분석해 본 결과 학생들이 오답을 하는 대부분의 원인은 물리 개념의 불충분한 이해라기보다 그래프를 해석하는 능력이 부족한데 기인한다.

중학생과 고등학생 모두 비슷한 오류 유형을 가지고 있으며 중학생이 고등학생보다 모든 오류 유형에서 오류가 높게 나타났다.

결국 운동과 관련된 그래프 그리기와 해석을 어렵게 하는 것은 그래프 도식과 물리 개념과의 상호작용의 오류에서 찾을 수 있다. 즉 중·고등학생들의 그래프 그리기와 해석의 오류를 해결하기 위해서는 그래프의 시각 정보와 그래프 도식이 물리 개념과 서로 연관되는 학습이 되도록 보다 효

과적인 학습 방법을 지속적으로 개발하여 현장학습에 적용할 필요가 있다.

주요어 : 그래프 그리기, 그래프 해석, 오류 유형



I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

그래프는 과학, 수학, 인문 사회 분야 그리고 신문이나 잡지에서의 정보 전달 등에서 중요하게 사용되고 있고, 특히 과학에서는 과학 정보를 전달하는 수단으로써 뿐만 아니라 실험의 결과를 해석하는 수단으로 유용하게 활용된다. 이것은 그래프가 글이나 말로 표현하는 것보다 작은 공간에 많은 정보를 압축하여 전달할 수 있고, 과학적 사건을 나타내는 자료를 표로 기록하더라도 쉽게 찾을 수 없는 전체적 경향이 시각적으로 표현되므로 쉽게 지각하여 이해하기가 쉬우며, 그래프를 수학적으로 해석하고 변형하여 새로운 정보를 추론해낼 수도 있기 때문이다. [Cleveland, W.S. & McGill, R.(1984)] 특히 책이나 강의 또는 연구 발표문에서 그래프로 표현하는 경향이 커지고 있으며, 특히 과학수업의 중요한 도구로 사용되고 있으므로 그래프 해석 기술에 대한 교육이 중요해지고 있다. [Dibble, E. & Shaklee, H(1992); 문충식, 윤성현, 권재술, 물리교육 7, 123(1989)]

특히 과학에서는 그래프를 이용하는 능력을 과학자의 기본적인 기능이라고 본다. [Brasell, H.M, (1990)] 이것은 그래프를 그리고 해석하는 일이 과학의 실험에서 중요한 부분이기 때문이다. [Beichner, R. J. (1994)] 즉, 실험에서 얻은 자료를 종합하여 유형, 경향 및 규칙성을 찾아내고 예측하여 어떤 결론을 도출하거나, 제시된 그래프를 통하여 실험 가설이나 통제된 변인 등을 찾을 수 있을 뿐만 아니라 어떤 자료의 내삽, 외삽은 물론 다른 자료와의 상관 관계 및 인과 관계를 알아내는 데에도 그래프 능력이 없이는 이루어지기 어렵다. 뿐만 아니라 과학 개념을 그래프를 통하여 전달하는 것이 효과적이고 유용하다.[문충식, 1989]

그런데 학생들은 그래프에 관련된 수학을 충분히 배웠으면서도 운동 관련 그래프 해석과 이해에 상당한 어려움을 갖고 있다. [Trowbridge & McDermott, 1981; Beichner, 1994; 문충식 1999]. 이와 같은 어려움이 있음에도 불구하고 교사들은 당연히 익숙하게 학생들이 할 수 있으리라 예상하면서 습관적으로 그래프와 관련된 내용을 가르치지만, 표를 작성하고 그래프를 그리는 일에 시간과 노력을 소비하여 학생들은 그래프를 어떻게 해석하는 것이 좋은지 또는 어떤 의미를 가지고 있는지에 대한 관심을 보일 수 있는 여력을 잃어버리고 있다. [Edwards & Jackson, 1990] 그리고

Cleveland와 McGill[1985]은 수학 시간 이외의 시간에 그래프 기술을 가르치는 일이 거의 없다는 것을 지적한다.[문충식, 1999]

그런데 그래프의 시각적이고 추상적인 특성이 그래프 이해를 어렵게 하는 중요한 원인이 되고 있다. 그래프에 그려진 선의 모양으로 물체가 운동한다고 직관적인 이해를 한다든지 [Berg & Phillips, 1994; Leinhard, Zaslavsky, & Stein, 1990], 논리 사고력[Wavering, 1989]과 인지 양식 [Head & Moore, 1989]이 그래프 해석 능력에 영향을 준다는지, 일반적인 그래프 해석 능력이 있다가 보다는 특정한 상황에 따라 거기에 필요한 그래프 기능을 학습함으로써 그래프를 잘 해석할 수 있다고 보는 경향[Roth & McGinn, 1997]과 그래프 스키마의 존재 유무와 유형에 따라 그래프 해석에 다른 영향을 준다는 주장[Fisher, 1992; Maichle, 1994; Pinker, 1990; Shsh, 1996] 등이 있다.[문충식, 1999] 이런 논의들로부터 제시된 그래프에서 먼저 시각적으로 지각하고, 지각된 정보를 바탕으로 추상적인 개념을 이끌어내는 과정에 어떤 어려움이 존재하리라는 예상을 할 수 있다. [문충식, 1999]

그리고 운동 단원에서 운동을 그래프로 표현하고 그 내용을 그래프 형태로 전달하고는 있지만, 그래프를 어떻게 해석하고 이해해야 하는지에 대한 구체적인 절차에 대한 교육은 거의 없는 것이 사실이며, 이에 대한 연구가 활성화 되어 있는 것도 아니다. [문충식, 1999] 최근 많은 나라에서 물리의 여러 개념, 그 중에서도 힘과 운동에 대해 학생들이 갖고 있는 생각을 알아내기 위하여 활발히 연구하여 왔으며 그에 따른 교육 전략을 모색하고 있다.[D.M.Watts & A.Eylbersztajn A suevey of some children's ideas about force Physics Educ. 15. 360~5.]

따라서 본 연구는 중·고등학생들의 물체의 운동 그래프에 대한 이해를 통하여 효과적인 교수 학습 전략을 세울 수 있도록 논의한다.

2. 연구의 목표

중·고등학생들의 운동 관련 그래프에 대한 사고 구조의 유형을 발견하고, 연구 결과와 함께 연구 동향을 살펴서 앞으로의 연구 과제를 제시하는데 있다.

3. 연구 문제

본 연구를 위하여 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

- 중·고등학생들의 운동 단원에서 각 개념별 해당 그래프에 대하여 그 의미를 이해하기 어려운 것은 어떤 것인가?
- 그래프에 대해 종류별로 분류하여 그 의미를 이해하기 어려운 그래프 종류는 어느 것인가?
- 운동 관련 그래프에 대한 학생들은 어떤 오류 유형을 가지고 있는가?

4. 연구의 한계

본 연구를 수행함에 있어서 연구의 제한점은 다음과 같다.

- 8종 교과서에서 각 개념별로 그래프를 선정하여 설문지를 만들었기 때문에 모든 그래프 자료가 설문내용에 포함되지 않아서 다른 그래프의 선호도는 알 수 없다.
- 운동 단원만을 조사 대상으로 했기 때문에 다른 단원이나 중·고등학교 전체 교과서에 대해 일반화하기는 어렵다.
- 표집 대상이 제주도 소재 1개 중학교와 1개 고등학교를 표집하였으므로 우리나라 전체 중·고등학생들의 경향으로 일반화하기는 어렵다.
- 교과서와 문제집에 나와있는 그래프만을 편집했기 때문에 실제 교과서에 설명이 함께 있을 때의 이해 정도나 선호도는 본 연구와 달라질 수 있다.

Ⅱ. 문헌 연구와 이론적 고찰

1. 운동에 대한 개념의 변천

운동에 대한 근대이전의 개념은 아리스토텔레스(Aristotle)의 견해로 대변할 수 있다. 아리스토텔레스 이전에는 근대적 의미의 동력학의 개념이 없었다. 아리스토텔레스 추종자들은 아리스토텔레스의 정성적 동력학을 설명할 때, 속도가 가해진 힘에 비례하고 움직여진 물체의 무게에 반비례하며, 운동은 반드시 매질 속에서만 일어나며 속도는 매질의 밀도에 반비례한다고 해석하였다. 아리스토텔레스의 언급은 현재 정립된 뉴턴(Newton)의 역학과 비교하면 큰 차이가 있지만 일상 현상들로부터 그렇게 크게 벗어나지 않는다. 일상의 경험으로부터 형성되는 운동의 개념은 아리스토텔레스처럼 생각하는 것이 오히려 자연스럽다.[김영식 편저, 과학사 개론, 다산 출판사(1896년 개정판) I 부6장, Ⅲ부]

아리스토텔레스는 운동을 물체의 본질이 겪는 하나의 과정으로 설명하였다. 예를 들면, 무거운 물체는 그 본연의 위치로 움직임으로써 본성을 실현한다는 목적론적 설명을 들 수 있다. 이것은 고대의 전통적인 사고 방식인 물활론적 일원론의 한 표현이라 할 수 있다.

물체의 운동은 물체와 무관하다고 최초로 생각한 사람은 갈릴레오였다. 이 생각은 역학 혁명의 근본적 역할을 했으며, 이로 말미암아 정지 상태와 마찬가지로 운동상태의 지속에 아무런 동인도 필요치 않다는 관성과 운동상태의 변화만이 원인이 필요하다는 깨달음이 생긴 것이다. 이런 무관함 때문에 물체는 두 가지 이상의 운동이 동시에 중첩되어 하나의 궤적만 그려낸다. 갈릴레오는 이같은 생각으로 투사체 문제를 해결했으며, 그것은 수평 방향운동과 등가속 수직 낙하의 중첩 결과로 포물선 궤적을 이루는 설명이 가능했던 것이다.[김여식 편저, 과학사 개론, 다산 출판사(1896년 개정판) I 부6장, Ⅲ부]

갈릴레오의 새로운 운동개념이 발전하여 데카르트에 이르러 근대 과학의 기계적 자연관이 형성되었다. [김여식 편저, 과학사 개론, 다산 출판사(1896년 개정판) I 부6장, Ⅲ부]

이후 뉴우튼이 수학적 방법을 써서 천체들의 운동을 정확히 기술함으로써 힘과 운동과의 관계를 모순없이 정립하였다.[김여식 편저, 과학사 개론, 다산 출판사(1896년 개정판) I 부6장, Ⅲ부]

뉴턴의 역학은 진공속에서의 마찰없는 추상적인 것이다. 그러나 이와같은 시도로부터 일반적이고 보다 복잡한 현상들도 설명할 수 있는 법칙을 발견할 수 있었는데, 바로 이점이 경험적인 사실들에 집착한 결과로 나타난 근대이전 사람들의 모순을 극복할 수 있는 실마리가 된 것이다.[김여석 편저, 과학사 개론, 다산 출판사(1896년 개정판) I 부6장, Ⅲ부]

2. 운동에 대한 학생들의 직관

오랜 세월 동안 물체의 운동을 관찰한 경험에 기초해서 생겨난 상식적인 직관은 학생들이 세상을 설명할 때 만족스런 역할을 한다.

건스톤(Gunstone)은 면담 및 설문지 실시를 통해 학생들의 운동에 대한 응답 형태를 분석하여 분석의 결과로부터 학생들이 운동에 대해 설명할 때 사용하리라 생각되는 규칙들을 추론하였다.

그것은 다음 몇 가지로 특정지을 수 있다.[R.Driver, op.cit. chap5.]

- (1) 힘은 생명체와 관계가 있다.
- (2) 일정한 운동은 일정한 힘을 필요로 한다.
- (3) 운동의 양은 힘의 양에 비례한다.
- (4) 어떤 물체가 움직이지 않고 있으면 그것에 작용하는 힘도 없다.
- (5) 어떤 물체가 움직이고 있으면 그 운동 방향으로 힘이 작용하고 있다.

위의 다섯 가지 직관적인 규칙들은 ‘운동은 힘을 내포하고 있다’는 생각을 반영한 것이다.

샴페인(A.B. Champagne)은 학생들이 위의 규칙들을 따르게 되는 이유를 다음과 같이 설명하고 있다. “세상에 편재된 마찰력 때문에 이 규칙들은 물체의 움직임에 대한 근사한 설명을 해 준다. 더욱이 인간의 단순한 눈을 통한 관찰은 물체의 가속을 감지하기 어려우므로 가속도 개념은 운동에 대한 상식적 개념체계에 중추적 역할을 차지하지 못하고 있다.”[A.B. Champagne, op.cit(1980) p.1077]

아동들의 운동에 대한 개념의 연구는 1920년대 삐아제(Piaget)에 의해서 이루어지기 시작했다. 어린 아이들을 대상으로 한 그의 연구에서 그는 아동들이 물활론적 개념을 갖고 있다고 제의하였다.

그후 힘과 운동에 관한 수 많은 연구가 이루어졌고 대상과 도구를 달리 하면서 학생들의 생각을 조사하였다.

여러 도구 중 하나의 Interview About Instances(약칭 I. A. I) 라는 면접 기술방법이 고안되었다. 이것은 학생들 자신의 언어로 자신의 생각을 표현하여 학생들이 갖고 있는 생각들을 이끌어 내는 방법이다.[Leo H.T.Wost, Cognitive Structure and Conceptual change, chap2. Academic Press]

이 방법을 사용하여 왓츠(Watts)와 질버스찬(Zylberstjan)은 런던의 학생들에게 설문을 실시한 결과 학생들의 생각속에 운동은 힘을 내포하고 있다는 결론을 내렸다.[D.M. Watts and A.Zylberstjan. op.cit]

비에노(Viennot)는 프랑스의 중등학생 및 대학생을 대상으로 초보적인 동역학에 관한 문제를 풀도록 하였다. 그 결과 학생들의 직관적인 규칙은 힘과 속력이 비례한다는 사고를 하고 있음을 알아냈다.[L.Vinnot Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. Eur. J. SCI. EDUC.(1979) Vol 1. No2.]

미국 피츠버그대학에서 다양한 집단을 대상으로 강의 전 평가를 해 보기 위하여 D.O.E.라는 테스트를 실시한 결과, 고등학교 물리를 공부한 물리과 학생들도 기본적인 물리 개념을 알지 못하거나 잘못 알고 있다는 사실을 알아냈다.[A.B. Champagne, op.cit(1980)] 이 연구에서 샴페인은 학생들의 이러한 실패의 원인을 앞서 언급한 학생들의 직관적인 규칙은 나이가 들어도 쉽게 바뀌지 않는다는 것을 보여 주었다.[A.B. Champagne, op.cit(1980)]

물리 개념에 대한 오해를 조사하기 위해서 독일 대학에서 물리학전공, 비전공의 학생들을 대상으로 역학 문제 몇 가지를 시도한 결과, 오답율이 70~90% 수준에 이르러서 초·중등학교에서의 역학 수업이 비효율적임을 지적하였다.[D. Nachtigall, Misconceptions in physics and a strategy to overcome them, Phys. Educ. 1984. pp. 20~25.]

영국의 테리(Terry)와 존스(Jones)는 뉴턴 제3에 관련된 여러 상황을 제시하여 16세 O수준의 학생 39명에게 실시했다. 응답결과로 뉴턴의 제3 법칙에 대한 문제를 여러 경우에 적용시킬때 학생들이 어려움을 느낀다는 것을 알았다.[C. Terry and G. Jones, Alternative frameworks : Newton's third law and Conceptual Change EUR. J. SCI.EDUC.(1986) Vol 8. No3. pp. 291~298.]

3. 그래프의 정의와 그래프의 역사적 고찰

사실, 그래프에 관련된 영어 단어 “graphics”와 “graph”의 철자 유사성과 그림의 의미를 갖고 있는 “pictures”, “figuration” 등과의 개념 유사성으로 그래프에 대한 명확한 개념 정의를 어렵게 한다. 그리고 과학적 자료의 시각적 표현은 갈릴레오 시대에까지 거슬러 올라갈 수 있고, 표현 기법의 발전으로 선 그래프가 출현하여(Wickens et al., 1994) 과학적 자료를 제시하는 유용한 도구로 사용되고 있다.

(1) 그래프의 정의

Bertin(1983)에 의하면, 도해(graphics)는 그림으로 제시된 (figurative) 표현이나 수학적인 (mathematical) 표현과 다르다. 그림 표현과 수학 표현 그리고 다른 기호 체계와의 관계를 명확히 정의하기 위하여, 기호 언어적 접근 방법으로 그림 정보를 단일 의미를 갖는 기호 체계(monosemic system)와 다중적 의미를 갖는 기호 체계(polysemic system)로 나누었다. 수학의 대수식은 기호 변수가 정의될 때, 도해는 이것의 각 기호에 유의한 의미를 부여할 때, 단일 의미를 갖는 기호 체계가 되고, 회화와 같은 추상적인 그림은 이 속의 각 기호의 의미가 유동적이어서 그 의미는 주관적이고 논의의 여지가 많으므로 다중적 의미를 갖는 기호 체계로 보았다. 그러므로 수학이나 도해는 객관적이고 논리적이며 단일 의미를 갖는 기호 체계가 되어 모든 사람이 공감할 수 있는 정보를 전달할 수가 있다.

그러나 도해와 수학은 각각 다른 시각 구조를 가지고 있다. 예를 들면, 각각 100개의 행과 열을 갖는 두 개의 표를 비교할 때, 수학은 2만개의 예를 대수식에 대입하여 비교해야 하는 반면, 도해는 이 자료를 한 공간에 시각적으로 표현하여 비교해 볼 수 있는 그림의 요소를 포함하고 있다 [Bertin 1983]. 따라서 그림이라는 용어 속에 도해, 그래프 등을 포함시킬 수 있고, 그래프는 도해 속에 포함시킬 수 있다. 예를 들면, 전기회로도의 기호에 전지, 전구의 의미를, 자리결선 그림의 자기력선의 밀도에 자기장의 의미를 부여하면 전기 회로도와 전기력선은 단순한 사실 그림과는 다르게 단일 의미를 갖는 도해가 되며, 그래프 역시 x축의 변수에 시간, y축의 변수에 속도라는 의미를 부여하면, 시간과 속도의 관계를 나타내는 단일의 의미를 갖는 기호체계가 되므로 도해 속에 포함된다.[문충식, 1999]

다만, 전기 회로도나 전기력선의 그림이 어느 정도 사실 그림을 포함하고 있지만, 그래프는 사실 그림과는 전혀 다른 변수를 포함하는 상징적인 기호 체계를 갖고 있다. 즉, 그래프는 구체적인 대상물이 아닌 사실이나 추상적인 개념의 정략적 성질을 시각적으로 나타낸다[Shah, 1996]. 그러므로 전기 회로도나 전기력선과 같은 도해는 시각적 심상이 학습에 도움이 된다는 이론[김영채 등 공역, 1997]에 의해 지지를 받을 수 있고, 그래프는 시각 통계적 목적이나 논리적인 분석의 필요성에 의해 지지를 받는다.

시각 통계적인 목적이 강한 막대 그래프는 특별한 독립변수에 대한 종속 변수들의 비교에 유리한 반면, 선 그래프는 여러 변수 사이의 관계를 하나의 그래프에 표현할 수 있고 애매한 자료를 변환하여 필요한 정보를 얻을 수 있으며, 전체의 경향을 알 수 있도록 한다[Dibble & Shaklee, 1992; Pinker, 1920; Wickens, Merwin, & Lin, 1994]. 특히, 그래프는 수학의 대수식으로 표현할 수 있는 중요한 특징을 갖고 있으므로 경험적이고 논리적인 과학의 특성상, 과학에서의 그래프는 수학과 과학 이론의 발전 과정에서 파생된 필연적인 결과이다.[문충식, 1999]

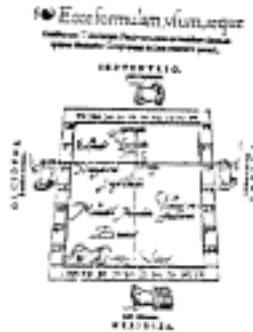
(2) 그래프의 역사적 고찰

정보를 시각적으로 나타내기 시작한 것은 고대 바빌로니아, 마야, 이집트, 중국 시대로까지 거슬러 올라갈 수 있다. 점토 서지판에 농산물 수확의 정도나 성과 동물의 수 그리고 세수 등을 시각적인 기호로 새겨 놓아 었다. 과학적 자료의 시각적 표현은 갈릴레이 시대 전까지 거슬러 올라갈 수 있고, 과학 이론이 발전함에 따라 이론이나 생각, 사실들에 대한 시각적인 표현은 어떤 현상의 정량적인 정보를 수집하여 재배열하고, 조작하여 분석하며, 이해하기 위한 중요한 도구로 발전하였다[Martinson, 1991; 박세희, 1993].

고대 그리스, 이집트 시대의 수학 사상은 움직이거나 변화하는 것보다는 정적이고, 불변 상태의 학문 세계를 추구했지만, 르네상스 이후 실험과 관찰이 학문을 하는데 중요한 역할을 하게 되자, 보다 실제적인 어떤 현상은 시간과 함께 끊임없이 변화하고 움직이며, 이러한 현상을 다루기 위해 “어떤 변수와 함께 변동하는 양” 으로서의 함수 개념이 필요하게 되었다. 실제로 갈릴레오의 “물체 낙하의 법칙” 과 같은 운동에서 비롯된 두 변량 사이의 관계에 대한 연구는 함수 개념의 탄생 계기가 되었다. 특히,

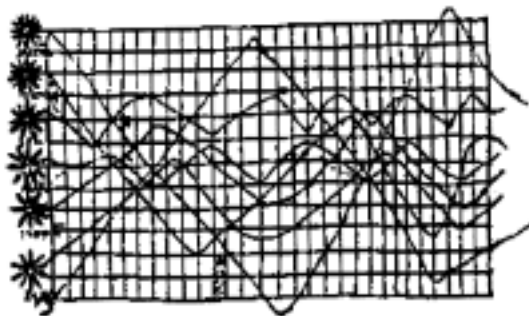
통계 지도(cartogram)와 수학의 발전 그리고 천체의 기하학적 구조를 밝히려는 시도가 시각적 표현 방법의 발전에 기여한 바가 크다[Wainner & Thissen, 1981; Wickens et al., 1994; 이정환, 1997).

시각적 표현 방법의 발전은 도시의 위치를 심미적으로 나타내기 위한 지도에서 시작되었고, 지도에서는 좌표를 이용하여 위치와 면적 등을 표현하였다.



<그림 II-1> Peter Apianus(1546)에 의해 발표된 세계 지도

<그림 II-1>은 손으로 줄을 잡고 경도와 위도를 나타내어 도시의 위치를 보이는 Peter Apianus가 1546년에 발표한 지도이다. 이것이 과학에 좌표를 사용하게 한 계기가 되었는데, 로마의 철학자 Macrobiusa는 천문학과 물리에 관한 자필 원고에서 황도 주위를 운동하는 행성의 운동을 시간을 표시하여 표현하였다<그림 II-2>.



<그림 II-2> 황도 주위를 운동하는 행성의 운동

그 후 약 3세기 후에 프랑스의 수학자 Oresme (1325~1382)는 횡축과 종축의 선을 처음으로 사용하였고, 사실 이것이 막대 그래프의 시초이면서 그래프의 표현의 시작으로 보고 있다. 자연의 구조는 수학적인 질서를 갖고 있다고 믿고 있던 레오나르도 다빈치[Leonardo da Vinci; 1452~1519]도 떨어지는 물체를 그 위치와 시간이 있는 좌표에 기록하였다 [Martinson, 1991].

또, 시각적 표현 방법의 발전은 대수학과 기하학의 발전을 통하여 이루어졌다. 도형에 관한 학문인 기하학은 고대 농업 국가인 이집트, 바빌로니아, 중국에서 토지 측량의 필요에 의해 발달하였고, 대수학은 상업의 발달로 인한 산술적인 목적에 의해 발달하였다.

해석 기하학에서 Descartes(1596~1650)는 데카르트 좌표계(Cartesian coordinate system)의 이론을 구축하여 기하학적인 그림 요소와 대수적인 추상적 개념 체계를 통합하는 그래프로 발전시켜 지금까지도 그래프를 중요하고 유용하게 사용할 수 있도록 하였다. 그래서 Descartes는 변수라는 개념을 도입하여 하나의 식을 그래프로 표현하거나 관찰 현상을 그래프로 나타내어 그 현상의 원인을 분석하는 작업을 시작할 수 있게 하였고 [Wainner & Thissen, 1981; 김용운과 김용국, 1997], 모든 지식을 수학적·합리적 사유에서 도출하려고 하여 Bacon(1561~1626)과 함께 경험론적인 과학 방법의 이론적 기초를 제공할 수 있었다[손인수, 1987]. “수학은 과학의 언어” 라고 한 것은 갈릴레이였고, 17세기의 과학은 특히 수학과 물리학의 밀월시대였다[김용운과 김용국, 1997].

그런데 이런 경험론적인 강한 전통 즉, 수집된 자료의 설명적 분석에만 그래프가 사용되어야 한다는 믿음이 그래프가 다른 용도에 사용되는 것을 방해하여, 곡선 그래프의 해석에서 데카르트적 전통과 통계 시각적 목적으로 다르게 발전하였다. 즉, 데카르트 좌표의 목적은 곡선(법칙)을 이루게 하는 자료를 이용하여 우주를 지배하는 구조를 이해하는 것이고, 통계 시각적인 목적은 곡선(규칙성) 즉, 자체의 구조를 이해하는 것이므로 [Wainner & Thissen, 1981], 주어진 과학 자료를 변형하여 새로운 정보를 추론하는 과정은 두 부문의 통합으로 가능해진다.

현대 통계적 그래프의 시조인 Playfair가 1786년에 출판한 “상업과 정치의 도표집(Commercial and Political Atlas)라는 책에서 지금까지 중요하게 사용되고 있는 선 그래프, 막대그래프, 원그래프, 파이그래프 등의

그래프 표현 방법을 고안하였다. 그리고 비공간적이고, 정략적이며, 경험적 자료를 공간적으로 표현하는 시각 그래프에 관한 개념을 확립하였다. 여기서 Playfair는 새로운 그래프 형태를 이용하여 자료를 분석하여 전체 경향을 이해하고, 앞으로의 결과를 예측할 수도 있으며, 짧은 시간에 작은 공간을 이용하여 많은 양의 정보를 얻거나 전달할 수 있다고 하였다[Fry, 1983; Martinson, 1991; Wainer & Thissen, 1981; Wickens, 1994].

4. 과학교육과정 중 운동 관계 내용

초 등 학 교	중 학 교	고 등 학 교	
자석들 사이에 작용하는 힘	IV. 힘과 운동 1. 여러 가지 힘 2. 힘과 물체의 운동	공 통 과 학	물리 I, II
수 평 잡 기	 제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY	III. 힘 1. 운동의 기술	I. 힘과 운동 1. 운동의 표현
힘 과 운 동		2. 운동의 법칙 3. 힘의 법칙 (1) 마찰력 (2) 중력과 전기력	2. 운동의 법칙 (1) 힘 (2) 뉴턴의 운동 법칙 (3) 운동 법칙의 법칙
물체의 위치와 운동	I. 일과 에너지		3. 여러 가지 운동 4. 운동량

5. 용어 정의

운동에 대한 그래프의 해석 및 개념조사를 연구하는 과정에서 쓰게 될 용어를 다음과 같이 정의한다.

(1) 그래프 도식

그래프 도식은 과거의 그래프 해석에 관한 경험이나 학습을 통하여 얻은 정보를 바탕으로 기억 체계에 형성된 것이며, 물리 내용과는 독립적으

로 선 그래프에 관한 수학 개념을 포함한다. 그래프 도식은 시각상에서 발견된 정보를 개념 정보로 전환하거나, 원하는 개념 정보를 찾을 수 있도록 방향을 제시하고 연결하는 역할을 하며, 다양한 모양의 그래프에서 각 그래프의 전체 경향을 알 수 있도록 한다(Maichle, 1994). 예를 들면, x , y 에 대한 그래프 도식은 x 변수는 독립변수, y 변수는 종속변수, x 변수에 대한 y 변수의 변화율이 일정하다는 것이며, x 변수는 시간, y 변수는 속도라고 할 때 이 그래프의 기울기는 가속도이며, 면적은 이동거리라는 것을 그래프 도식으로 정의한다.

(2) 물리 개념 도식

이 개념 도식은 오개념 연구에서 이루어지고 있는 인지 구조의 개념과 비슷한 개념으로, 생각들의 조직이나 그들 사이의 관계를 나타낸다(Drive et al., 1985). 그래프 해석과 이해에 관련된 개념 도식은 그 동안의 그래프 학습이나 그래프와 관련된 학습 환경과의 상호 작용을 통하여 얻은 학습자가 현재 유용하게 사용할 수 있는 그래프 관련 물리 지식 체계이다.



Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 대상

중·고등학교에서 중학교 대상은 제주 서 중학교 2학년 160명이고, 고등학생은 제주 남주 고등학교 3학년 물리Ⅱ를 배운 학생 50명을 대상으로 하였다.

1학년당 40명씩 총160명, 그리고 물리Ⅱ를 배운 고등학생 50명을 대상으로 2005년 4월에 설문을 실시하였다.

2. 설문 구성 및 설문지 작성

설문지의 문항 수는 총 19문항이다.

15문제는 4·5지 및 다중 선택형으로 하였고, 4문제는 그래프를 그리는 식으로 학생들의 응답을 얻도록 만들었다. 모든 문항은 McDermott 등 (1987)의 문항을 참고하여 문제를 만들었다.

1~3번 문항은 두 개 이상의 그래프에 대한 기울기와 높이에 대한 이해를 묻는 문제이다.

4번 문항은 그래프를 그림으로 보는 오류 경향에 있다는 것을 나타내기 위한 문제이다.

5번 문항은 서술적 표현을 그래프의 표현능력에 대해서 알아보는 문제이다.

6~9번 문항은 위치-시간에 대한 그래프로 직선과 곡선의 혼합으로 연구자가 작성하였다.

10~13번 문항은 문충식, 김범기(1998), ‘힘과 운동 관련 선 그래프 해석과 이해에 관한 오류 유형 검사 도구 개발’에 있는 그래프를 참고하여 속도-시간에 대한 그래프로 직선과 불규칙한 운동을 하는 곡선의 혼합으로 연구자가 작성하였다.

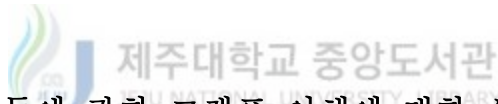
14~16번 문항은 문충식, 김범기(1998), ‘힘과 운동 관련 선 그래프 해석과 이해에 관한 오류 유형 검사 도구 개발’에 있는 그래프를 참고하여 가속도-시간에 대한 그래프를 연구자가 작성하였다.

17~19번 문항은 물리학총론 I, Halliday, Resnick 원저; 김종오역(1987)의 포물체 운동의 그림을 참고하여 그림을 그렸다.

문제들의 문항을 결정하기 위해 대학생, 고등학생, 중학생 30명을 대상으로 예비조사를 실시하여 문제에 대한 응답을 자유롭게 서술하도록 해서 학생들의 응답 형태를 기초로 하여 각 문제에 대한 문항을 수정 보완하여 작성한 것을 4·5지 및 다중 선택형 및 그래프 그리기로 문항을 작성하였다.

3. 분석 및 방법과 도구

분석 방법은 학생들의 답한 결과를 부호화하여 이것을 컴퓨터에 입력하고 통계 프로그램 SPSS(Statistical Package for the Social Science)10.0을 이용하여 분석하였으며, 정답 비율 뿐만 아니라 각 오답 사례에 대한 비율을 구하였다. 객관식 문항의 각 오답 사례인 경우에는 그 사례가 한정되어 나타나지만, 객관식 문항이 아닌 문항의 오답 사례인 경우에는 다양한 사례가 나타나므로 그 비율이 약 10%이하인 오답 사례는 모두 묶어 기타 비율로 구성하였다.



4. 물체의 운동에 관한 그래프 이해에 대한 선행 연구

학생들이 이미 알고 있는 개념은 학습 평가에서 중요해지고 있다. 선행 연구에서 힘과 운동 관련 그래프 해석과 이해에 관한 학생들의 어려움을 알아내기 위한 연구가 이루어지고 있으나 아직은 활발하게 연구되고 있는 것이 아니기 때문에 체계적인 연구가 이루어진 것은 아니다. 그러나, 운동 관련 그래프 해석과 이해에 관한 학생들의 오류 유형들은 아무렇게나 이루어진 것이 아니라 학생들이 특별한 오인들을 가지는 영역들이 있음을 제시했다.(kuethe, 1963)

(1) 운동 관련 그래프 해석과 이해에 관한 학생들의 오류 경향

1) 그래프를 그림으로 보는 경향

그래프를 그림으로 보는 경향은 그래프에 그려진 모양을 물체의 운동 경로로 생각하는 경우로 그래프의 논리성을 고려하지 못하고 그래프의 그림적 요소에 집착하는 데서 오는 경향이다.

Mokros와 Tinker(1987)은 한쪽 방의 끝을 출발점으로 하여 다른 끝까지 왕복하는 운동의 위치-시간 그래프를 찾는 지필 평가 문항에서 33%의 응답률을 보였으나 그래프의 한쪽 코너에서 다른 쪽 코너까지의 직선을 선택하는 비율이 38%로 나타나서 운동의 경로와 같은 그래프를 선택하는 경향이 있음을 밝히고 있다.

McDermott 등(1987)은 위치-시간 그래프를 속도-시간 그래프로 전환하는 문제에서 학생들이 그래프의 모양을 짐작하여 비슷한 형태의 그래프로 전환하는 경향이 있으며, 속도-시간 그래프에서 가속도에 관하여 물을 때, 묻는 말의 의미와 그래프의 그림적 특징을 연결시키는 경향이 있음을 알아내었다. 즉, 두 물체가 만나는 시각을 고르라고 할 때, 두 그래프가 만나는 곳을 선택하는 경향이 있다는 것이다.

Barclay(1986)의 연구는 <그림Ⅲ-1>와 같이 언덕을 올라간 자전거가 다시 반대편 쪽으로 내려오는 자전거의 운동을 기술하는 속도-시간 그래프를 선택하도록 하는 문항에서 그림과 같은 모양의 그래프를 고른 비율이 31%가 됨을 밝히고 있다.

또, Beichner(1994)는 고등학생과 대학생을 대상으로 21문항의 객관식 검사 문항을 개발하고 학생들의 오류 경향을 찾았다. 이 연구에서 위치-시간 그래프를 속도-



<그림 Ⅲ-1> 언덕을 오른 후 다시 내려오는 자전거

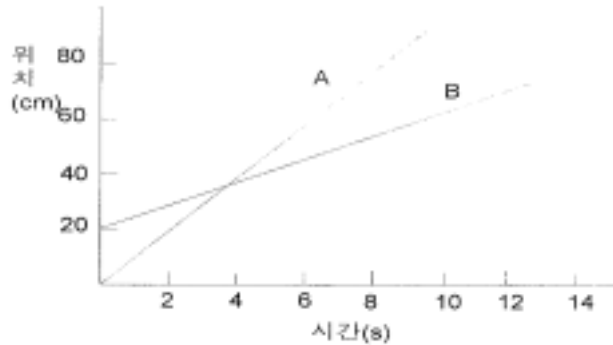
시간 그래프로 전환하거나 속도-시간 그래프를 가속도-시간 그래프로 또는 가속도-시간 그래프를 속도-시간 그래프로 전환하는 문항에서 그 모양이 같은 것을 고르는 경향이 약 25%임을 알아내고 이것을 그래프로 그림으로 보는 오류로 분류하였다. 이와 같이 분류하는 것은 학생들이 그래프를 그림으로 본다면 세로축 변수의 변화를 인식하지 못하기 때문이라고 해석하고 있다.

Dyke(1994)는 수학의 대수식 학습을 위해 실생활 내용의 적용을 강조하면서 대수식과 그래프를 잘 연결시켜 이해하게 하려면 실생활의 내용을 그래프로 그리고 그것을 대수식으로 전환하는 학습의 중요성을 강조한다. 여기서 마차가 언덕을 올라가서 내려오는 운동의 속도-시간 그래프를 고르라는 문항에서 언덕 모양의 그래프를 고르는 경향과 사인곡선 모양의 속도 그래프를 보고 몇 번이나 방향을 바꾸는 가를 묻는 문항에서 곡선이 휘어진 수를 대답하여 그래프를 운동 트랙으로 생각하는 경향이 있음을 밝히고 있다.

2) 기울기와 높이의 혼동

기울기와 높이를 혼동하는 오류는 위치-시간 그래프에서 빠르기를 비교하는 문항과 속도-시간 그래프에서 가속도를 비교하는 문항에서 기울기 대신에 높이를 제시하는 경향을 말한다. 이 오류는 그래프의 기울기의 의미나 개념을 적용하지 못하고 말의 의미와 그래프 그림의 특성을 그대로 연결시킬 때 나타난다고 할 수 있다. 예를 들면, 가장 빠른 곳은 무조건 y축의 값이 가장 큰 곳을 찾는 다는 것이다.

McDermott 등(1987)은 <그림 III-2>과 같이 위치와 시간의 그래프에서 2초에서 두 물체의 빠르기를 비교하는 문항이 주어졌을 때, 많은 학생이 B가 A보다 더 빠르다고 응답하여 기울기를 구하는 대신에 세로축의 높이를 제시하는 경우가 있다. 또 두 물체의 속도가 같은 시각을 물었을 때, 세로축의 높이가 같은 교차점에서 속도가 같다고 생각하는 경향을 밝히고 있다. 또, 기울기 변화와 높이의 변화를 혼동하는 경향이 있음을 밝히고 있으며, 속도-시간 그래프에서 면적의 물리적 의미를 모르거나 (-)면적의 의미나 처음 위치에 대한 잘못된 생각이 있음을 밝히고 있다.



<그림 III-2> 두 물체의 위치와 시간 그래프

Beichner(1994)는 기울기 계산에서 시간에 대한 변화량을 적용하지 않고, 특정 시간의 세로축 높이를 시간으로 나누는 오류가 있음을 밝히고 있다. 속도-시간 그래프에서 가속도를 묻는 문항, 위치-시간 그래프에서 속도를 묻는 문항 등에서 기울기 대신에 세로축을 제시하는 오류의 비율이 높고, 그래프가 원점을 지나는 경우에는 오류의 비율이 적게 나온다는 사실을 지적하고 있다.



3) 개념이나 그래프 도식의 오류

그래프를 통하여 학생들이 가진 개념이나 그래프 도식의 오류를 발견할 수 있다.

Rosenquist과 McDermott는 역학 개념의 학습에서 그래프를 사용하는 방법에 대한 논의를 하면서, 학생들은 두 공이 같은 위치에 있을 때 속도가 같다고 생각하여 위치와 속도를 혼동하거나 속도와 속도 변화를 구분하지 못하기도 하는 등의 오류가 있음을 밝히고 있다. 이와 같은 오류 경향은 그래프의 최대값과 최소값을 최대변화율이나 최소변화율로 생각하는 경향이 있음을 밝힌 McDermott 등(1987)의 연구에서도 찾아볼 수 있다.

그리고 van Zee와 McDermott (1987)는 V자형의 운동 트랙을 왕복 운동하는 위치-시간, 속도-시간, 가속도-시간 그래프를 그리는 문항에서 (-) 속도나 (-)가속도에 대한 개념이 형성되지 않고 있음을 밝히고 있으며, 속도가 증가하면 가속도도 증가한다고 생각하여 속도와 가속도를 동일한 그래프로 그린다는 등 증가속도 운동의 속도-시간 그래프를 보고 가속도

가 증가하고 있다고 생각하는 경향이 있음을 지적한다. 또, 반대 방향으로 운동하는 상황을 인식하지 못하고 단순히 물체가 빨라지고 있다는 사실에 주목하여 (+)가속도라는 생각을 강하게 갖는 경향이 있음을 밝히고 있다.

또, Beichner(1994)는 객관식 문항에서 위치-시간 그래프에서 세로축의 변수를 고려하지 못하거나 기울기를 계산하지 못하는 오류가 있으며, 기울기나 면적의 물리적 의미를 잘못하거나 기울기를 계산하지 못하는 오류가 있으며, 기울기나 면적의 물리적 의미를 잘못 인식하고 있는 오류를 지적하면서, 변수의 혼동, 원점이 아닌 그래프 기울기 계산 오류, 면적의 무시 등과 같은 오류로 분류하고 있다. 이와 같은 분류는 객관식 문항의 선택 결과를 연구자가 분류한 것으로 학생들이 생각하고 있는 것과는 다를 수가 있음을 Berg와 Smith(1994)의 연구에서 지적하고 있는 바와 같다.

5. 검사 도구의 신뢰도와 문항별 정답율 및 변별도

검사 도구의 용도	그래프 해석과 이해의 오류 유형 조사			
총 문항수	19문항			
문항 형태	4·5지 선택형 및 다지 선다형			
적용 대상	중학교 2학년 및 고등학교 이과(3학년)			
검사 시간	40분			
정답율(%)	평균	중학교(15.6%)고등학교(41.6%)		사람수
	범위			중학교 고등학교
		0 - 20.0	119	5
		20.1 - 40.0	39	19
		40.1 - 60.0	2	20
		60.1 - 80.0	0	6
변별도	평균	중학교(0.14)고등학교(0.27)		사람수
	범위			중학교 고등학교
		0 - 0.20	15	8
		0.21 - 0.40	3	9
		0.41 - 0.60	1	3
		0.61 - 0.80	0	0
신뢰도		중학교(0.2314)고등학교(-0.455) 중·고등학교(0.1009)		

<표Ⅲ-1> 그래프 해석과 이해에 관한 오류 유형 검사 도구의 특징

물체의 운동에 대한 그래프 해석과 이해에 관한 검사 도구의 신뢰도는 SPSS 10.07을 이용하여 얻었다. 신뢰도가 0.1009로 낮은 이유는 4, 5개의 답지 중에서 1개를 선택하게 하는 선다형 문항이 많았고, 옳은 답을 모두 고르게 하는 형태의 문항이 많고, 서술형 문항이 있었기 때문에 정답율은 비교적 평균인데 불구하고 신뢰도가 낮게 나타나는 것으로 해석된다.

전체 문항의 평균 정답율은 중학생은 15.6%이고, 고등학생은 41.6%이다. 검사 도구의 성격이 학생들의 성취도를 측정하기 위한 것이라기 보다는 학생들의 오류 유형을 찾아내는 목적을 가지고 있으므로 문항에 따라서는 정답율이 대단히 낮은 문항이 있다.

그리고 문항 변별도의 평균은 중학생은 0.14이고, 고등학생은 0.27이다. 정답율이 낮은 문항이 많은 데도 불구하고 변별도가 낮은 이유는 5지 선다형으로만 문항을 구성하지 않고 가능한 응답을 모두 고르는 형태로 문항을 했기 때문이고, 서술형이 많기 때문이라고 판단된다.



IV. 결과 분석 및 논의

1. 운동 관련 그래프 해석과 이해에 관한 학생들의 오류 유형

(1) 그래프 도식의 오류

그래프의 해석과 이해에 그래프 도식(기울기 계산과 기울기 또는 면적의 물리적 의미)을 잘못 적용하거나 틀린 그래프 도식을 적용하는 오류

이 오류 유형은 속도가 일정한 비율로 증가하는 속도-시간 그래프를 보고 기울기가 증가하므로 가속도가 일정하게 증가한다고 해석하는 오류 경향이 있다. 또한 위치-시간 그래프의 수평선을 보고 기울기가 일정하므로 일정한 속력의 운동으로 해석하는 오류 경향[van Zee & McDermott, 1987]이다. 그리고 그래프의 면적과 물리 개념과의 연결 실패(Mcdermott et al, 1987)를 들 수 있다. 마지막으로 그래프 면적에 대한 물리적 의미를 모르거나 면적, 기울기, 높이에 대한 혼동 등의 오류 경향(Beichner, 1994) 등에서 찾을 수 있다.



<그림 IV-1> 전체 문항에 대한 분석

<그림 IV-1>과 같이 분석한 결과, 기울기 계산을 하지 못하여 생기는 오류는 문항 1, 2, 3, 4, 7, 14, 15 등에서 나타난다. 이 중에서 직선의 기울기를 계산하지 못하여 생기는 오류는 문항 1, 3에서 나타난다.

접선의 기울기를 계산하지 못하여 생기는 오류는 2, 7, 14, 15 등에서 나타난다.

그래프의 기울기와 면적의 물리적 의미를 잘못 적용하여 생기는 오류는 문항 2, 3, 14, 15 등에서 나타난다.

(2) 물리 개념의 오류

그래프의 해석과 이해에서 틀린 물리 개념을 적용하여 생기는 경우이다. 이 때 그래프 도식을 이용하지 않고 바로 틀린 물리 개념을 적용하는 경우와 그래프 도식을 이용하여 바르게 해석했지만 틀린 개념을 적용하여 이해하려는 경우에 생기는 오류가 있다.

이 오류 유형에 관한 선행 연구는 위치와 시간의 그래프의 빠르기를 비교하는 문항에서 기울기를 구하는 대신에 세로축의 높이를 제시하거나 세로축의 높이가 같은 교차점에서 속도가 같다고 생각하는 경우[Mcdermott et al, 1987], 기울기 계산에서 시간에 대한 변화량을 적용하지 않고 특정 시간의 세로축 높이를 시간으로 나누는 경우[Beichner, 1994] 등에서 찾을 수 있다. 그리고 제시된 속도-시간 그래프의 가속도를 비교하는 문항에서 기울기 대신에 높이를 제시한다는 연구[Mcdermott et al, 1987; Beichner, 1994]가 있다. 이런 경우에 기울기와 높이를 혼동하는 오류를 분류하고 있으나 본 연구에서는 <그림 IV-1> 전체 문항에 대한 분석에서 결과, 위치, 이동거리, 변위 개념의 혼동, 속력과 속도의 혼동, 위치와 속도의 혼동, 속도와 가속도의 혼동 등의 오류로 분류하였다.

먼저, 이동거리, 위치 그리고 변위를 혼동하여 생기는 오류는 문항 1, 2, 3, 4 등에서 나타난다.

위치와 속도를 혼동하여 생기는 오류는 그래프의 해석과 이해에서 위치가 증가하면 속도가 항상 증가하고, 위치가 감소하면, 속도가 역시 항상 감소한다고 생각하거나 위치가 (-)일 때 항상 반대방향으로 운동한다고 생각하는 오류이다. 위치와 시간의 그래프에서 위치가 증가하면 속도가 증가하고 위치가 감소하면 속도가 감소한다고 생각하는 사례는 문항 1, 2, 3, 6, 7, 8 등에서 나타난다.

속도와 가속도를 혼동하는 오류는 그래프의 해석과 이해에서 속도가 증가하면 가속도가 항상 증가하고, 속도가 감소하면 가속도가 항상 감소한다고 생각하거나 속도가 0이면 가속도가 항상 0, 속도가 (-)이면 가속도가 항상 (-)라고 생각하는 오류이다. 그래프에서 속도가 증가하면 가속도가 항상 증가하고 속도가 감소하면 가속도도 항상 감소한다고 생각하는 사례는 문항 13, 14, 16 등에서 나타난다. 속도가 (-)일 때 가속도가 항상 (-)라고 생각하는 사례는 13, 16 등에서 나타난다.

(3) 그래프와 그림의 혼동

그래프의 해석과 이해에서 그래프의 그림 모양을 운동 경로로 생각하든지, 그래프의 그림 모양과 문항의 언어를 유사한 것으로 관련시키는 오류

이 오류 유형은 그래프의 모양대로 운동 경로를 생각하려고 한다든지 (Kerlake, 1977; Mcdermott et al, 1987), 비탈을 내려오는 물체의 운동 그래프를 비탈의 모양과 비슷하게 그리는 경우, 언덕을 오르내리는 공이나 자전거의 운동을 그래프로 표현할 때, 언덕의 모양과 비슷한 속도나 가속도의 그래프를 그리는 경우(Trowbridge & Mcdermott et al, 1981; Barclay, 1986; Berg & Smith, 1994) 등이 있다. 그리고 Beichner(1994)는 위치-시간의 그래프를 속도-시간의 그래프로 전환하거나 속도-시간의 그래프를 가속도-시간의 그래프로 전환하는 문항에서 그 모양이 서로 같은 것을 고르는 경향을 그래프를 그림으로 보는 오류로 분류한다.

<그림 IV-1>의 분석 결과에 의하면, 그래프를 운동 경로로 보는 그래프와 문항의 문장 의미를 유사한 것으로 생각하는 오류를 포함하여 그래프와 그림을 혼동하는 오류 유형을 보았다.

그래프의 모양을 비탈 운동 경로 생각하여 가파른 그래프 모양을 보고 가파른 비탈을 내려오므로 속도가 가장 크거나 가속도가 크다고 생각하는 오류는 문항 7, 14, 15 등에서 나타난다.

서술적 표현으로 운동 경로가 정지하고 있다고 생각하거나 운동 경로가 내려온다고 생각하는 오류는 문항 3, 4, 19 등에서 나타난다.

서술적 표현으로 운동 경로를 위치-시간의 그래프를 속도-시간의 그래프로 전환하는 그래프를 나타낸 문항은 17, 18 등에서 나타난다.

그리고 그래프와 문항의 문장 의미를 유사하게 생각하여 그래프의 모양이 점점 증가 또는 감소하고 있으므로 속도 또는 가속도가 증가 또는 감

소한다고 생각하는 오류는 문항 6, 8, 13, 16 등에서 나타나고, 가장 먼 곳에 있으므로 기준 위치에서 가장 멀리 떨어졌다고(속도-시간 그래프에서) 생각하는 오류는 문항 12 등에서 나타나며, 그래프의 모양이 꺾이는 곳에서 운동 방향이 바뀐다고 생각하는 오류는 문항 9, 13, 16 등에서 나타난다. 또, 두 그래프가 만나므로 속도가 같다고 하던가(위치-시간 그래프에서) 두 그래프가 만나므로 두 물체가 만난다고(속도-시간 그래프에서) 생각하는 오류는 2, 3 등에서 나타난다.

위에서 진술하고 있는 오류 유형은 그래프 시각 정보를 물리 정보로 전환하고자 할 때, 이와 관련된 물리 개념이나 그래프 도식을 잘못 적용하거나 그릇된 물리 개념이나 그래프 도식을 적용하는 경우에 생겨날 수 있으며, 물리 개념이나 그래프 도식을 부분적으로 알고 있다고 해도 그래프 도식과 그래프 시각 정보 사이의 상호 작용(그래프 해석)이 원활하게 일어나지 않거나 또는 이 과정(그래프 해석)에서 생긴 결과와 물리 개념 사이의 상호 작용(그래프 이해)이 일어나지 않는 경우에 생겨날 수 있다.



2. 운동 관련 그래프 해석과 이해에 관한 오답 사례와 오류 유형

운동 관련 그래프 해석과 이해에 관한 학생들의 생각은 문항별로 다양하게 표현되었다. 여기서는 문항별 정답을 그리고 두드러진 오답 사례(10%이상)와 오류 유형을 분석하였다.

(1) 그래프 유형별 오답 사례와 오류 유형의 비율

(1~2) 다음 그래프를 보고 물음에 답하시오.

위
치
(m)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 시간(s)

1. 물체A와 물체B운동에서 7초일 때 어느 쪽 속도가 더 큰가? (②)

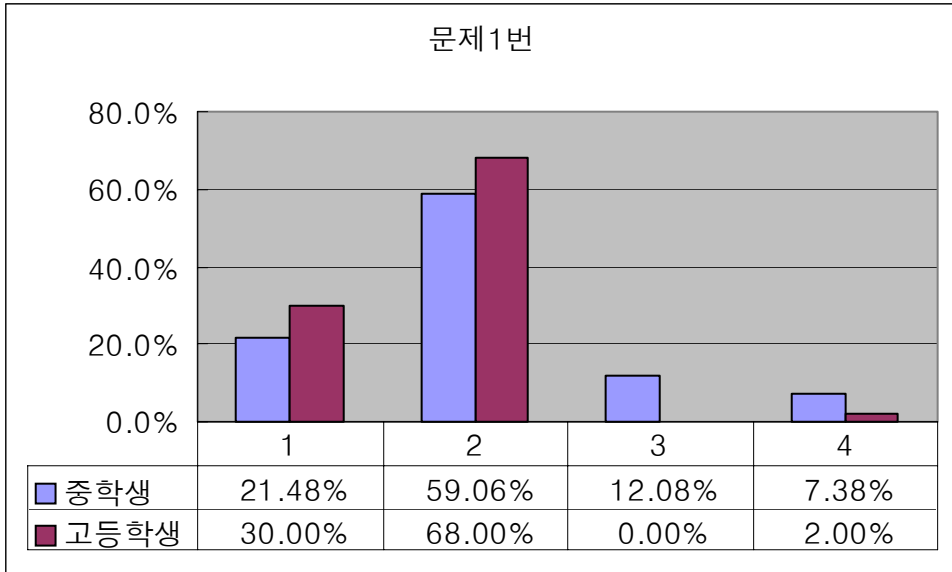
① 물체A가 물체B보다 더 크다.
② 물체B가 물체A보다 더 크다.
③ 물체A와 물체B의 속도는 같다.
④ 물체A와 물체B의 속도를 알지 못한다.

2. 물체A와 물체B는 어느 때에 같은 속도를 가질 것인가? (⑤)

① $t=3$ 일 때 물체의 속도는 같다.
② $t=5$ 일 때 물체의 속도는 같다.
③ $t=7$ 일 때 물체의 속도는 같다.
④ $t=9$ 일 때 물체의 속도는 같다.
⑤ 물체A와 물체B의 속도가 같을 때가 없다.

<그림 IV-2> 문항 1~2; 위치-시간 그래프(두 직선)

<그림 IV-2>의 문항 1~2번은 직선으로 제시된 위치-시간 그래프 2개를 이용하여 두 물체의 운동을 비교하는 문항으로 운동 방향, 기울기의 이해를 묻는 문항이다.



<그림 IV-3> 문항 1의 정답률

문항 1은 직선으로 나타낸 위치와 시간의 그래프에서 속력과 속도의 개념을 구분하고 그 크기를 비교하는 문항으로 그래프의 기울기가 속도라는 그래프를 이용하여 해결할 수 있는 문항이다. <그림 IV-3>의 각 선택별 비율을 보면, 중학생 정답률은 59.06%, 고등학생 정답률은 68%로 나왔다. 다른 문항에 비하여 높게 나오고 있으나, 물체 A의 속력이 물체 B의 속력보다 크다는 응답이 중학생은 21.48%이고, 고등학생은 30%이다. 물체 A와 물체 B의 속도를 알지 못한다고 응답한 학생이 중학생은 7.38%이고, 고등학생은 2%이다. 여기서, 위의 정답률을 비교해보면은 고등학생이 중학생보다 그래프의 기울기를 이해하는 정도가 높다는 것을 알 수 있다.

<표 IV-1> 문항 1의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

오답 사례(%)	오류 유형
① 중학생(21.48%), 고등학생(30%)	B3 위치와 속도의 혼동 B1 이동거리, 위치, 변위의 혼동
④ 중학생(7.38%), 고등학생(2%)	A1a 기울기 계산 오류
	F 기타

오류 유형은 <그림 IV-2>의 분석 결과에 의해 결정하였다.

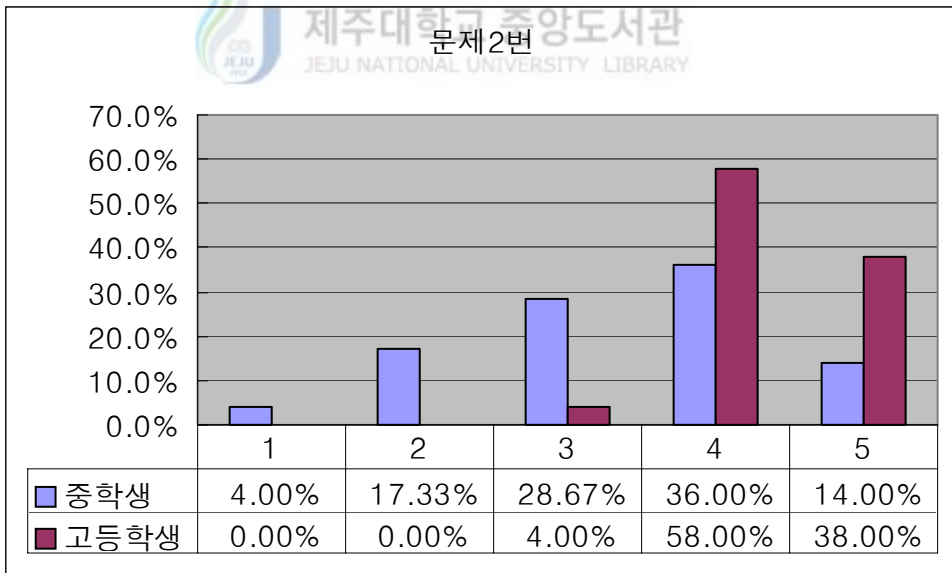
A: 그래프 도식의 오류

B: 물리 개념의 오류

F: 기타

그리고, <표 IV-1>의 오류 유형의 비율과 <그림 IV-3>의 분석에 따라 오답 사례에 대한 오류 유형을 분석해보면, 물체 A의 속도가 물체 B보다 크다는 오답을 한 학생은 위치와 속도를 혼동하는 경우와 위치, 이동거리, 변위를 혼동하는 오류를 나타낸다. 그리고 물체A와 물체B의 속도를 알지 못한다. 같다고 응답한 학생은 기울기 계산을 못하는 오류의 경우로 나타낸다.

문항 2는 직선의 기울기는 속도라는 그래프 도식을 이용하여 풀 수 있는 문항이다. <그림 IV-4>에 의하면, 중학생 정답율은 14%이고, 고등학생 정답율은 38%이며, 두 그래프가 만나는 시각인 9초를 선택한 중학생은 36%이고, 고등학생은 58%이다. 7초만을 선택한 학생도 중학생은 28.67%이고, 고등학생은 4%이다.



<그림 IV-4> 문항 2의 정답율

그리고 <표 IV-2>의 오류 유형의 비율과 <그림 IV-4>의 분석에 따라 두 그래프가 만나는 시각을 선택하는 오답 사례에 대한 오류 유형을 분석

해보면, 중학생은 36%, 고등학생 56%가 두 물체가 만난다는 사실과 두 그래프가 서로 만난다는 사실을 같은 것으로 생각하는 즉, 그래프와 그림을 유사한 것으로 생각하는 오류 유형을 나타냈고, 위치가 같으므로 속도가 같다고 하는 위치와 속도를 혼동하는 오류 유형을 나타내었다. <그림 IV-4>을 보면은 고등학생이 중학생보다 정답율이 높았으나, 오답 사례도 고등학생이 높다는 것을 알 수 있다.

<표 IV-2> 문항 2의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

오답 사례(%)	오류 유형
④ 중학생(36%), 고등학생(58%)	B3 위치와 속도의 혼동 C1 그래프를 운동 경로로 봄
③ 중학생(28.67%), 고등학생(4%)	B1 이동거리, 위치, 변위의 혼동 F 기타

- B: 물리 개념의 오류
- C: 그래프와 그림의 혼동
- F: 기타

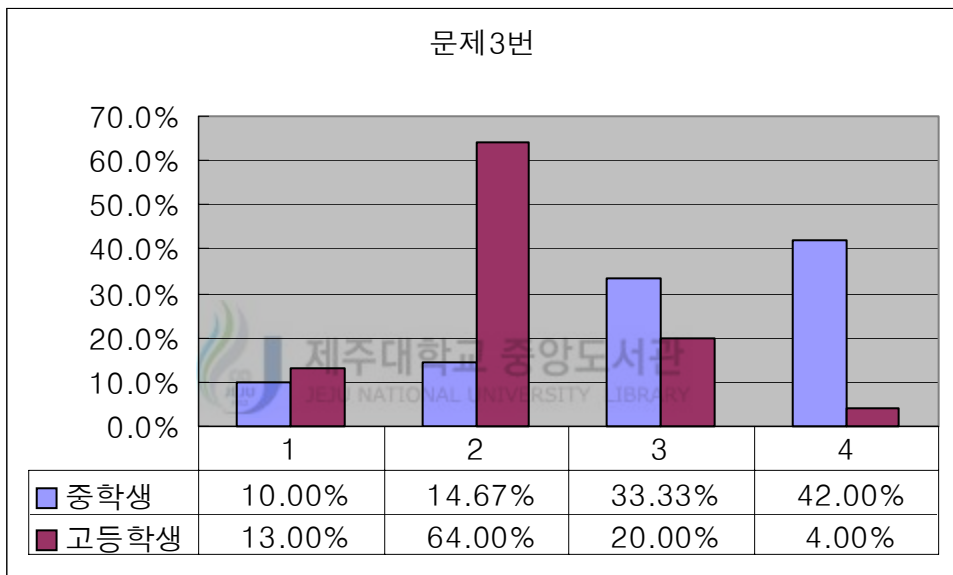
3. 다음 그래프를 보고 물음에 답하십시오.

물체 A와 B운동에서 10초간 움직인 거리가 더 큰 것은? (②)

- ① 물체A가 물체B보다 더 크다.
- ② 물체B가 물체A보다 더 크다.
- ③ 물체A와 물체B의 움직인 거리는 똑 같다.
- ④ 물체A와 물체B의 움직인 거리를 알지 못한다.

<그림 IV-5> 문항 3: 위치-시간의 그래프(직선과 곡선)

문항 3은 속도-시간 그래프에서 그래프가 만드는 이동거리를 그래프 도식을 이용하여 해결할 수 있는 문제이다. 그림 <IV-6>에 의하면, 정답율이 중학생은 14.67%이고, 고등학생은 62%이다. 물체A가 물체B보다 더 크다는 선택한 학생이 중학생은 10%이고, 고등학생은 13%이고, 물체A와 물체B의 움직인 거리는 똑같다와 알지 못한다를 선택한 학생은 중학생은 75.33%, 고등학생은 24%이다. 중학생은 고등학생보다 그래프를 운동 경로로 보는 경우가 고등학생보다 더 많다. 또한 고등학생이 중학생보다 이동거리에 대한 그래프 도식을 더 잘 이해하고 있다.



<그림 IV-6> 문항 3의 정답율

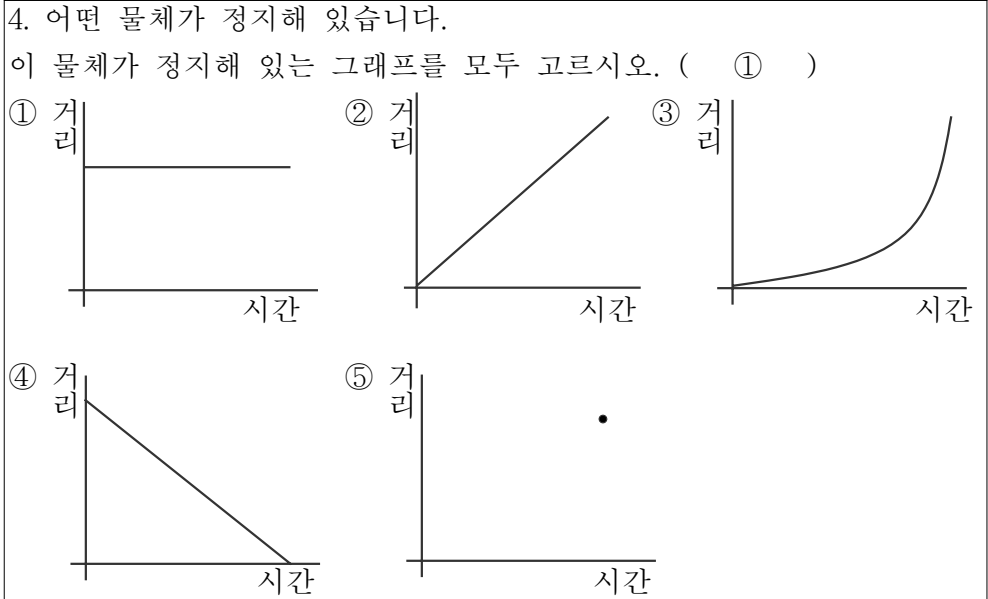
두 그래프의 거리를 묻는 문항의 오답 사례에 대한 오류 유형을 분석해보면, 위치와 속도를 혼동하는 오류를 나타내며, 그래프를 운동 경로로 보는 오류유형을 나타낸다.

<표 IV-3> 문항 3의 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

오답 사례(%)	오류 유형
① 중학생(10%), 고등학생(13%)	B3 위치와 속도의 혼동
③ 중학생(33.33%), 고등학생(20%)	C1 그래프를 운동 경로로 봄

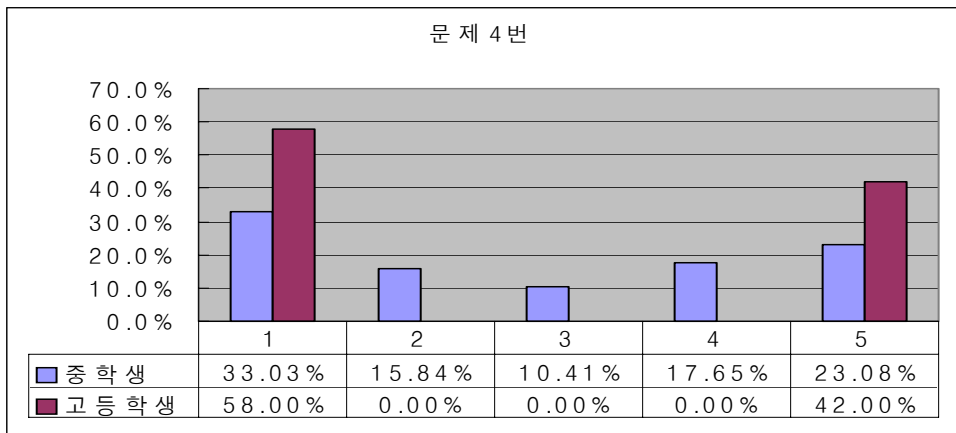
B: 물리 개념의 오류

C: 그래프와 그림의 혼동



<그림 IV-7> 문항 4 거리와 시간의 그래프

문항 4는 그래프와 그림 사이의 이해를 묻는 문항이다. <그림 IV-8>에 의하면 정답율은 중학생이 33.03%이고, 고등학생은 58%이다. ①, ⑤ 두개의 답을 고른 학생의 비율은 중학생은 9.95%이고, 고등학생은 16%이다. 고등학생이 중학생보다 그래프와 그림 사이의 이해를 더 잘하는 것 같지만 오류도 또한 많이 나오고 있다.



<그림 IV-8> 문항 4의 정답율

물체가 정지했을 때의 그래프를 그리는 문항으로 그래프 안에서의 점은 그래프로 인식을 하지않는데 그래프라고 보는 오류 경향이 있다.

<표 IV-4> 문항 4의 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

오답 사례	오류 유형
⑤ 중학생(9.95%), 고등학생은 (16%)	B3 그래프를 운동경로로 봄
	F 기타

B: 그래프와 그림의 혼동

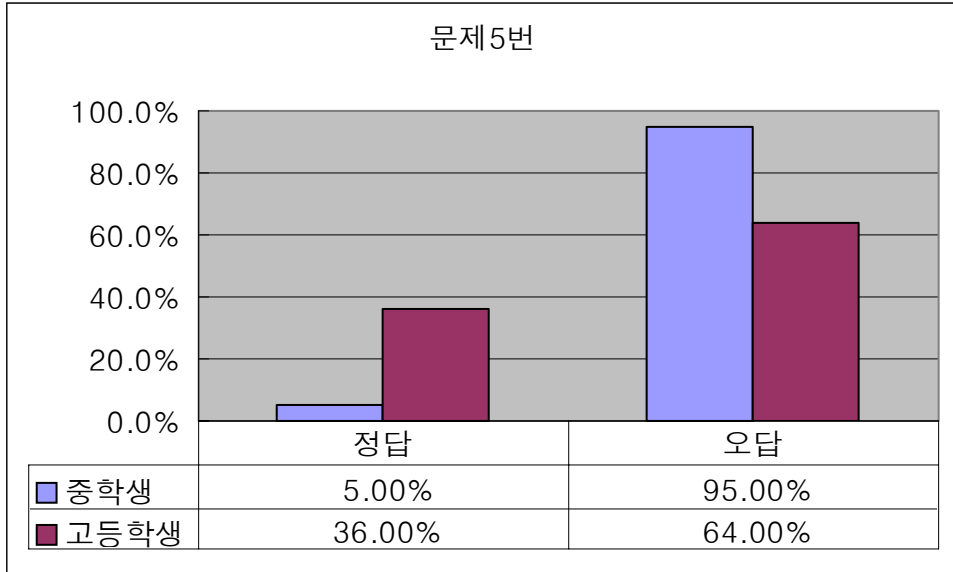
F: 기타

5. 탁구공을 키가 2m인 사람의 가슴 높이에서 떨어뜨릴 경우에 탁구공이 지면에 멈출 때까지의 **높이와 시간과의 그래프**를 그리시오.



<그림 IV-9> 문항 5 높이와 시간의 그래프

이 문항은 서술적 표현을 그래프로 표현할 수 있는 가를 묻는 문제로 자유 낙하 운동을 나타낸다. 정답율은 중학생이 5%이고, 고등학생은 36%이다. 오답율은 중학생이 95%, 고등학생이 64%로 나타났다. 고등학생이 중학생보다 서술적 표현을 잘 나타내고 있다.



<그림 IV-10> 문항 5의 정답율

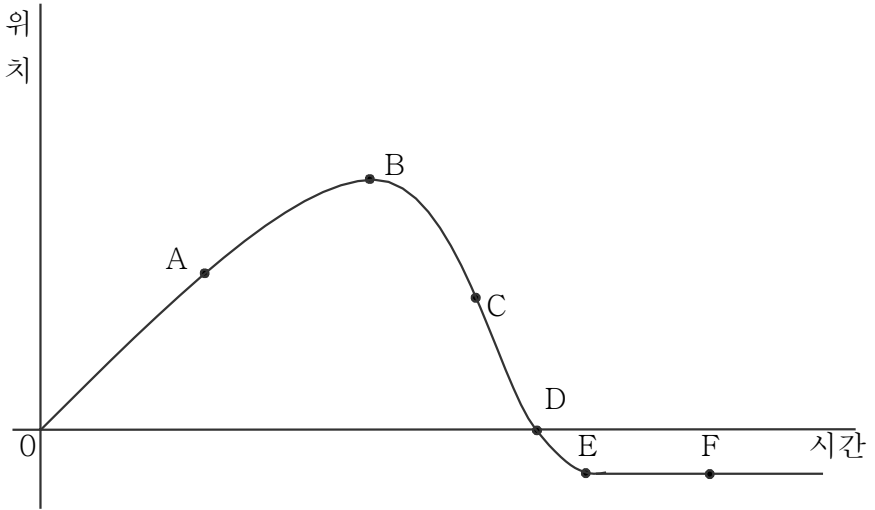
물체가 자유 낙하 운동을 할 때의 그래프를 그리는 문항으로 위치와 속도를 혼동하는 오류 유형을 나타냈고, 위치-시간 그래프 기울기 의미를 혼동하는 오류 유형이 나타났으며, 그래프를 운동 경로로 보는 오류 유형이 나타났다.

<표 IV-5> 문항 5의 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

오답 사례(%)	오류 유형
중학생(95%), 고등학생(64%)	A2 위치-시간 그래프 기울기 의미
	C1 그래프를 운동 경로로 봄
	F 기타

- A: 그래프 도식의 오류
- C: 그래프와 그림의 혼동
- F: 기타

(6~9) 다음은 일직선상에 운동하는 자동차의 위치와 시간의 그래프이다. 물음에 답하시오.



6. 다음 중에서 물체의 운동이 가장 느린 곳은? (⑥)

- ① A ② B ③ C
 ④ D ⑤ E ⑥ F



7. 다음 중에서 물체의 속도가 증가하는 구간은? (①)

- ① A~B ② B~C ③ C~D
 ④ D~E ⑤ E~F

8. 다음 중에서 물체의 속도가 감소하는 구간은? (④)

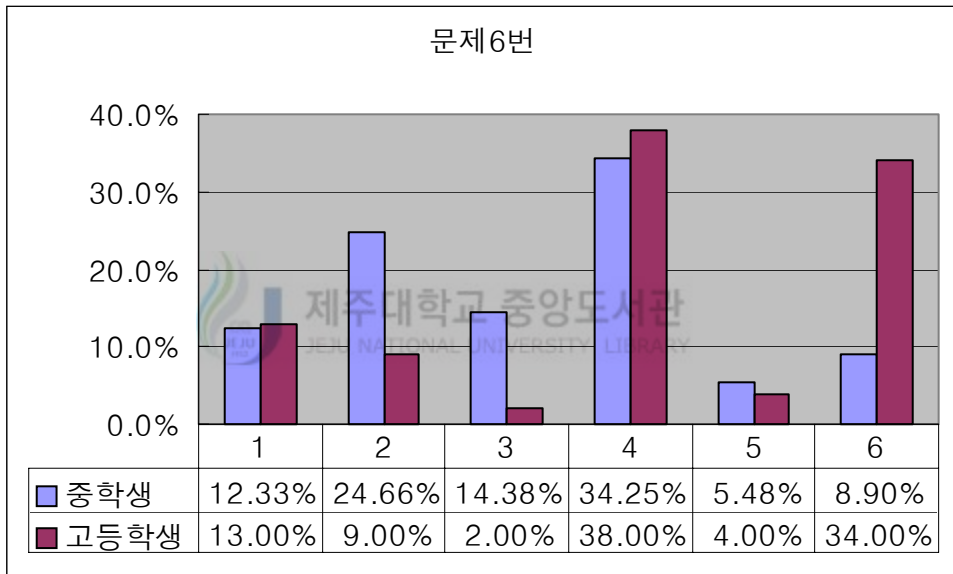
- ① A~B ② B~C ③ C~D
 ④ D~E ⑤ E~F

9. 다음 중에서 물체의 방향이 바뀌는 곳은? (②)

- ① A ② B ③ C
 ④ D ⑤ E ⑥ F

<그림 IV-11> 위치-시간의 그래프

속력과 속도를 구분하고, 직선의 기울기는 속도, 접선의 기울기는 순간 속도라는 그래프 도식을 이용하여 풀 수 있는 문항이다. <그림 IV-12>에 의하면, 정답율이 중학생은 8.9%이고, 고등학생은 34%이다. A, B를 선택한 비율은 중학생이 36.99%이고, 고등학생은 22%이다. C, D, E를 선택한 비율은 중학생이 54.11%이고, 고등학생은 44%로 나타났다. 서술적 표현을 잘 이해하지 못한 상태에서 그래프를 보는 경향이 있다. 위치가 0일 때 운동이 가장 느리다고 답한 학생들은 위치가 0이므로 물체가 움직이고 있지 않다고 생각하여 답을 택한 경우이다. 고등학생이 중학생보다 그래프 도식을 잘 알고 있다고 할 수 있다.



<그림 IV-12> 문항 6의 정답율

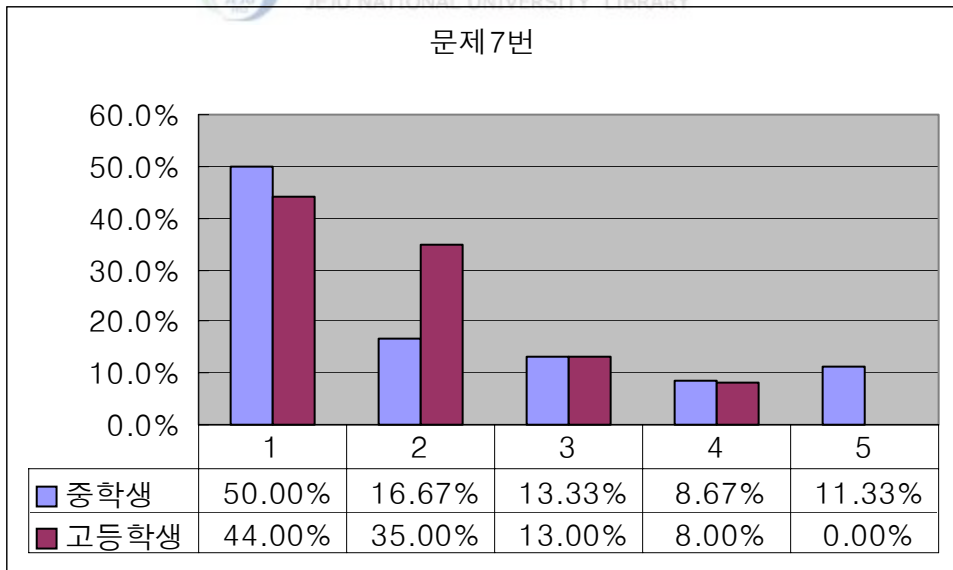
위치와 속도를 혼동하는 오류 유형이 나타났고, 속력과 속도의 의미를 혼동하는 오류 유형이 나타났으며, 그래프를 운동 경로로 보는 오류 유형이 나타났고, 직선의 기울기가 일정하다고 하여 기울기 계산을 못하는 것으로 나타났다.

<표 IV-6> 문항 6의 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

오답 사례(%)	오류 유형
①, ②, ③, ④, ⑤ 중학생(91.1%), 고등학생(66%)	B3 위치와 속도의 혼동
	A1b 접선 기울기의 계산 오류
	C1 그래프를 운동경로로 봄
	F 기타

- A: 그래프 도식의 오류
- B: 물리개념의 오류
- C: 그래프와 그림의 혼동
- F: 기타

문항 7은 직선의 기울기는 속도, 접선의 기울기는 순간 속도라는 그래프 도식을 이용하여 풀 수 있는 문항이다. <그림 IV-13>에 의하면, 정답율은 중학생이 50%, 고등학생이 44%로 중학생이 고등학생보다 정답율이 더 높았다. B~C, C~D, D~E 구간을 선택한 비율은 중학생이 50%, 고등학생이 66%이다. <그림 IV-13>을 보면은 고등학생이 중학생보다 그래프를 운동경로로 보는 경우가 더 많음을 보여주고 있다. 중학생이 고등학생보다 조금 더 기울기를 잘 알고 있는 것을 알 수 있다.



<그림 IV-13> 문항 7의 정답율

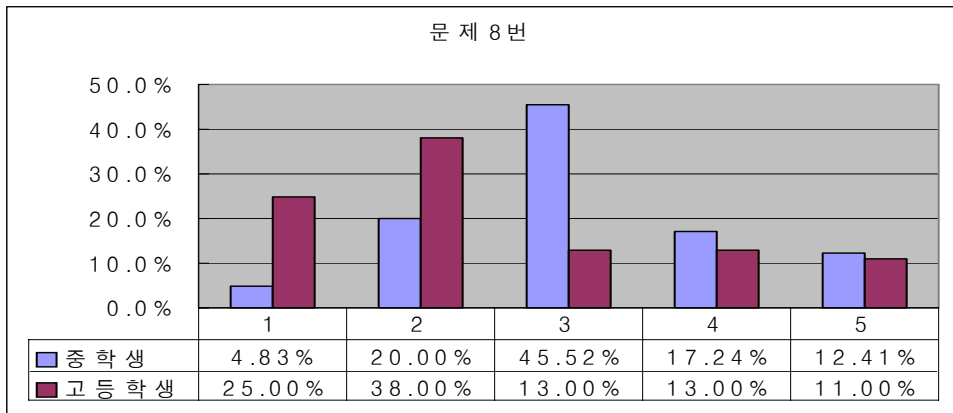
위치와 속도를 혼동하는 오류 유형을 나타내고, 기울기가 증가하고 있다고 하여 기울기 계산을 못하는 오류를 나타냈으며, 그래프를 운동경로로 보는 오류 유형이 나타났다.

<표 IV-7> 문항 7의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

오답 사례(%)	오류 유형
③, ②, ④, ⑤ 중학생(50%), 고등학생(66%)	B3 위치와 속도의 혼동
	A1b 접선 기울기의 계산 오류
	C1 그래프를 운동경로로 봄
	F 기타

- A: 그래프 도식의 오류
- B: 물리 개념의 오류
- C: 그래프와 그림의 혼동
- F: 기타

문항 8은 직선의 기울기는 속도, 접선의 기울기는 순간 속도라는 그래프 도식을 이용하여 풀 수 있는 문항이다. <그림 IV-14>에 의하면, 정답율이 중학생은 17.24%이고, 고등학생은 13%이다. A~B 구간을 선택한 비율은 중학생이 4.83%이고, 고등학생이 25%이다. B~C, C~D 구간을 선택한 비율은 중학생이 65.52%이고, 고등학생은 41%이다. E~F 구간을 선택한 비율은 중학생이 12.41%이고, 고등학생은 11%이다.



<그림 IV-14> 문항 8의 정답율

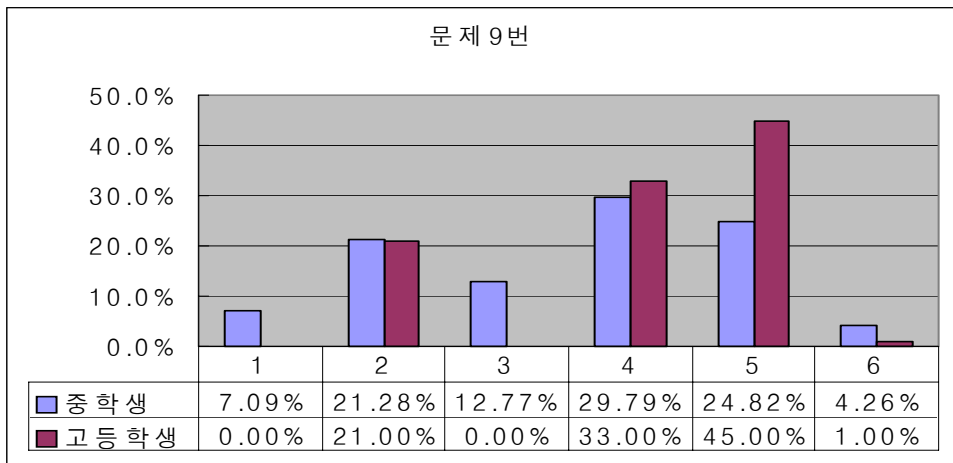
위치와 속도를 혼동하는 오류 유형을 나타내고, 기울기가 증가하고 있다고 하여 기울기 계산을 못하는 오류를 나타냈으며, 그래프를 운동경로로 보는 오류 유형이 나타났다.

<표 IV-8> 문항 8의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

오답 사례(%)	오류 유형
①, ②, ③, ⑤ 중학생(82.76%), 고등학생(86%)	B3 위치와 속도의 혼동
	A1b 접선 기울기의 계산 오류
	C1 그래프를 운동경로로 봄
	F 기타

- A: 그래프 도식의 오류
- B: 물리 개념의 오류
- C: 그래프와 그림의 혼동
- F: 기타

문항 9는 속도의 개념을 이용하여 풀 수 있는 문항이다. <그림 IV-15>에 의하면, 정답율은 중학생이 21.48%이고, 고등학생은 21%이다. D, E를 선택한 비율은 고등학생이 79%이고, F를 선택한 비율은 1%이다. 여기에서 보면은 고등학생이 중학생보다 그래프를 그림으로 보는 경향이 더 많다는 것을 알 수 있다



<그림 IV-15> 문항 9의 정답율

그래프의 모양이 단순히 바뀌고 있는 사실에 주목한 경우로 그래프와 그림을 유사한 것으로 보는 오류 유형이다.

<표 IV-9> 문항 9의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

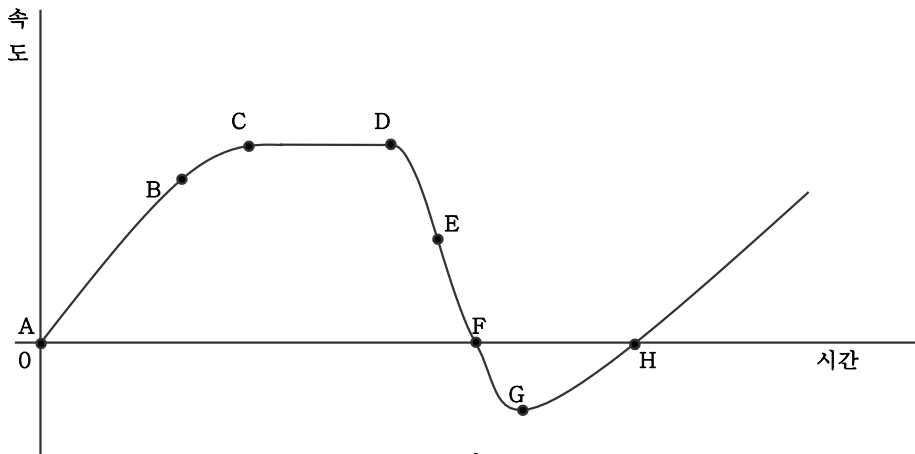
오답 사례(%)	오류 유형
④, ⑤ 고등학생(79%)	C2 그래프와 문항의 문장 의미 유사
①, ③, ④, ⑤ 중학생(78.72%)	F 기타

C: 그래프와 그림의 혼동

F: 기타



(10~13) 다음은 정지하고 있는 어떤 물체가 출발하여 직선상의 운동을 하고 있는 것을 속도와 시간의 그래프로 나타낸 것이다. 물음에 답하시오.



-----<보기>-----

- ① A~B ② B~C ③ C~D ④ D~E
 ⑤ E~F ⑥ F~G ⑦ 없다.



10. 물체가 등속도 운동을 하는 구간을 위의 보기에서 모두 고르시오.
 (③)

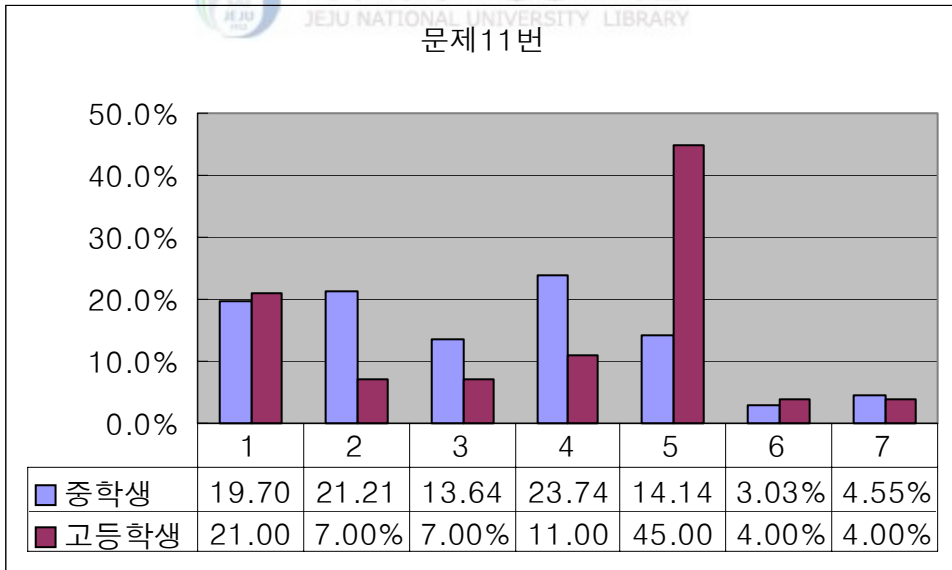
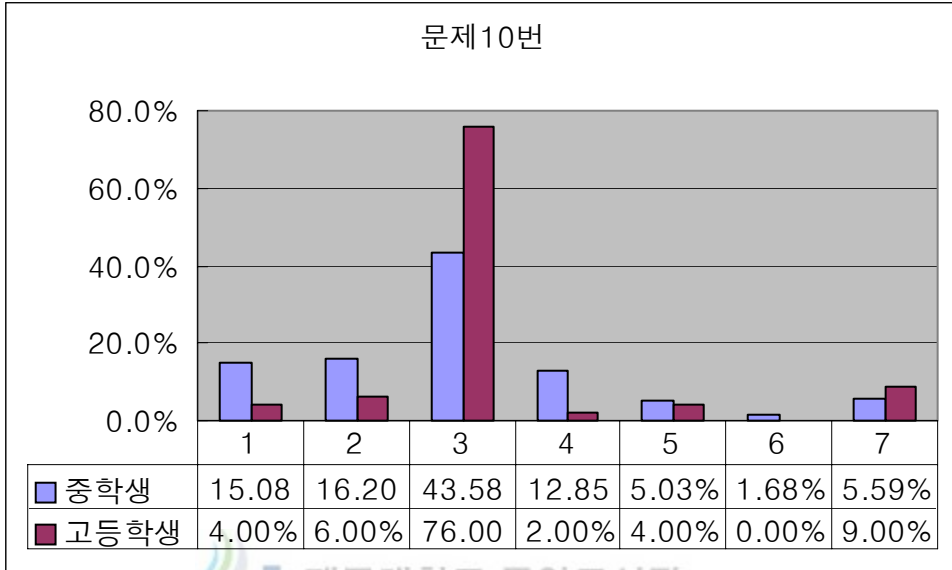
11. 물체가 등가속도 운동을 하는 구간을 위의 보기에서 모두 고르시오.
 (⑤)

12. 물체가 정지하고 있는 곳에서 가장 멀리 이동한 곳을 위의 그래프에서 고르시오.
 (F)

13. 물체의 운동 방향이 바뀌는 곳을 위의 그래프에서 모두 고르시오.
 (F, H)

<그림 IV-16> 속도와 시간의 그래프

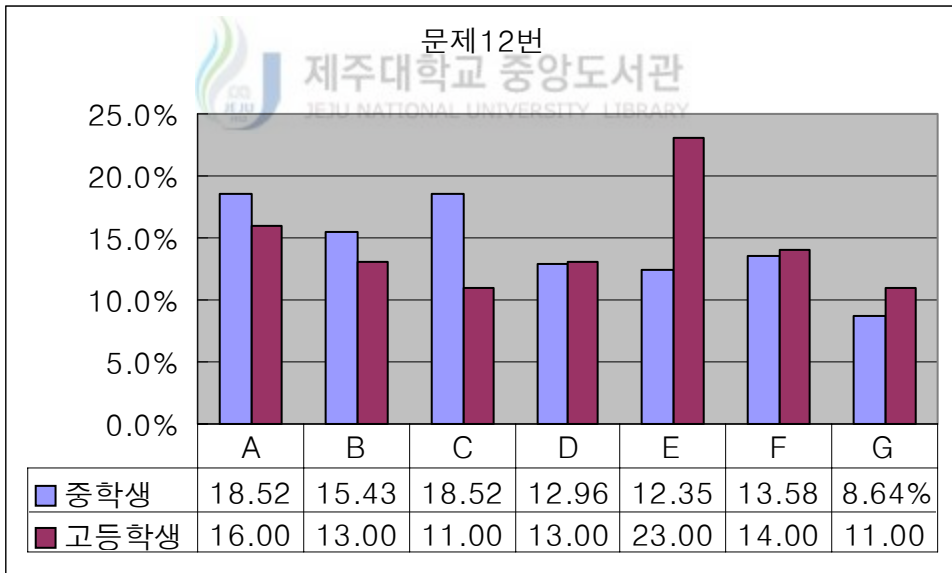
문항 10과 문항 11은 등속도, 등가속도의 개념과 직선의 기울기는 가속도, 접선의 기울기는 순간 가속도라는 그래프 도식을 이용하여 풀 수 있는 문항이다.



<그림 IV-17> 문항 10~11의 정답율

오답사례에서 등속도 운동의 정답 비율은 중학생이 43.58%이고, 고등학생이 76%이다. 등가속도 운동의 정답 비율은 중학생이 14.14%이고, 고등학생이 45%이지만, 고등학생은 등가속도 운동에서 A~B, B~C 구간을 선택한 비율이 10%, A~B, E~F 구간을 선택한 비율이 8%이고, 그 외의 오답 사례는 각각 2% 미만으로 모두 4%이다. 여기서 보편은 문항 11에서 4번을 택한 학생들은 등가속도의 개념을 몰라서 그래프를 운동경로로 본 경우이다. 고등학생이 중학생보다 등속도와 등가속도의 개념을 더 잘 알고 있다고 할 수 있다.

문항 12는 변위 개념과 속도-시간 그래프에서 시간축과 이루는 것이 이동 거리라는 그래프 도식을 이용하여 풀 수 있는 문항이다. <그림 IV-18>에 의하면, 정답율은 중학생이 13.58%이고, 고등학생은 14%이다. 오답 A, B, C, D, E, G를 선택한 비율은 중학생이 85.42%이고, 고등학생은 86%이다. 여기에서 중학생과 고등학생 둘다 변위 개념을 잘 모르고 있다는 것을 알 수 있다.



<그림 IV-18> 문항 12의 정답율

속도가 가장 크므로 위치가 가장 크다고 하여 위치와 속도를 혼동하는 오류 유형을, 가장 먼 곳에 있으므로 가장 멀리 갔다고 하여 그래프와 그

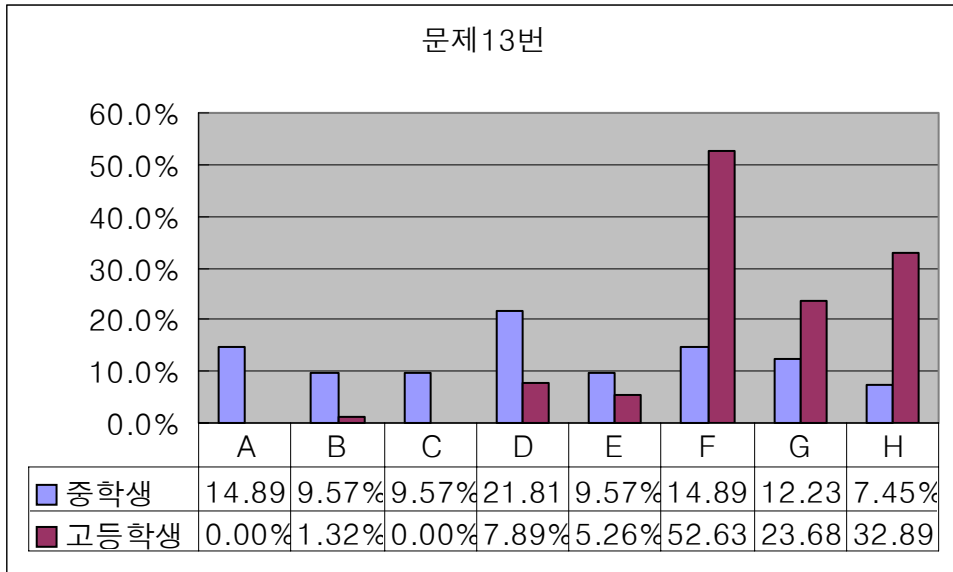
림을 유사한 것으로 생각하는 오류 유형을 나타냈다.

<표 IV-10> 문항 12의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

오답 사례(%)	오류 유형
A, B, C, D, E, G 중학생 (85.42%), 고등학생(86%)	B3 위치와 속도의 혼동
	C2 그래프와 문장의 문장 의미의 유사
	F 기타

- B: 물리개념의 혼동
- C: 그래프와 그림의 혼동
- F: 기타

문항 13은 속도의 개념을 이용하여 풀 수 있는 문항이다. <그림 IV-19>에 의하면, 정답율은 중학생이 9.38%이고, 고등학생은 32.89%이다. 점 F만을 선택한 비율은 중학생이 5.51%이고, 고등학생은 4.74%이다. 점 F와 G를 선택한 비율은 중학생이 12.23%이고, 고등학생은 23.68%이다. 점 D를 선택한 비율은 중학생은 9.57%이고, 고등학생은 7.89%이다. 그 외 오답을 선택한 비율은 중학생은 28.71%이고, 고등학생은 6.58%이다. 고등학생이 중학생보다 속도의 개념을 잘 알고 있다.



<그림 IV-19> 문항 13 정답율

그래프의 모양이 단순히 바뀌고 있는 사실에 주목한 경우로 그래프와 그림을 유사한 것으로 보는 오류 유형이다.

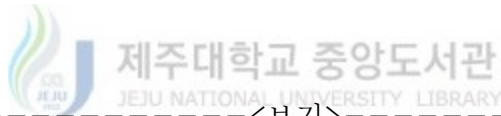
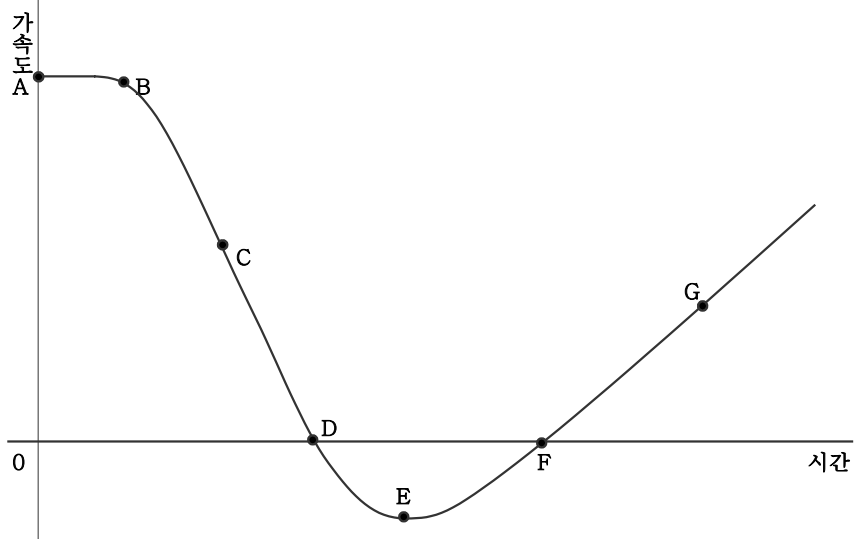
<표 IV-11> 문항 13의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

오답 사례(%)	오류 유형
D, G 중학생(21.8%), 고등학생(31.57%)	C2 그래프와 문항의 문장 의미 유사
중학생이 (68.82%), 고등학생(35.45%)	F 기타

C: 그래프와 그림의 혼동

F: 기타

(14~16) 다음은 정지하고 있는 어떤 물체가 출발하여 직선상의 운동을 하고 있는 것을 가속도와 시간의 그래프로 나타낸 것이다. 물음에 답하시오.



<보기>

- ① A~B ② B~C ③ C~D ④ D~E
 ⑤ E~F ⑥ F~G ⑦ 없다.

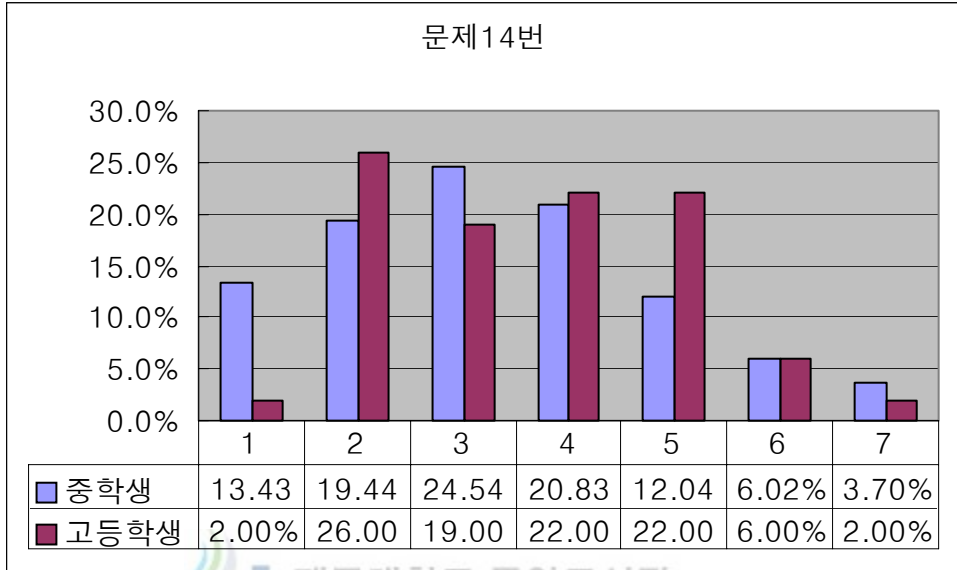
14. 물체의 속도가 감소하고 있는 구간을 위의 <보기>에서 모두 고르면? (④, ⑤)

15. 물체의 속도가 증가하고 있는 구간을 위의 <보기>에서 모두 고르면? (①, ②, ③, ⑥)

16. 물체의 운동 방향이 바뀌는 구간을 위의 <보기>에서 모두 고르시오. (④)

<그림 IV-20> 가속도-시간의 그래프

문항 14는 가속도의 개념을 이용하여 풀 수 있는 문항이다. <그림 IV-21>에 의하면, 정답율이 중학생이 12.04%이고, 고등학생은 22%이다. 오답 사례에서 B~C, C~D 구간을 선택한 비율은 중학생이 43.98%이고, 고등학생은 45%이다.



<그림 IV- 21> 문항 14의 정답율

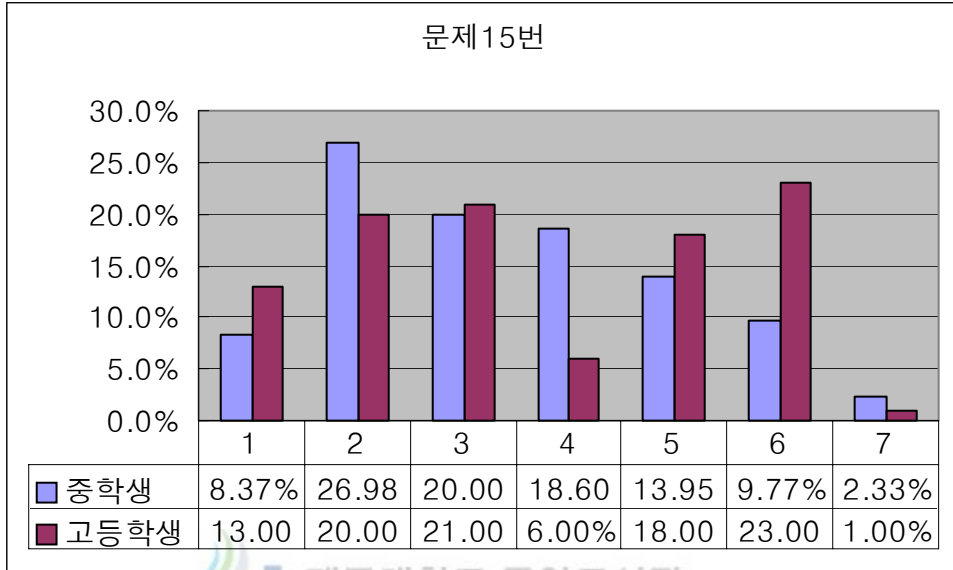
가속도가 감소하므로 속도가 감소하고 있다고 생각하는 오류 유형을 나타내며, 단순히 아래로 내려가고 있다는 사실에 주목하는 경우로 그래프와 그림을 유사한 것으로 생각하는 오류 유형을 보여주고, 기울기가 감소한다고 생각하는 오류 유형을 나타내었다.

<표 IV-12> 문항 14의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

오답 사례(%)	오류 유형
①, ②, ③, ⑥, ⑦ 중학생(87.96%), 고등학생(78%)	B4 속도와 가속도의 혼동 C2 그래프와 문장의 문항 의미의 유사 A2a② 속도-시간 그래프 기울기 의미 F 기타

- A: 그래프 도식의 오류
- B: 물리 개념의 오류
- C: 그래프와 그림의 혼동
- F: 기타

문항 15는 가속도의 개념을 이용하여 풀 수 있는 문항이다. <그림 IV-22>에 의하면, 정답율은 중학생은 3%이고, 고등학생은 13%이다, 그 외에 하나의 답이나 둘이상의 답을 선택한 비율은 64%이다. 고등학생이 중학생보다 가속도의 개념을 잘 안다.



<그림 IV-22> 문항 15의 정답율

그래프가 직선으로 표현된다는 사실에 주목하는 경우로 그래프와 그림을 유사하게 생각하는 오류 유형을 나타내며, 기울기가 일정하므로 속도가 증가한다고 생각하여 그래프 도식의 오류 유형을 나타내었다.

<표 IV-13> 문항 15의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

오답 사례(%)	오류 유형
중학생(97%), 고등학생(87%)	C2 그래프와 문항의 문장 의미의 유사 A2a② 속도-시간 그래프 기울기의 의미 F 기타

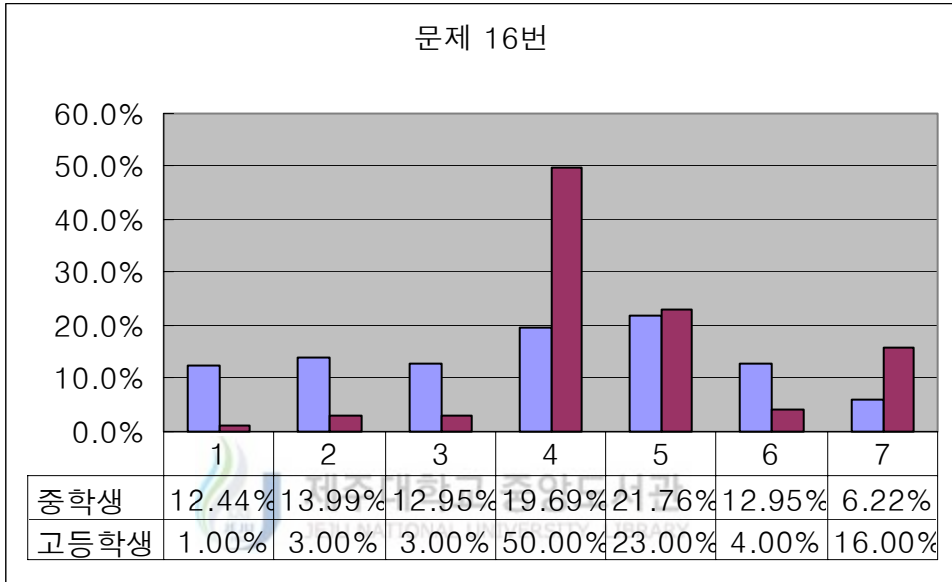
A: 그래프 도식의 오류

C: 그래프와 그림의 혼동

F: 기타

문항 16은 속도 변화량에 대한 개념과 가속도-시간 그래프 도식을 이

용하여 풀 수 있는 문항이다. <그림 IV-23>에 의하면, 정답율이 중학생이 19.69%이고, 고등학생은 50%로 가장 높다. E~F 구간을 선택한 비율은 중학생은 21.76%이고, 고등학생은 23%이다. 없다고 선택한 비율은 중학생이 6.22%이고, 고등학생은 16%이다. 그 외의 오답 비율은 중학생은 52.33%이고, 고등학생은 11%이다. 고등학생이 중학생보다 속도 변화량에 대한 개념을 더 잘 알고 있다.



<그림 IV-23> 문항 16의 정답율

가속도가 (-)이므로 속도가 (-)가 된다고 생각하여 속도와 가속도를 혼동하는 오류 유형을 나타냈고, 단순히 그래프 모양이 바뀐다는 사실에 주목하여 운동방향이 바뀐다고 생각하는 오류 유형을 나타냈다.

<표 IV-14> 문항 16의 각 오답 사례에 대한 오류 유형 분석 결과

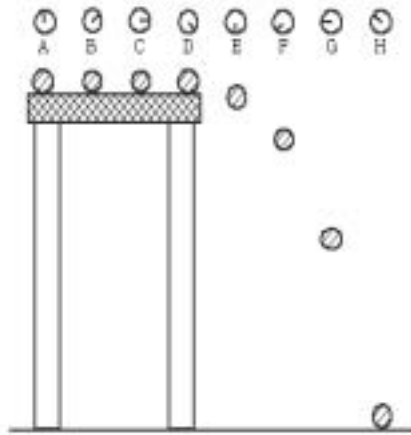
오답 사례(%)	오류 유형
①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦ 중학생 (80.31%), 고등학생(50%)	B4속도와 가속도의 혼동 C2 그래프와 문항의 문장 의미의 유사 F 기타

B: 물리개념의 오류

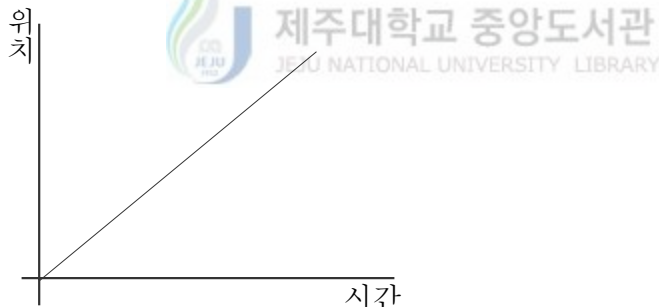
C: 그래프와 그림의 혼동

F: 기타

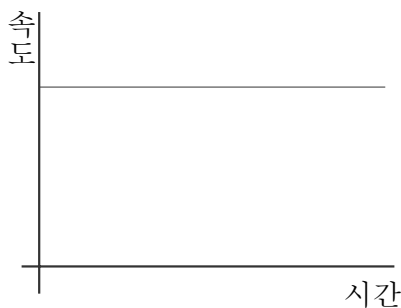
(17~19) 다음은 일정한 시간에 대한 공의 위치를 나타낸 그림이다. 물
음에 답하시오.



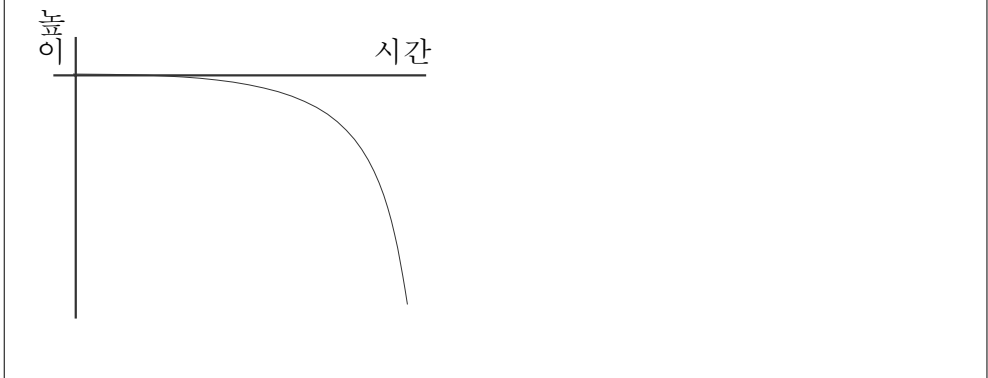
17. 책상 위의 공이 a~d 구간에서 등속 직선 운동을 한다. 이 등속 직선
운동을 시간과 위치의 그래프를 대략적으로 그리시오.



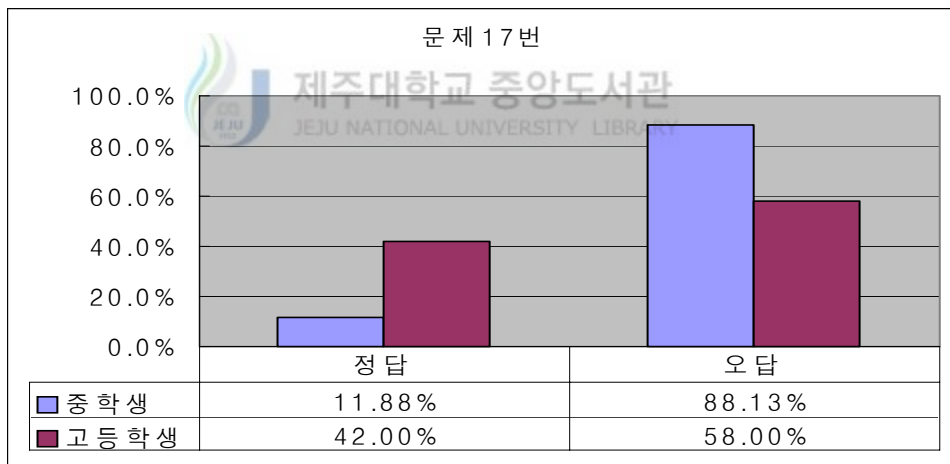
18. 위의 시간과 위치 그래프를 이용하여 속도와 시간의 그래프를 대략
적으로 그리시오.

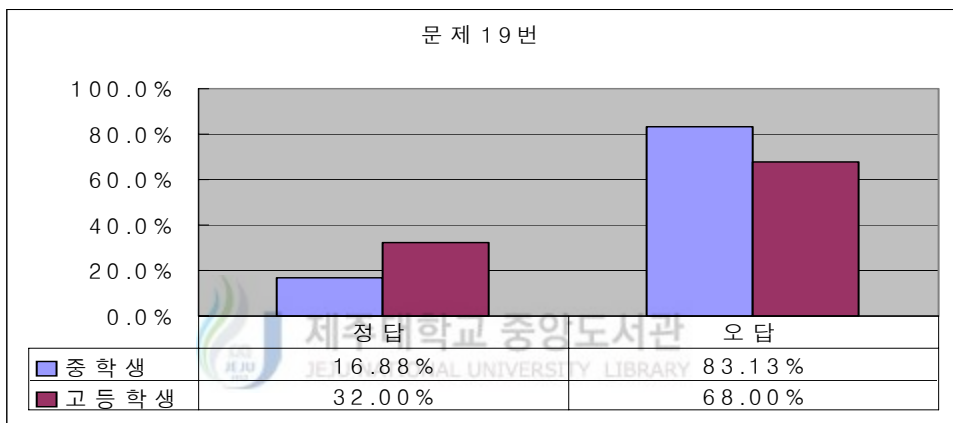
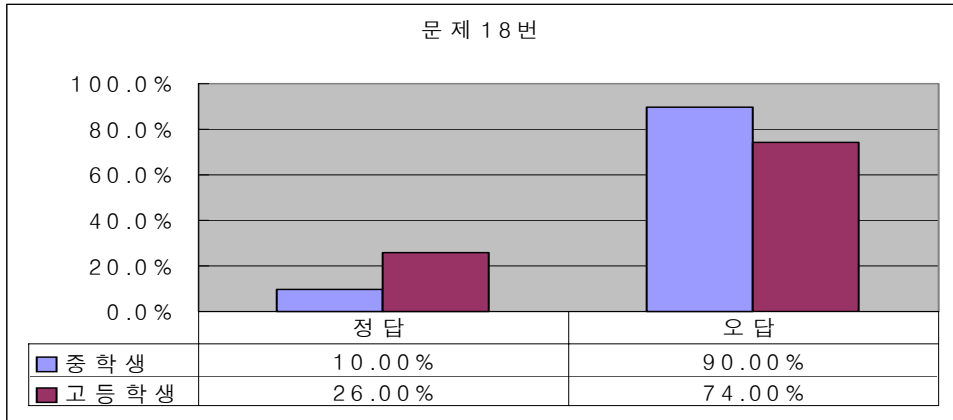


19. 책상 위의 공이 $d \sim h$ 구간에서 포물선 운동을 한다. 이 포물선 운동의 시간과 높이의 그래프를 대략적으로 그리시오. (단, 공기의 저항은 무시한다.)



<그림 IV-24> 탁자위의 자유 낙하 운동





〈그림 IV-25〉 문항 17~19의 정답율과 각 오류 비율

문항 17~19번은 그래프 작성, 해석 능력과 논리 사고력 사이의 관계를 밝히는 문항이다. 거리-시간 그래프에 관한 물체의 운동을 물체의 운동 경로와 비슷한 그래프로 표현하는 오류 유형이 나타나고 있으며, 그리고 18번 문항은 17번 문항의 위치-시간 그래프를 속도-시간 그래프로 전환하는 문제에서 학생들이 그래프의 모양에 집착하여 비슷한 형태의 그래프로 전환하는 오류 유형이 나타나고 있다.

19번 문항은 자유 낙하 운동을 하고 있는 것을 그래프로 그리는 문항으로서 학생들 스스로 떨어지는 공을 생각하여 그래프를 그림으로 보는 오류 유형이 나타나고 있다. 전체적으로 서술적 표현을 그래프로 그리는 것은 다른 문항들에 비해 낮다. 그러나 고등학생이 중학생보다 서술적 표현을 그래프로 그리는 것을 더 잘 할 수 있다.

V. 요약 및 결론

중·고등학교 물리에서 물체의 운동에 관한 학생들의 그래프 그리기와 해석을 설문지 방식을 통하여 조사하였으며 그 조사 대상은 제주 서중학교 2학년 160명과 남주 고등학교 물리Ⅱ영역을 배우는 3학년 50명으로 한정하였다.

설문지를 분석한 결과, 중학교의 평균 신뢰도는 0.2314이고, 평균 변별도는 0.14이다. 고등학교 평균 신뢰도는 -0.045이고, 평균 변별도는 0.27이다. 중·고등학교의 평균 신뢰도는 0.1009이고, 평균 변별도는 0.21이다. 오류 유형은 다음과 같다.

학생들의 그래프의 해석과 이해에 있어서 첫 번째 오류는 위치-시간 그래프의 기울기의 의미(문항5, 문항17, 문항19), 기울기 계산(문항1, 문항6, 문항7, 문항8), 그리고 속도-시간 그래프에서 기울기 의미(문항10, 문항11, 문항14, 문항15, 문항18) 등에서 나타나는 그래프 도식의 오류 유형(중학생 37%, 고등학생 29%)이다.

두 번째 오류 유형은 위치와 속도의 혼동(문항1, 문항2, 문항3, 문항6, 문항7, 문항8, 문항12, 문항18), 이동거리와 위치 그리고 변위 사이의 혼동(문항1, 문항2, 문항17), 속도와 가속도 사이의 혼동(문항10, 문항11, 문항14, 문항16)등에서 나타나는 물리 개념의 오류 유형(중학생 43%, 고등학생 31%)이다.

세 번째 오류 유형은 그래프와 문항의 문장 의미의 유사(문항9, 문항12, 문항13, 문항14, 문항15, 문항16), 그리고 그래프를 운동경로로 본다(문항1번, 문항2, 문항3, 문항4, 문항5, 문항6, 문항7, 문항8, 문항17, 문항19)는 그래프와 그림의 혼동의 오류(중학생 73%, 고등학생 59%)이다.

서술형 문항(그래프 그리기 문항)인 5번과 17번, 18번, 19번은 학생들의 그래프 작성, 해석 능력과 논리 사고력 사이의 관계를 밝히는 문항이다. 이 문항들에서는 그래프 도식의 오류와 물리 개념의 오류, 그리고 그래프와 그림의 혼동 등 다양한 오류가 나타났다(중학생 89%, 고등학생 67%).

유사한 질문내용을 포함하는 개관식 문항들에 대해 학생들이 고른 정답과 오답을 분석해 보면은 같은 내용의 질문임에도 불구하고 문항에 따라 정답과 오답을 고르는 경향이 있음을 알 수 있었다(중학생 83%, 고등학생 56%). 이로부터 학생들의 오류의 대부분은 물리 개념의 불충분한 이

해라기보다도, 그래프를 해석하는 능력이 없다는 것에 기인하고 있을 수 있다. 또한 서술형 문항 물리 개념은 알고 있으나 그래프를 그리는 능력이 부족하여 올바르게 그래프를 그리지 못한 경우도 있다.

이상의 분석에서 알 수 있듯이 물체의 운동에 관한 그래프 그리기와 해석에서 중학생과 고등학생 모두 비슷한 오류 유형을 가지고 있으며, 중학생이 고등학생보다 모든 오류 유형에서 오류가 높게 나타났다.

결국 운동과 관련된 그래프 그리기와 해석을 어렵게 하는 것은 그래프 도식과 물리 개념과의 상호작용의 오류에서 찾을 수 있다. 중·고등학생들의 그래프 그리기와 해석의 오류를 해결하기 위해서는 그래프의 시각정보와 그래프 도식에 물리 개념과 서로 연관되는 학습이 되도록 보다 효과적인 학습 방법을 지속적으로 개발하여 현장학습에 적용할 필요가 있다.



참고 문헌

- 김영식 편저, 관학사개론, 다산 출판사(1986개정판).
문교부, 과학지도서 1 (1984).
한국물리학회. 기초물리학실험, 이우출판사(1987).
김종오 편저 물리학총론 I 부, 교학사(2000).
권재술, 김범기. 초·중학생들의 과학탐구능력 측정도구의 개발. 한국과학
교육학회지.(1994).
김창식 외 4명. 과학 학습 평가. 교육과학사(1991).
이연우. 과학 탐구 능력 측정을 위한 표준화 검사지 개발 - 중학교 2학년
의 자료 분석과 해석 능력을 중심으로-. 한국교원대학교 대학원 석사학위
논문(1989).
권숙일, 이민일, 김종권. 물리Ⅱ. 동아출판사(1996).
고혁민. 초·중학생들을 위한 과학 탐구 능력 측정 도구의 개발 과정 및
타당성 분석. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문(1994).
권재술. 과학개념 형성의 한 인지적 모형. 물리교육.7(1).(1989)
김범기, 윤성현, 김종복, 박학규, 문충식, 박영도. 물리Ⅱ. 한샘출판(1996)
김용운, 김용국. 수학사의 이해. 우성 출판(1997)
문충식. 힘과 운동의 선 그래프 해석과 이해에 관한 지각·인지 과정 모
형과 학생들의 오류 유형. 한국교원대학교 대학원 박사학위 논문 (1999)
문충식, 김범기. 선 그래프 해석과 이해의 지각·인지 과정에 관한 모형
- glarkh 운동 관련 선 그래프를 중심으로 -. 물리교육, 16(2),
72-82.(1998)
문충식, 김범기. 힘과 운동 관련 선 그래프 해석과 이해에 관한 오류 유형
검사 도구 개발. 물리교육(1999)
박세희. 수학의 세계. 교학사(1993)
이영직. 인지갈등에 의한 고등학생의 물리 개념 변화. 한국교원대학교 박
사학위 논문(1998).
한은아. 고등학교 수학에서 관계와 함수에 관한 연구. 성신여자대학교 교
육대학원 석사학위 논문(1996).
서정아. 힘과 운동에 대한 중고등학생의 연역추론 과제 수행의 분석 서울
대학교 대학원 석사학위 논문(2002).

- 오건수. 힘과 운동 단위 그림자료에 대한 중학생들의 선호도 조사. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문(1999)
- Bliss, J. Monk M, and Ogborn, J. Qualitative Data Analysis for Education Research, CROOM HELM, London and Canberra.
- Cleveland, W.S. & McGill, R. (1984). Graphical perception: Theory, experimentation, and application to development of graphical methods. Journal of the American Statistical Association. 79(387), 531-554.
- Dibble, E. & Shaklee, H. (1992). Graph interpretation: A translation problem? Paper Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA (ERIC Document Reproduction Service NO. ED 346 150).
- Brasell, H.M. (1990). Graphs, graphing, and graphers. in M.B. Rowe (Ed.), The process of knowing: What research says to the science teacher, 6, (pp.69-85). Washington: National Science Teachers Association.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. American Association of Physics Teachers, 62(8), 750-761.
- D. E. Trowbridge and L. C. McDermott. Am. J. Phys. 48. 1020(1980); Am. J. Phys. 49, 242(1981)
- M. L. Rosenquist, Ph.D. thesis. University of Washing. Seattle. WA. 1982
- M. L. McDermott, M. L. Rosenquist. and E. H. van Zee. New Direct. Teach. Learn. 16, 59(1983)
- Lillian C. McDermott, Mark L. Rosenquist, and Emoly H. van Zee. student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics
- Beichner, R.J. (1990). The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab. Journal of Research in Science Teaching, 27(8), 803-815.
- Beichner, R.J. (1994). testing student interpretation of kinematics graphs. American Association of Physics Teachers, 62(8), 750-761.

- Adams, D.D & Shrum, J.W.(1988). The effects of microcomputer-based laboratory exercises on the acquisition of line graph construction and interpretation skills by high school biology students. Paper Presented at the Annual Meeting of the national Association for Research in Science Teaching, 61st, Lake of the Ozarks, MO(ERIC Document Reproduction Service NO. ED 292 652).
- Adie, G. (1998). The impact of the graphics calculator on physics teaching. *physics Education*, 33(1), 50-54.
- Attali, Y. & Goldschmidt, c. (1996). The effects of component variables on performance in graph comprehension tests. *Journal of Educational Measurement*, 33(1), 93-105.
- Aubrecht, G. & Aubrecht, J. (1983). Constructing objective tests. *American Journal of physics*, 51, 613-620.
- Bartlett, F.C (1977). Remembering: A study experimental and social psychology (pp.197-214). Cambridge University Press.
- Bedecker, R.R. (1989). Vertical and Horizontal Harmonic Oscillators; An aid to understanding. *The Physics Teacher*, 27,
- Berg, C.A. (1989). An investigation of the relationship between logical thinking structures and the ability to construct and interpret graphs. *Dissertation Abstracts International*, 50, 12A.
- Berg, C.A. & Smith, P. (1994). Assessing students' abilities to construct and interpret line graphs: Disparities between multiple-choice and free-response instruments. *Science Education*, 78(6), 527-554.
- Berg, C.A. & Phillips, D.G. (1994). An investigation of the relationship and thinking structures and the ability to construction and interpret line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 323-344.
- Bertin, J. (1983). *Semiology of graphics: Diagrams net works maps* (W. Berg, Trans.). Madison, WI: The University of Wisconsin Press.
- Bliss, J., Monk, M., & Ogborn, J. (1983). *Qualitative data analysis for educational research* Croom Helm, London & Canberra.
- Bourque, D.R. & Carlon, G.R. (1987). Hands-on versus computer simulation methods in chemistry. *Journal of chemical Education*. 64(3),

232-234.

Braseel, H.M. (1987). Hands-on versus computer simulation methods in chemistry. Journal of the National Association for Research in Science Teaching, Washington, Washington, DC, April 23-24, ED 287 447.

Brasell, H.M. (1987). The role of microcomputer-based laboratories in learning to make graphs of distance and velocity. Paper Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Washington, DC, April 20-24, ED 287 447



<ABSTRACT>

Research of drawing and analysis a graph about motion of object in middle and high school.

Chul-Woo Kwon

Physics Education Major

Graduate School of Education, Cheju National University

Jeju, Korea

Supervised by Professor **Young-Bong Kang**

We conducted surveys to research the ways students drew and interpreted graphs on the motion of bodies in their physics classes. By analyzing the surveys we found that types of errors made by students in drawing and interpreting graphs were errors made in drawing graphs (middle school students 37%, high school students 29%), errors in the concepts of physics (middle school students 43%, high school students 31%), and errors due to confusion of graphs and diagrams (middle school students 73%, high school students 59%). The most common type of error was that made by confusing graphs and diagrams.

Also we found that the same three types of errors could be found in essay questions as well, and there were also cases where students understood the concepts of physics that were involved, but could not draw the graphs due to their lack of graph drawing skills.

As a result of analyzing the multiple choice questions we found that the reason why students answered questions incorrectly was usually because they lacked the ability to interpret graphs, rather than because they lacked understanding of the subject of physics itself.

Both middle school and high school students committed the same types of errors, and middle school students committed more errors than

high school students regardless of type of error.

In conclusion we can see that the thing that makes drawing motion related graphs difficult are the errors made in the process of making interactions between drawing graphs and understanding the concept of physics that are involved. That is to say that in order to solve the errors that middle and high school students make in drawing and interpreting graphs, more effective education methods where the drawing of graphs and the graphic information connect with the concepts of physics need be developed and applied to the scene of education.



부 록

[부록1] SPSS의 설문지 신뢰도

중학생

Item-total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item- Total Correlation	Alpha if Item Deleted
문제1번	191.3000	81419.2805	-.0947	.2325
문제2번	190.0375	81251.0300	.1910	.2308
문제3번	190.4750	81364.7541	.0161	.2320
문제4번	189.8688	80964.6053	.1500	.2282
문제5번	191.4000	81370.5182	.0564	.2320
문제6번	190.2688	81260.4745	.1361	.2309
문제7번	191.2500	81531.8113	-.1992	.2337
문제8번	190.4688	81407.1311	-.0487	.2324
문제9번	189.8563	81448.1113	-.0965	.2329
문제10번	181.1250	75382.0094	.1455	.1976
문제11번	161.0188	44401.2890	.0666	.3057
문제12번	189.8688	81491.5361	-.1095	.2333
문제13번	166.3625	80162.5470	.0548	.2263
문제14번	167.4750	69031.5591	.2569	.1442
문제15번	151.5313	47862.4770	.1847	.1317
문제16번	173.9313	72395.1713	.1852	.1775
문제17번	191.5125	81394.3898	-.0960	.2323
문제18번	191.4375	81395.2414	-.1423	.2323
문제19번	191.5625	81389.2162	-.0617	.2322

R E L I A B I L I T Y A N A L Y S I S - S C A L E (A L P H A)

Reliability Coefficients

N of Cases = 160.0

N of Items = 19

Alpha = .2314



고등학생

Item-total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item- Total Correlation	Alpha if Item Deleted
문제1번	424.9400	242299.2820	.1152	-.0459
문제2번	422.6800	242158.9159	.1927	-.0465
문제3번	424.6000	242448.5714	-.1383	-.0452
문제4번	423.7200	241959.8384	.1707	-.0474
문제5번	424.9800	242275.2445	.1921	-.0460
문제6번	422.5800	241947.4322	.2330	-.0475
문제7번	424.7600	242487.6963	-.1352	-.0450
문제8번	424.1800	242714.1914	-.2493	-.0440
문제9번	423.3000	242645.6429	-.2517	-.0443
문제10번	423.4400	242380.0882	-.0151	-.0455
문제11번	423.3000	241855.0306	-.2718	-.0479
문제12번	422.0000	242157.5510	.1033	-.0465
문제13번	368.2800	243858.2465	-.0966	-.0371
문제14번	353.9600	217984.0800	-.0531	-.0067
문제15번	175.9200	34287.8302	-.0627	.0131
문제16번	422.0600	242043.8127	.2181	-.0470
문제17번	425.1200	242491.3731	-.2563	-.0450
문제18번	425.0400	242479.5902	-.2387	-.0451
문제19번	425.0200	242524.4282	-.3353	-.0449

R E L I A B I L I T Y A N A L Y S I S - S C A L E (A L P H A)

Reliability Coefficients

N of Cases = 50.0

N of Items = 19

Alpha = -.0455



중 · 고등학생

Item-total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item- Total Correlation	Alpha if Item Deleted
문제1번	246.9286	128697.8944	-.0869	.1016
문제2번	245.4286	128452.2078	.2380	.0998
문제3번	246.2190	128732.7652	-.1132	.1019
문제4번	245.5476	128290.4116	.1149	.0987
문제5번	247.0143	128650.0524	-.0019	.1012
문제6번	245.5810	128381.7374	.2320	.0993
문제7번	246.8476	128816.6082	-.1810	.1025
문제8번	246.1143	128791.9964	-.1592	.1023
문제9번	245.4381	128784.3239	-.1458	.1023
문제10번	238.8190	124876.4838	.0707	.0868
문제11번	223.4667	103020.7094	-.0116	.1145
문제12번	245.1381	128591.5454	.0380	.1008
문제13번	214.4381	125588.8406	.1319	.0835
문제14번	211.8762	109962.0229	.1064	.0465
문제15번	157.3381	44559.3158	.0719	.0939
문제16번	233.0095	123045.0812	.0870	.0794
문제17번	247.1333	128721.2262	-.2428	.1018
문제18번	247.0571	128718.6857	-.2783	.1018
문제19번	247.1476	128712.2700	-.2076	.1017

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (ALPHA)

Reliability Coefficients

N of Cases = 210.0

N of Items = 19

Alpha = .1009



[부록2] 물체의 운동에 관한 그래프 그리기와 해석에 대한
설문지

중·고등학교에서 물체의 운동에 관한 그래프 그리기와 해석에 대한 연구

본 설문지는 물체의 운동에 관한 그래프 그리기와 해석에 대한 문
항입니다. 각 문항의 물음에 맞는 답을 써 주십시오.

이 설문지는 여러분들이 과학을 좀 더 쉽게 배울 수 있도록 하기
위한 연구에 쓰일 것입니다.

여러분들이 성심 성의껏 답한 결과는 공개되지 않으며, 성적에는
전혀 무관하고 단지 연구를 목적으로 한 것이므로 부담없이 자신의
생각대로 응답해 주시기 바랍니다.



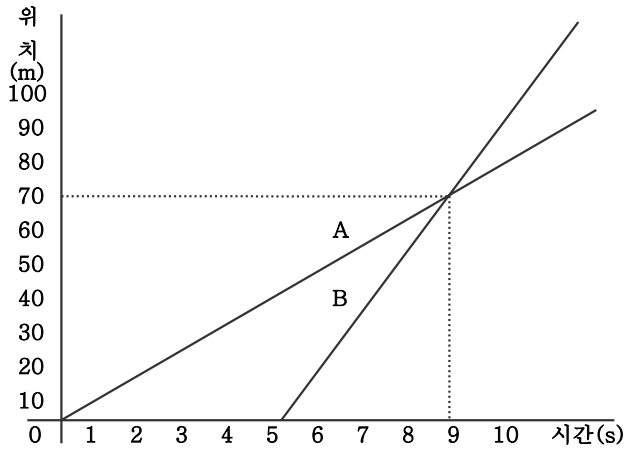
()중·고등학교

()학년 ()반

성별() 이름()

제주대학교 교육대학원 물리교육 권철우

(1~2) 다음 그래프를 보고 물음에 답하시오.



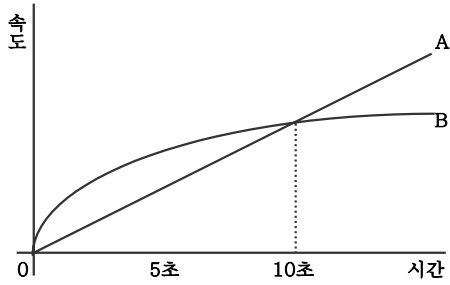
1. 물체A와 물체B운동에서 7초일 때 어느 쪽 속도가 더 큰가? ()

- ① 물체A가 물체B보다 더 크다.
- ② 물체B가 물체A보다 더 크다.
- ③ 물체A와 물체B의 속도는 같다.
- ④ 물체A와 물체B의 속도를 알지 못한다.

2. 물체A와 물체B는 어느 때에 같은 속도를 가질 것인가? ()

- ① $t=3$ 일 때 물체의 속도는 같다.
- ② $t=5$ 일 때 물체의 속도는 같다.
- ③ $t=7$ 일 때 물체의 속도는 같다.
- ④ $t=9$ 일 때 물체의 속도는 같다.
- ⑤ 물체A와 물체B의 속도가 같을 때가 없다.

3. 다음 그래프를 보고 물음에 답하시오.

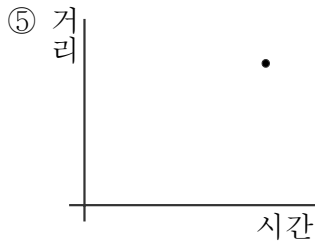
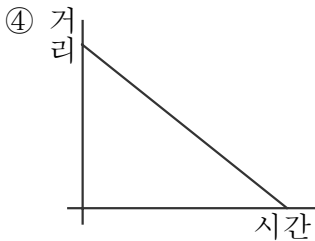
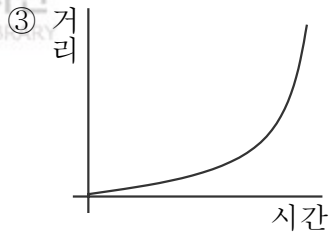
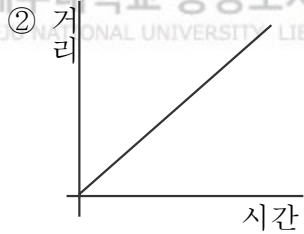


물체 A와 B운동에서 10초간 움직인 거리가 더 큰 것은? ()

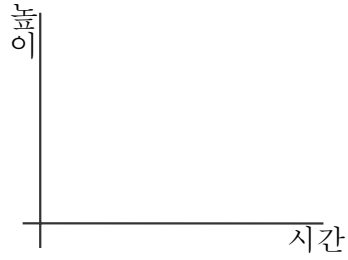
- ① 물체A가 물체B보다 더 크다.
- ② 물체B가 물체A보다 더 크다.
- ③ 물체A와 물체B의 움직인 거리는 똑 같다.
- ④ 물체A와 물체B의 움직인 거리를 알지 못한다.

4. 어떤 물체가 정지해 있습니다.

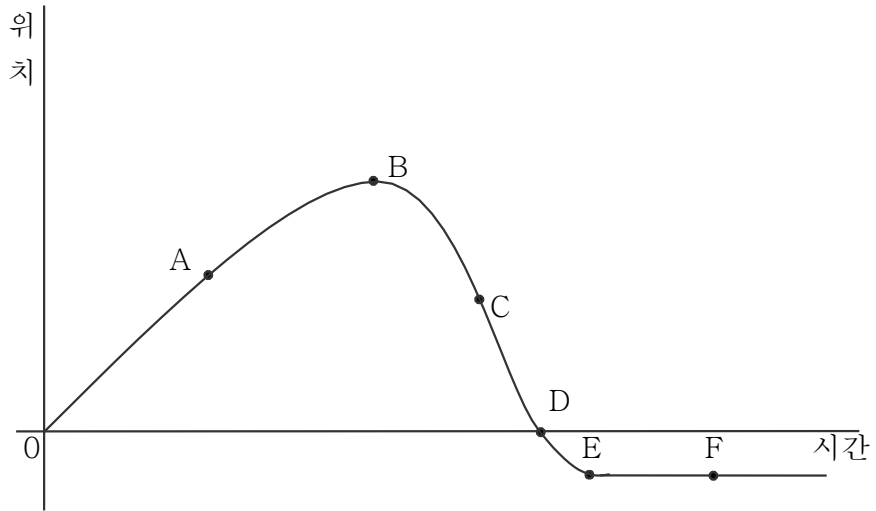
이 물체가 정지해 있는 그래프를 모두 고르시오. ()



5. 탁구공을 키가 2m인 사람의 가슴 높이에서 떨어뜨릴 경우에 탁구공이 지면에 멈출 때까지의 **높이와 시간과의 그래프**를 그리시오.



(6~9) 다음은 일직선상에 운동하는 자동차의 위치와 시간의 그래프이다.
물음에 답하시오.



6. 다음 중에서 물체의 운동이 가장 느린 곳은? ()

- ① A ② B ③ C
④ D ⑤ E ⑥ F



7. 다음 중에서 물체의 속도가 증가하는 구간은? ()

- ① A~B ② B~C ③ C~D
④ D~E ⑤ E~F

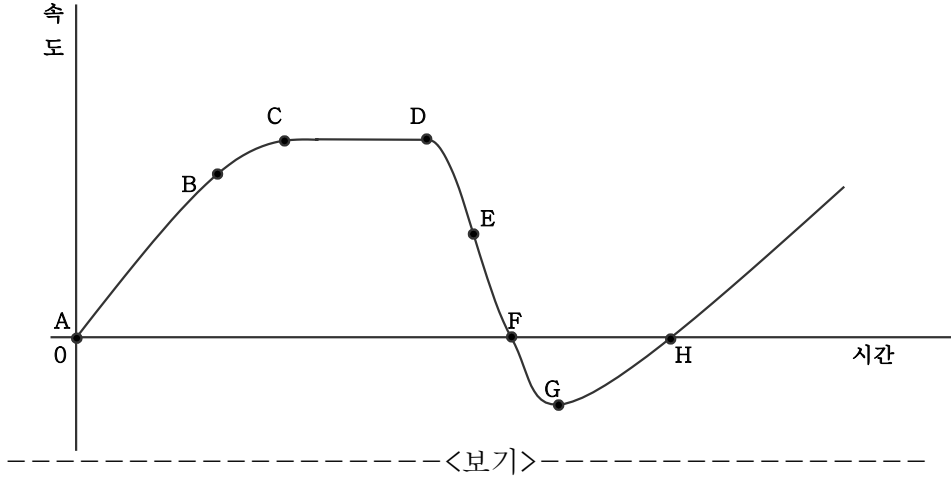
8. 다음 중에서 물체의 속도가 감소하는 구간은? ()

- ① A~B ② B~C ③ C~D
④ D~E ⑤ E~F

9. 다음 중에서 물체의 방향이 바뀌는 곳은? ()

- ① A ② B ③ C
④ D ⑤ E ⑥ F

(10~13) 다음은 정지하고 있는 어떤 물체가 출발하여 직선상의 운동을 하고 있는 것을 속도와 시간의 그래프로 나타낸 것이다. 물음에 답하시오.

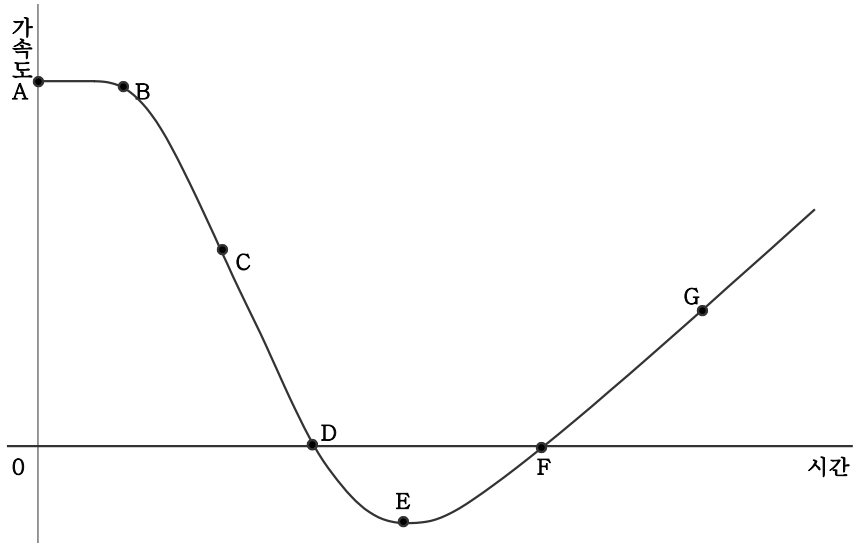


- <보기>-----
- ① A~B ② B~C ③ C~D ④ D~E
 ⑤ E~F ⑥ F~G ⑦ 없다.



10. 물체가 등속도 운동을 하는 구간을 위의 보기에서 모두 고르시오.
 ()
11. 물체가 등가속도 운동을 하는 구간을 위의 보기에서 모두 고르시오.
 ()
12. 물체가 정지하고 있는 곳에서 가장 멀리 이동한 곳을 위의 그래프에서 고르시오.
 ()
13. 물체의 운동 방향이 바뀌는 곳을 위의 그래프에서 모두 고르시오.
 ()

(14~16) 다음은 정지하고 있는 어떤 물체가 출발하여 직선상의 운동을 하고 있는 것을 가속도와 시간의 그래프로 나타낸 것이다. 물음에 답하시오.



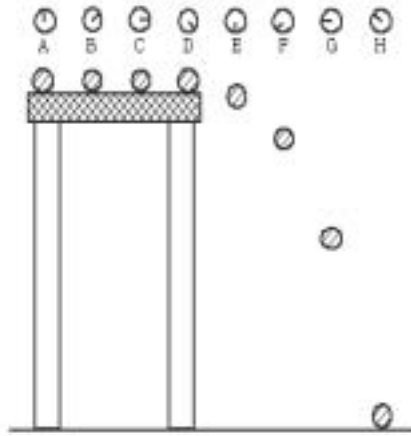
- <보기> -----
- ① A~B ② B~C ③ C~D ④ D~E
 ⑤ E~F ⑥ F~G ⑦ 없다.
-

14. 물체의 속도가 감소하고 있는 구간을 위의 <보기>에서 모두 고르면?
 ()

15. 물체의 속도가 증가하고 있는 구간을 위의 <보기>에서 모두 고르면?
 ()

16. 물체의 운동 방향이 바뀌는 구간을 위의 <보기>에서 모두 고르시오.
 ()

(17~19) 다음은 일정한 시간에 대한 공의 위치를 나타낸 그림이다. 물
 음에 답하시오.



17. 책상 위의 공이 a~d 구간에서 등속 직선 운동을 한다. 이 등속 직선
 운동을 시간과 위치의 그래프를 대략적으로 그리시오.



18. 위의 시간과 위치 그래프를 이용하여 속도와 시간의 그래프를 대략
 적으로 그리시오.



19. 책상 위의 공이 $d \sim h$ 구간에서 포물선 운동을 한다. 이 포물선 운동의 시간과 높이의 그래프를 대략적으로 그리시오. (단, 공기의 저항은 무시한다.)



지금까지 설문에 응답해 주셔서 대단히 감사합니다.

