| 연구논문 |

현장과학교육 4(1) pp33~45 (2010년 2월)

물리 I 선다형 문항에 제시된 단서 조항 조사
-한국교육과정평가원 대입관련 힘과 에너지 단원 선다형 문항 중심으로-

최현숙[1], 김중복[2*]

[1]진선여자고등학교, 서울특별시 135-919

[2*]한국교원대학교 물리교육과, 충청북도 363-791

A Investigation of Conditional Terms Noted in Multiple Choice Problems about Physics Ⅰ
- College Scholastic Ability Test about Force and Energy -

Hyeon-Suk Choi[1] and Jung Bog Kim[2*]

[1]Jinseon girls' high school, Seoul, 135-919

[2]Department of Physics Education, Korea National University of Education, Chungbuk, 363-791*

요 약

한국교육과정평가원에서 출제된 2007학년도~2009학년도까지의 대입 관련 고등학교 물리 I 힘과 에너지 단원의 선다형 문항에 제시된 단서 조항을 분류 틀을 이용하여 조사하였다. 총 78개의 문항 중 23개의 문항에서 내적 단서 조항이 조사되었고, 총 78개의 문항 중 69개의 문항에서 1개 이상의 외적 단서 조항이 제시되었다. 문항에 제시된 단서 조항은 제 7차 교육과정에 합당한 문항 출제를 위한 단서 조항과 정답 시비, 과학적 오류를 없애기 위한 단서 조항 그리고 문항의 정답을 구하는 데 불필요한 단서 조항이 조사 되었다. 이 연구가 물리 I 선다형 문항을 출제하는 현장 물리교사들에게 도움이 되었으면 한다.

주제어 : 선다형 문항, 단서 조항

서 론

선다형 문항은 평가 결과의 객관성과 신뢰성을 높일 수 있기 때문에 대학수학능력시험 뿐 아니라, 학교 현장에서 교과 평가 방법으로 가장 많이 사용되고 있다(이인제와 김범기, 2004). 이에 출제자는 선다형 문항을 모든 피험자들이 일관적 문항체제에 임할 수 있는 문항이 되도록 제작, 검토해야한다. 특히, 선다형 문항의 정답시비에 관한 검토가 중요한데 이에 대한 검토 내용은 모든 선택지가 답이 될 수 있다는 전제 하에 작성된 오답지가 정답이 될 수 있는 조건, 찾아 놓은 정답 이외의 정답 유무, 찾아 놓은 정답이 정답으로 성립될 수 없는 조건 또는 상황의 발생에 관한 것들이 있다(김수동과 전영석, 2005). 대학수학능력시험의 선다형 문항 역시 면밀한 제작과정과 검토과정을 거친다. 이러함에 불구하고 선다형 문항의 오류로 인해 복수정답을 허용하는 경우가 있어 수험생들의 성적이 재채점 되기도 한다.

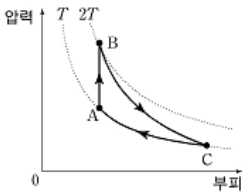
대학수학능력시험에서의 물리 선다형 문항 오류 사례는 다음과 같다. 그림 1은 2008학년도 대학수학능력시험 물리II 11번 문항이다(한국교육과정평가원, 2007).

이 문항의 경우, 〈보기〉 ㄴ 에 대한 정답이의 신청이 있었다. 정답 이의 신청의 내용을 살펴보면 다음과 같다. 해당 문항에서의 기체가 단원자 분자일 경우, 단열변화에서 기체가 외부

*교신저자: jbkim@knue.ac.kr

•2010년 1월 18일 접수, 2010년 2월 17일 1차 수정, 2010년 2월 23일 2차 수정. 2010년 2월 23일 통과.

11. 그림은 1몰의 이상기체의 상태가 A → B → C → A를 따라 변화할 때 압력과 부피의 관계를 나타낸 것이다. A → B는 정적과정, B → C는 단열과정, C → A는 등온과정이다. A와 B의 온도는 각각 T, $2T$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은? (단, 기체상수는 R이다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. A → B에서 기체가 받은 열량은 RT이다.

ㄴ. B → C에서 기체가 외부에 한 일은 $\frac{3}{2}RT$이다.

ㄷ. C → A에서 기체는 외부로 열을 방출한다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

그림 1. 2008학년도 대학수학능력시험 물리Ⅱ 11번 문항.

에 한 일은 $\frac{3}{2}RT$ 이므로 〈보기〉 ㄴ이 정답이 될 수 있다. 하지만, 기체를 이원자 분자로 본다면 기체가 외부에 한 일이 $\frac{5}{2}RT$ 이므로 〈보기〉 ㄴ은 정답이 될 수 없다. 즉, 해당 문항에서 기체가 단원자 분자라는 조건을 두지 않았기에 여러 경우를 생각할 수 있다는 것이 이의 제기의 내용이다. 이러한 정답 이의 신청에 대한 한국교육과정평가원의 심사결과는 그림 2와 같다(한국교육과정평가원, 2007).

과학탐구 영역 : 물리Ⅱ

문항 번호 : 11

답변 내용 : 본 문항에 대한 이의 신청의 주된 내용은 문항에서 이상기체라고만 기술하였다는 것입니다. 그러나 이상기체를 단원자 분자와 다원자 분자로 구분하여 내부에너지를 구하는 것은 제7차 물리Ⅱ 교육과정의 내용과 수준을 벗어나는 것입니다. 따라서 이 문항의 정답은 ④번으로 이상이 없습니다.

그림 2. 2008학년도 대학수학능력시험 물리Ⅱ 11번 문항에 대한 답변.

하지만, 한국물리학회의 공식적 문제 제기와 몇몇 고등학교 교과서에서 다원자 분자에 대한 언급이 있었다는 점 등 여러 논란 끝에 한국교육과정평가원은 그림 3과 같이 '단원자 분자'라는 조건이 누락되어 발생한 오류로 인정하고, 11번 문항에 대해 복수 정답을 인정했다(한국교육과정평가원, 2007).

이 사례에서 문항의 정답시비를 가림에 있어 문항의 정답이 성립될 수 있는 조건이 온전하지 못했다는 점과 문항의 교육과정에 합당 여부가 언급되었다는 점을 주목할 필요가 있다.

한국교육과정평가원의 출제업무 요람에는 그림 4와 같이 선

제목 : 「2008학년도 대학수학능력시험 물리Ⅱ 재채점 결과 관련」 발표

한국교육과정평가원은 2008학년도 대학수학능력시험 물리Ⅱ 과목 11번 문항에 대해 복수정답을 인정하기로 한 결정(2007.12.24.)에 따라 해당 과목을 재채점 하였으며, 그 결과 및 후속 조치 사항을 다음과 같이 발표하였다.

1. 재채점 및 등급 산출
   - ○ 물리Ⅱ 11번 문항의 정답을 ②번과 ④번으로 확정함에 따라 ②번으로 답을 한 수험생의 답안도 정답으로 하여 채점함.
   - ○ 채점프로그램에 의하여 새로 등급을 산출한 후, 등급이 상향된 수험생만 조정된 등급을 부여하여 성적표를 발급함.

그림 3. 2009학년도 대학수학능력시험 물리Ⅱ 11번 문항에 대한 보도자료.

다형 문항에 대한 상세한 검토관점이 제시되어 있다(한국교육과정평가원, 2004).

구분	문 항 검 토 의 관 점
출제 전반	○ 고등학교 교육과정의 정상적 운영에 기여할 수 있게 출제되었는가? ○ 고등학교 교육과정의 내용과 수준에 적합하게 출제되었는가? ○ 수능의 기본 방향과 출제 원칙에 맞게 출제되었는가? ○ 시중 참고서(학습지), 모의고사, 학원 교재, 신문 등에 실린 문항과 동일하거나 유사한 문항은 없는가? ○ 난이도와 변별도는 전반적으로 적절한가? ○ 지나치게 어렵거나 쉬운 문항은 없는가?
문두	○ 문제 해결에 필요한 조건이 누락되어 있지는 않은가? ○ 정답 시비가 야기되지 않도록 필요한 조건이 모두 포함되어 있는가? ○ 정답을 직접적으로 드러내는 단서가 제시되어 있지는 않은가 ○ 부정문으로 표현된 문항의 경우, 긍정문으로 바꾸어 묻는 것이 더 바람직하지 않은가? ○ 문두가 너무 길어서 문두의 해석 자체가 부담이 되지는 않는가? ○ 문두가 모호하여 해석상의 오해가 발생하지는 않는가?
답지	○ 다른 답지에 비해 지나치게 길거나 짧은 답지는 없는가? ○ 문장 표현이 불필요하게 장황한 것은 없는가? ○ 답지끼리 중첩되는 것은 없는가? ○ 두 개 이상의 답지에 공통적으로 포함되는 요소로 인하여 정답의 단서가 되는 것은 없는가? ○ 문제와 지나치게 동떨어진 답지가 제시되어 있지는 않은가? ○ 다른 답지에 비해 지나치게 이질적인 답지는 없는가? ○ 답지는 논리적, 관례적 순서에 따라 배열되어 있는가? ○ 정답이 특정 번호에 편중되어 있지는 않은가?
정답지	○ 관점에 따라서는 오답이 될 가능성은 없는가? ○ 복수 정답의 소지는 없는가? ○ 문제를 제대로 이해하기 못해도 쉽게 찾을 수 있는 정답지는 아닌가?
오답지	○ 정답지에 비해 너무 생소한 오답지는 없는가? ○ 관점에 따라서는 정답이 될 가능성은 없는가? ○ 오답지는 문두나 보기, 지문과 관련이 있는가? ○ 오답지의 매력도가 너무 부족하지 않은가?
기 타	○ 지문의 내용이 지나치게 어렵거나 쉽지는 않은가? ○ 지문의 양이 지나치게 많지는 않은가? ○ 문제와 직접 관련이 없는 내용이 지문이나 보기로 제시되어 있는지는 않은가? ○ 문항별 배점의 합이 총점과 일치하는가?

그림 4. 대학수학능력시험 검토관점.

그림 4의 검토관점 구분 중 문두에 문제해결을 위해 필요한 조건과 정답시비가 야기되지 않도록 필요한 조건 누락에 관한 검토 관점이 있다. 하지만, 그림 4의 검토관점에서는 각 교과 교육과정의 영역별 내용에 해당하는 문항에 대해 필요한 조건에 대한 구체적인 서술되어 있지 않아 좀 더 면밀한 선다형 문항의 검토가 어렵다고 판단된다.

이에 본 연구에서는 모범문항인 한국교육과정평가원에서 제

작한 대입 관련 물리 I '힘과 에너지' 단원의 선다형 문항에 제시된 조건은 어떠한 것들이 있는지 조사해 보았다.

연구 방법

선다형 문항 단서 조항 용어 정의와 조사 방법

본 연구에 앞서 표 1과 같이 선다형 문항에 제시된 조건을 단서 조항으로 명명하고, 이를 내적 단서 조항과 외적 단서 조항으로 나누어 조작적으로 정의하여 분류하였다.

표 1. 연구에 사용된 용어 정의

용 어	연구에서의 용어 정의
단서 조항 (Conditional term)	문항 구성을 위해 발문이나 발문 끝 괄호 안에 제시된 조건
내적 단서 조항 (Implicit conditional term)	문항에 제시된 단서 조항으로 제 7차 교육과정 물리 I 에서 다루는 범위를 한정짓기 위하여 내적으로 제시된 조건
외적 단서 조항 (Explicit conditional term)	해당 문항의 설정에 따라 정답시비를 없애고 과학적 사실과 부합하도록 외적으로 제시된 조건

이 연구에서 연구자가 조사한 물리 I 힘과 에너지 단원 선다형 문항에 제시된 단서 조항들은 표 2, 표 3과 같다. 연구에 사용한 문항 총 78개는 한국교육과정평가원에서 출제된 2007학년도~2009학년도 대입관련 선다형 문항이다.

표 2. 물리 I 힘과 에너지 단원의 내적 단서 조항(Implicit conditional term)

항 목	내적 단서 조항
I-1-1	일직선 상. 직선상등 1차원 운동에 관한 단서 조항
I-1-2	일직선 상에서의 충돌에 관한 단서 조항
I-1-3	탄성체의 탄성한계에 관한 단서 조항

조사한 단서 조항을 항목별로 분류하기 쉽도록 표 2, 표 3에서와 같이 각 항목에 일련번호를 붙였다. 항목의 일련번호는 내적, 외적 단서 조항의 첫 글자 I, E를 각각 붙였다. 물리 I 의 단원 표시는 힘과 에너지 단원이 1단원에 해당하므로 1을 붙였고, 그 뒤의 숫자들은 단서 조항이 조사된 순서대로 번호를 매겼고 비슷한 단서 조항들은 같은 항목으로 분류하여 같은 일련번호를 붙였다.

한국교육과정평가원에서 출제된 2007학년도~2009학년도까지의 대입 관련 고등학교 물리 I 힘과 에너지 단원의 선다형 문항 총 78개를 영역별 내용 조사 틀과 단서 조항 분류 틀을 사용해 각각 조사하였다.

표 3. 물리 I 힘과 에너지 단원의 외적 단서 조항 (Explicit conditional term).

항 목	외적 단서 조항
E-1-1	일직선 상. 직선상등 1차원 직선 운동에 관한 단서 조항
E-1-2	물체의 크기 무시에 관한 단서 조항
E-1-3	물체의 운동 상태에 관한 단서 조항
E-1-4	물체의 운동 방향에 관한 단서 조항
E-1-5	중력값 제시 (중력값은 10m/s2, g이고)
E-1-6	공기 저항 무시
E-1-7	실이나 줄과 도르래 마찰 무시
E-1-8	모든 마찰 무시
E-1-9	실, 줄의 질량 무시
E-1-10	도르래의 질량 무시
E-1-11	용수철의 질량 무시
E-1-12	물체의 마찰력과 마찰계수에 관한 단서 조항
E-1-13	물체들에 작용하는 힘의 방향에 관한 단서 조항
E-1-14	전동기의 운동 상태에 관한 단서 조항
E-1-15	물체의 충돌에 관한 단서 조항
E-1-16	물체의 위치 에너지 기준에 관한 단서 조항

우선, 각 문항의 영역별 내용을 그림 5. 영역별 내용 조사 틀을 이용하여 문항을 조사하였다. 해당 문항의 영역별 내용은 제 7차 과학과 교육과정의 물리 I 힘과 에너지단원의 내용요소에 따라 분류하였다(교육인적자원부, 1998).

문항 출처	
관련 단원	
영역별 내용	
문항	

그림 5. 영역별 내용 조사 틀.

문항의 영역별 내용을 조사한 후, 각 문항에서 조사한 단서 조항은 외적, 내적 단서 조항으로 분류하였고, 한 문항에서 여러 개의 내적, 외적 단서 조항이 나오는 경우에는 모두 조사하여 분류하였다.

해당 문항에 제시된 단서 조항은 그림 6의 단서 조항 분류 틀을 이용하여 조사 분류하였다.

	항 목	단서 조항	조건 조사
내적 단서 조항	I-1-		
(Implicit conditional term)			
외적 단서 조항	E-1-		
(Explicit conditional term)			

그림 6. 단서 조항 분류 틀.

용어 정리와 조사 내용에 대한 타당도 검증

용어 정리와 조사 내용의 타당도는 현직 고등학교 교사 3인 및 과학 교육 전문가 1인에 의해 1차, 2차 타당도를 검증 받았다. 과학 교육 전문가 1인에게 용어 정리와 조사 내용 두 가지 항목 모두의 타당도를 검증을 받았다. 조사내용에 관한 항목의 타당도는 용어정리 타당도 검증에 참여하지 않은 현직 고등학교 물리교사 3명에게 검증 받았다. 이들은 5년 이상 물리 I 을 지도하고 물리 I 선다형 문항의 검토 경험이 있는 교사이다.

조사 내용 중 문항의 영역별 내용에 관한 논의에서는 물리교사 3명의 의견이 거의 일치하였고, 이 논의에 대한 결과를 각 문항의 영역별 내용으로 정했다.

내적 단서 조항과 외적 단서 조항에 대한 타당도 검증

문항에서 조사된 내적, 외적 단서 조항의 유의미성에 대한 물리교사 3명의 의견은 다음과 같았다. 첫째, 내적 단서 조항의 유의미성에 대한 논의에서는 3명 중 2명이 유의미성을 가진다고 했다. 유의미하지 않다는 의견을 낸 교사는 교육과정 범위 안에서 문항 출제가 시작되기 때문에 해당 문항에서 연구자가 조사한 내적 단서 조항은 문항의 정답시비를 없애기 위한 외적 단서 조항으로 보는 것이 더 바람직하다고 의견을 내놓았다. 둘째, 외적 단서 조항의 유의미성에 대해서는 물리교사 3명 모두가 외적 단서 조항은 해당문항의 출제와 검토에 있어 유의미한 단서 조항이라는데 의견을 일치했다.

연구자가 조사한 23개의 내적 단서 조항의 유의미성에 대한 의견과 연구 문항에서 조사한 표 2의 내적 단서 조항에 대한 의견이 표 4와 같다.

표 4에서 보면 내적 단서 조항의 유의미성에 대한 참여자들의 의견 차가 있었다. 하지만, 연구자가 조사한 내적 단서 조항이 의미가 없다는 의견을 낸 교사 B 역시도 문항을 제작・검토 할 때 교육과정합당 여부를 검토하는 것은 매우 중요한 일이라는 것에는 동의했다. 내적 단서 조항에 대한 검증결과의 결론은

표 4. 연구에서 조사한 내적 단서 조항의 타당도 검증.

내적 단서 조항에 관한 검증 항목	교사 A	교사 B	교사 C
유의미성	유의미하다.	유의미하지 못하다.	유의미하다.
항목 I-1-1의 단서 조항에 대한 의견	관련문항에서 조사된 단서 조항은 교육과정합당 여부와 관계되는 내적 단서 조항이다.	정답시비에 관한 외적 단서 조항 E-1-1에 해당한다.	관련문항에서 조사된 단서 조항은 교육과정합당 여부와 관계되는 내적 단서 조항이다.
항목 I-1-2의 단서 조항에 대한 의견	관련문항에서 조사된 단서 조항은 교육과정합당 여부와 관계되는 내적 단서 조항이다.	정답시비에 관한 외적 단서 조항 E-1-1에 해당한다.	관련문항에서 조사된 단서 조항은 교육과정합당 여부와 관계되는 내적 단서 조항이다.
항목 I-1-3의 단서 조항에 대한 의견	관련문항에서 조사된 단서 조항은 교육과정합당 여부와 관계되는 내적 단서 조항이다.	정답시비에 관한 외적 단서 조항 E-1-12에 해당한다.	관련문항에서 조사된 단서 조항은 교육과정합당 여부와 관계되는 내적 단서 조항이다.

표 5. 연구에서 조사한 외적 단서 조항의 타당도 검증.

외적 단서 조항에 관한 검증 항목	항목별 단서 조항 수	교사 A	교사 B	교사 C	평균
E-1- 1	3	3	2	3	2.7
E-1- 2	34	33	30	34	32.3
E-1- 3	3	3	3	2	2.7
E-1- 4	1	1	1	1	1.0
E-1- 5	22	22	20	22	21.3
E-1- 6	50	50	45	50	48.3
E-1- 7	9	9	9	9	9.0
E-1- 8	4	4	4	4	4.0
E-1- 9	13	13	13	13	13.0
E-1-10	1	1	1	1	1.0
E-1-11	8	8	8	8	8.0
E-1-12	1	1	1	1	1.0
E-1-13	1	1	1	1	1.0
E-1-14	2	2	2	2	2.0
E-1-15	2	2	2	2	2.0
E-1-16	1	1	1	1	1.0

다수결에 의해 유의미한 쪽으로 내렸다.

선다형 문항 총 78개에서 연구자가 조사한 내적 단서 조항 23개를 제외한 총 155개의 외적 단서 조항의 조사 결과에 대한 타당도를 교사 A, B, C 3명에게 검증받았다. 연구자가 총 78개 문항에서 조사하고 분류한 외적 단서 조항의 각 항목에 대해 교사 A, B, C가 동의한 단서 조항 개수에 대한 평균값을 표 5에 나타내었다.

연구 결과 및 논의

속도와 가속도 문항의 단서 조항 조사

속도와 가속도 영역별 내용에 관한 문항 17개에서 조사된 단서 조항은 표 6, 표 7과 같다.

표 6. 속도와 가속도 문항의 내적 단서 조항 (Implicit conditional term).

항 목	관련 단서 조항	횟수
I-1-1	직선, 일직선상에서, 연직방향	13
	계	13

속도와 가속도에 관한 문항 17문항 중 16문항의 문두에 물체가 일직선 상에서 운동한다는 조건이 제시되었다. 그 중 13개가 교육과정합당여부와 관련이 있다고 판단되었다. 내용 타당도를 검증한 물리교사들 중에서는 이러한 단서 조항을 해당 문항에 제시된 외적 단서 조항으로 판단하거나, 단서 조항에 해당되지 않는다고 판단한 경우도 있었다.

제 7차 과학과 교육과정에서는 물리 I 에서 주로 일직선상의 운동범위까지만 다루고, 물리II에서 평면상의 2차원운동범위까지 다룬다(교육인적자원부, 1998). 아무리 쉬운 문항이라도 평면상의 2차원운동에 관한 문항은 물리 I 교육과정에 합당하지 않은 문항이 될 수 있다. 이에 문두의 제시된 '물체가 일직선상에서 운동한다' 는 단서 조항은 문항 출제 시, 교육과정에 합당함을 제시한 내적 단서 조항이라 할 수 있다.

속도와 가속도 문항의 외적 단서 조항은 표 7과 같다.

속도와 가속도 영역별 문항에서 조사된 9개의 외적 단서 조항 중 항목 E-1-2의 '물체의 크기 무시'가 4회 44.5%로 가장 많았다.

속도와 가속도 영역별 문항 중 하나인 2007 대학수학능력시험 9월 모의평가 물리 I 1번 문항(한국교육과정평가원, 2006) 의 영역별 내용조사와 단서 조항 분류의 결과는 그림 7, 그림 8과 같다.

표 7. 속도와 가속도 문항의 외적 단서 조항 (Explicit conditional term).

항 목	관련 단서 조항	횟수
E-1-1	일직선상에서 운동하는	1
E-1-2	철수와 영희 크기 무시, 물체의 크기 무시	4
E-1-3	A, B는 평행한 직선 경로를 따라 운동한다. / 동일 직선상을 운동하는 물체 A, B	2
E-1-4	단, 오른쪽을 양(+)의 방향으로 한다.	1
E-1-6	공기 저항 무시	1
	계	9

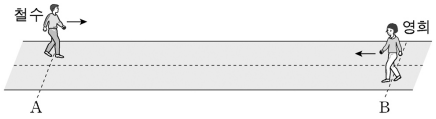
문항 출처	2007 대학수학능력시험 9월 모의평가 물리 I 1번 문항
내용 요소	속도와 가속도
영역별 내용	(가) 속력과 속도를 구별하여 사용하고, 시간기록계를 이용하여 물체의 속도와 가속도를 구한다.
문항	1. 그림과 같이 직선 도로에서 철수와 영희가 각각 기준선 A, B를 동일한 시간에 통과하여 일정한 속도로 서로 반대 방향으로 걸어가고 있다. 철수가 A에서 B까지 가는 데 10초, 영희가 B에서 A까지 가는 데 20초가 걸린다.  A로부터 10m 떨어진 지점에서 두 사람이 스쳐 지난다면, A와 B 사이의 거리는? (단, 철수와 영희의 크기는 무시한다.) ① 12m ② 15m ③ 18m ④ 20m ⑤ 30m

그림 7. 2007학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가 물리 I 1번 문항의 영역별 내용 조사.

구 분	항 목	단서 조항	단서 조항 분류
내적 단서 조항 (Implicit conditional term)	I-1-1	직선 도로에서	물리 I 에서는 주로 직선상의 운동을 다루며, 물리II에서 벡터 개념을 도입하여 위치와 변위를 기술하고, 직선상의 운동뿐만 아니라 평면상의 운동에 대한 속도, 가속도 등을 학습하게 한다(교육인적자원부, 1998).: 단서 조항이 없을 경우, 평면상의 문제로 볼 수 있다. ⇒ 교육과정 합당여부
외적 단서 조항 (Explicit conditional term)	E-1-2	철수와 영희의 크기는 무시한다.	단서 조항이 없을 경우, 물체 크기의 영향으로 '두 사람이 스쳐 지난다면' 의 판단이 모호해진다. ⇒ 정답시비

그림 8. 2007학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가 물리 I 1번 문항의 단서 조항 분류.

그림 7의 문항 문두에 제시된 '직선 도로에서'는 제 7차 과학과 교육과정에서는 물리 I 에서 주로 일직선상의 운동범위까지만 다룬다는 점을 제시한 내적 단서 조항이다(교육인적자원부, 1998). 그림 8에서와 같이 발문 끝 괄호 안의 '철수와 영희의 크기는 무시한다.'는 외적 단서 조항으로 분류되는데 이 단서 조항이 없다면 두 사람의 크기로 인해 두 사람이 스쳐 지나갈 때 두 사람의 위치가 여러 경우로 해석되어 정답시비가 생길 수 있다.

운동의 법칙 선다형 문항의 단서 조항 조사

운동의 법칙 영역별 내용에 관한 문항 20개에서 조사된 단서 조항은 표 8, 표 9와 같다.

표 8. 운동의 법칙 문항의 내적 단서 조항 (Implicit conditional term).

항 목	단서 조항	횟수
I-1-1	직선, 일직선상에서	1
I-1-3	용수철은 탄성한계 내에서 늘어난다.	1
	계	2

표 8에서와 같이 운동의 법칙 문항에서는 항목 I-1-1과 I-1-3에 대한 내적 단서 조항이 조사되었다. 항목 I-1-1에 관한 해석은 표 6에 대한 해석과 동일하다.

항목 I-1-3의 경우, 제 7차 과학과 교육과정 물리 I 힘과 에너지 단원에서 탄성력에 관한 내용은 훅의 법칙이 성립하는 범위에서 주로 다룬다(교육인적자원부, 1998). 그러므로 탄성력에 관한 문항에 탄성체가 탄성 한계 내에서 늘어난다는 단서 조항이 없으면 교육과정에 합당하지 않은 문항이 될 수가 있다.

운동의 법칙 문항의 외적 단서 조항은 표 9와 같다.

표 9. 운동의 법칙 문항의 외적 단서 조항 (Explicit conditional term).

항 목	단서 조항	횟수
E-1-1	철수, 영희, 물체는 일직선상에서 운동한다.	1
E-1-2	물체의 크기 무시	4
E-1-5	중력값 제시 (중력값은 10m/s^2, g이고)	6
E-1-6	공기 저항 무시	13
E-1-7	실과 도르래의 마찰 무시	4
E-1-8	모든 마찰 무시	2
E-1-9	실, 줄의 질량 무시	8
E-1-10	도르래의 질량 무시	1
E-1-11	용수철의 질량 무시	1
E-1-12	B와 수평면 사이의 운동마찰계수는 일정	1
E-1-13	철수와 영희가 각각 물체에 작용한 힘의 방향은 수평이다.	1
	계	42

운동의 법칙 문항에서는 총 42개의 외적 단서 조항 중 항목 E-1-6 '공기 저항무시'가 13회 31.0%, E-1-9 '실, 줄의 질량 무시' 8회 19.0%, E-1-5 '중력값 제시'가 6회 14.3% 순으로 나타

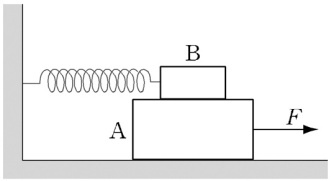
문항 출처	2007학년도 대학수학능력시험 9월 모의 평가 물리 Ⅰ 6번 문항
내용 요소	운동의 법칙
영역별 내용	(바) 실생활에서 경험하는 현상을 도입하여 중력, 마찰력, 탄성력 등에 의한 운동의 특성을 이해한다.
문항	6. 그림과 같이 마찰이 없는 수평면에 있는 물체 A 위에 물체 B를 올려놓고, B를 용수철로 벽에 연결하고 평형 상태를 만든 후, A에 일정한 힘 F를 오른쪽 방향으로 작용한다. A, B가 서로 미끄러지지 않고 오른쪽 방향으로 이동하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고른 것은? (단, 용수철의 질량은 무시하며, 용수철은 탄성한계 내에서 늘어난다.)  〈보 기〉 ㄱ. A와 B의 가속도는 같다. ㄴ. A가 B에 작용하는 마찰력의 방향은 F의 방향이다. ㄷ. B가 A에 작용하는 마찰력의 크기는 변한다. ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

그림 9. 2007학년도 대학수학능력시험 9월 모의 평가 물리 I 6번 문항의 영역별 내용 조사.

구 분	항 목	단서 조항	단서 조항 분류
내적 단서 조항 (Implicit conditional term)	I-1-2	용수철은 탄성한계 내에서 늘어난다.	물리 Ⅰ에서 탄성력에 관해 다룰 때 훅의 법칙이 성립하는 범위에서 주로 다룬다(교육인적자원부, 1998). 그러므로 용수철은 탄성 한계 내에서 늘어난다는 단서 조항 이 없으면 교육과정에 벗어난 문항이 될 수도 있다.
외적 단서 조항 (Explicit conditional term)	E-1-11	용수철의 질량은 무시	용수철의 질량이 있는 경우 중력을 받아 물체 B에 작용하는 힘 중 수직성분의 힘이 달라져 보기 ㄷ의 판단이 모호해진다. ⇒ 정답시비
	E-1-12	용수철은 탄성한계 내에서 늘어난다.	단서 조항이 없을 경우, 보기 ㄷ의 판단이 모호해진다.⇒ 정답시비

그림 10. 2007학년도 대학수학능력시험 9월 모의 평가 물리Ⅰ 6번 문항의 단서 조항 분류.

났다. 이 항목들은 문항의 정답시비를 없앨 수 있는 외적 단서 조항에 해당 된다.

각 항목별 사례에 해당하는 문항을 몇 가지 살펴보도록 하겠다.

운동의 법칙 영역별 문항 중 2007 대학수학능력시험 9월 모의평가 물리Ⅰ 6번 문항(한국교육과정평가원, 2006)의 영역별 내용조사와 단서 조항 분류의 결과는 그림 9, 그림 10과 같다.

그림 9의 문항 발문의 끝 괄호 안에 '용수철은 탄성 한계 내에서 늘어난다.'가 있다. 이를 표 8의 항목 I-1-3에 해당되는 내적 단서 조항으로 분류할 수 있다.

그림 9의 문항에 제시된 외적 단서 조항은 '중력가속도는 10m/s^2 이고', '공기 저항 무시', '실의 질량 무시', '도르래의 질량 무시', '모든 마찰 무시' 총 5가지이다.

이 조사 내용을 단서 조항 분류 틀을 이용하여 그림 10과 같이 분류하였다.

운동의 법칙 영역별 문항 중 2007 대학수학능력시험 6월 모의평가 물리Ⅰ 12번 문항(한국교육과정평가원, 2006) 의 영역별 내용조사와 단서 조항 분류의 결과는 그림 11, 그림 12와 같다.

그림 12에서 볼 수 있듯이 그림 11의 문항에는 내적 단서 조

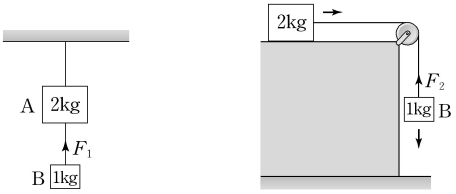
문항 출처	2007 대학수학능력시험 6월 모의평가 물리 Ⅰ 12번 문항
내용 요소	운동의 법칙
영역별 내용	(다) 힘은 두 물체 사이의 상호 작용임을 알고, 한 물체에 여러 힘이 작용할 때, 이들 힘을 한 힘으로 나타낸다.
문항	12. 그림 (가)는 실로 연결된 물체 A, B가 천장에 매달린 채 정지되어 있는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 마찰이 없는 수평면 위의 A와 도르래 아래의 B가 실로 연결되어 운동하는 것을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 A, B의 질량은 각각 2 kg, 1 kg이며, F_1과 F_2는 실이 B를 당기는 힘의 크기이다.  (가) (나) 이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고른 것은? (단, 중력가속도는 10 m/s^{2}이고, 공기 저항, 실과 도르래의 질량 및 모든 마찰은 무시한다.) 〈보 기〉 ㄱ. (가)에서 F_1은 10 N이다. ㄴ. (나)에서 B는 등속 운동한다. ㄷ. F_1은 F_2보다 크다. ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

그림 11. 2007학년도 대학수학능력시험 6월 모의 평가 물리Ⅰ 12번 문항의 영역별 내용 조사.

구 분	항 목	단서 조항	단서 조항 분류
내적 단서 조항 (Implicit conditional term)			
외적 단서 조항 (Explicit conditional term)	E-1-5	중력가속도는 10 m/s^{2}이다.	단서 조항이 없을 경우, 보기 ㄱ의 판단이 모호해진다. ⇒ 정답시비
	E-1-6	공기 저항 무시	단서 조항이 없을 경우, 보기ㄴ, ㄷ의 판단이 모호해진다.⇒ 정답시비
	E-1-9	실의 질량 무시	
	E-1-10	도르래의 질량 무시	
	E-1-8	모든 마찰은 무시	

그림 12. 2007학년도 대학수학능력시험 6월 모의 평가 물리Ⅰ 12번 문항의 단서 조항 분류.

항이 조사되지 않았다.

그림 11 문항의 문항에 중력가속도 값에 대한 외적 단서 조항이 없다면, 중력 가속도값 9.8m/s^{2}로 계산할 경우, 문항의 〈보기〉 ㄱ의 F1 은 9.8N이 될 수도 있어 정답시비가 생길 수 있다.

공기 저항, 실과 도르래의 질량, 모든 마찰 무시 조건들이 없다면, 그림 12에 나타나있듯이 그림(나)의 물체의 운동과 F2 값에 대한 해석이 여러 가지로 나올 수 있으므로 〈보기〉 ㄴ, ㄷ에 대한 정답시비가 생길 수 있다. 또한, 실의 질량이 무시되지 않으면 그림(가)에서 F1 에 대한 계산결과가 여러 개가 나올 수 있으므로 〈보기〉 ㄱ에 대한 정답시비가 생길 수 있다. 하지만, 항목 E-1-6 **'공기 저항무시'** 에 대한 다른 의견도 있었다. 문항에서 물체의 속도의 크기가 작을 경우 물체가 받는 공기 저항은 거의 무시할 수 있기에 물리량의 정확한 값을 구하는 것이 아니라면 이 단서 조항이 불필요하다는 의견도 있었다.

운동의 법칙 영역별 문항 중 2008 대학수학능력시험 9월 모의평가 물리Ⅰ 2번 문항(한국교육과정평가원, 2007) 의 영역별 내용조사와 단서 조항 분류의 결과는 그림 13, 그림 14와 같다.

그림 14를 보면, 항목 E-1-2에 해당하는 **'물체의 크기 무시'** 에 대한 해석은 정답시비를 없애기 위한 것으로도 해석할 수도 있고, 과학적 오류를 없애기 위한 것으로도 해석할 수 있다. 그림 13 문항의 발문에서 그림 (나)에 대해 **'물체는 0초에서 2초 사이에는 등속 운동을 하였고, 2초에서 6초 사이에는 등가속도 운동을 하였다.'** 라고 설명하였다. 물체는 0초에서 2초 사이에는 마찰이 없는 면을, 2초에서 6초 사이에는 마찰이 있는 면을 운동 했다. 물체의 크기를 무시하지 않으면, 2초 부근의 시각에

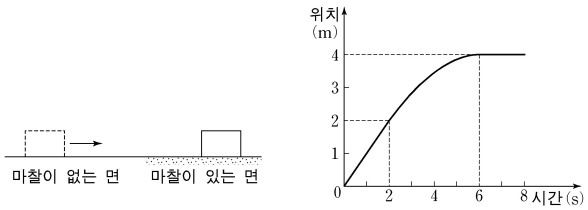
문항 출처	2008 대입 모의 수능 평가 9월 평가원 고3 물리 Ⅰ 2번 문항
내용 요소	운동의 법칙
영역별 내용	(바) 실생활에서 경험하는 현상을 도입하여 중력, 마찰력, 탄성력 등에 의한 운동의 특성을 이해한다.
문항	2. 그림 (가)와 같이 물체가 마찰이 없는 수평면에서 마찰이 있는 수평면으로 직선 운동하였다. 그림 (나)는 물체의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다. 물체는 0초에서 2초 사이에는 등속 운동을 하였고, 2초에서 6초 사이에는 등가속도 운동을 하였다.  (가) (나) 물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고른 것은? (단, 공기 저항과 물체의 크기는 무시한다.) 〈보 기〉 ㄱ. 1초일 때 속력은 1 m/s이다. ㄴ. 2초에서 6초 사이의 평균속력은 1 m/s이다. ㄷ. 4초일 때 가속도의 방향은 운동 방향의 반대이다. ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

그림 13. 2008학년도 대학수학능력시험 9월 모의 평가 물리Ⅰ 2번 문항의 영역별 내용 분석.

구분	항 목	단서 조항	단서 조항 분류
내적 단서 조항 (Implicit conditional term)	I-1-1	직선 운동	물리 I 에서는 주로 직선상의 운동을 다루며, 물리 II 에서 벡터 개념을 도입하여 위치와 변위를 기술하고, 직선상의 운동뿐만 아니라 평면상의 운동에 대한 속도, 가속도 등을 학습하게 한다(교육인적자원부, 1998).⇒교육과정 합당여부
외적 단서 조항 (Explicit conditional term)	E-1-6	공기 저항 무시	단서 조항이 없을 경우, 보기 ㄱ, ㄴ, ㄷ의 판단이 모호해진다.⇒ 정답시비
	E-1-2	물체의 크기 무시	단서 조항이 없을 경우, 마찰이 있는 면과 마찰이 없는 면의 경계면에서 물체의 일부는 마찰이 있는 면, 일부는 마찰이 없는 면에 있게 되어 발문에 제시된 '2초에서 6초 사이에는 등가속도 운동을 하였다.'가 성립되지 않음. 마찰력은 접촉력에 해당하므로 물체의 크기를 무시할 경우 마찰이 작용하지 않아 과학적 오류가 예상됨.⇒과학적 오류/과학적 오류가 예상되는 단서 조항

그림 14. 2008학년도 대학수학능력시험 9월 모의 평가 물리 I 2번 문항의 단서 조항 분류.

서 물체의 일부는 마찰이 있는 면, 일부는 마찰이 없는 면에 있게 되어 2초인 시각을 기준으로 물체의 운동이 등속도운동과 등가속도 운동으로 정확히 구분되기가 어렵기 때문에 이는 과학적 사실에 어긋난다. 하지만, '물체의 크기 무시' 라는 단서 조항으로 인해 예상되는 과학적 오류도 있다. 마찰력은 접촉력에 해당하므로, 물체의 크기가 없으면 접촉면이 0이 된다. 교육과정 상 강체의 운동을 주로 다루므로 물체의 크기를 무시하는 경우가 많긴 하지만, 물체의 크기를 무시하게 되면 물체와의 접촉면이 0에 가까워지므로 마찰력이 0이 되는 과학적 오류가 생기기도 한다.

이 문항에서 항목 E-1-2에 해당하는 단서 조항 '물체의 크기 무시'를 '마찰력이 없는 곳과 있는 곳의 경계에서 물체의 크기를 무시'나 '물체의 크기에 의한 영향 무시'라는 표현으로 바꾸는 것이 더 문항의 오류를 없애는데 합당하다고 볼 수 있다.

운동량과 충격량, 운동량 보존 문항의 단서 조항 조사

운동량과 충격량, 운동량 보존 영역별 내용에 관한 문항 16개에서 조사된 단서 조항은 표 10, 표 11과 같다.

표 10. 운동량과 충격량, 운동량 보존 문항의 내적 단서 조항 (Implicit conditional term).

항 목	단서 조항	횟수
I-1-2	동일한 일직선상에서 운동/ 일직선상에서 운동하는	5
	계	5

운동량과 충격량, 운동량 보존에 관한 문항 16문항 중 5문항에 발문의 처음에 항목 I-1-2 에 해당하는 내적 단서 조항이 제시되었고, 이에 대해 현장 물리교사들 중에서는 이러한 단서 조항을 해당 문항에 제시된 외적 단서 조항으로 판단하거나, 단서 조항에 해당되지 않는다고 판단한 경우도 있다.

표 10에 조사된 단서조항은 언뜻 항목 I-1-1의 단서 조항에 해당되는 듯하나 문항에서 조사된 단서조항은 항목 I-1-2에 해당하는 1차원 직선상에서의 충돌에 관한 단서 조항이다.

물리 I 힘과 에너지 단원의 운동량과 충격량, 운동량 보존 내용 영역의 문항을 출제 할 때, 제 7차 과학과 교육과정에서는 물리 I 에서는 주로 일직선상의 1차원 충돌을 다루고, 물리 II 에서는 평면상의 2차원 충돌까지도 다룬다(교육인적자원부, 1998). 아무리 쉬운 문항이라도 평면상의 2차원 충돌에 관한 문항은 물리 I 교육과정에 합당하지 않은 문항이 될 수 있다.

운동량과 충격량, 운동량 보존 문항의 외적 단서 조항은 표 11과 같다.

표 11. 운동량과 충격량, 운동량 보존 문항의 외적 단서 조항 (Explicit conditional term).

항 목	단서 조항	횟수
E-1-1	일직선상에서 운동하는	1
E-1-2	물체의 크기 무시	12
E-1-3	A와 B는 동일 직선상에서 운동한다.	1
E-1-6	공기 저항 무시	14
E-1-8	모든 마찰 무시	1
	계	29

조사된 총 29개의 단서 조항 중 항목 E-1-6 '공기 저항무시'가 14회 48.3%, E-1-2 '물체의 크기 무시'가 12회 41.4%로 다른 항목에 비해 많이 제시되었다.

운동량과 충격량, 운동량 보존 문항에 제시된 외적 단서 조항 항목 E-1-2 '물체의 크기 무시'는 문항의 정답을 찾는데 불필요한 단서 조항인 경우도 있다.

운동량과 충격량, 운동량 보존의 영역별 문항 중 2008 대학

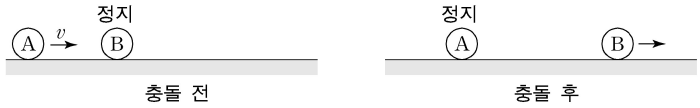
평가 문항 출처	2008 대학수학능력시험 물리 Ⅰ 4번 문항
관련 관련단원	힘과 에너지
영역별 내용	(아) 운동량 보존 법칙을 이용하여 직선상에서의 충돌 현상을 분석한다.
문항	4. 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 속력 v로 운동하던 물체 A가 정지해 있는 물체 B와 충돌한 후 A는 정지하고 B는 운동하는 것을, (나)는 마찰이 없는 수평면에서 속력 v로 운동하던 물체 C가 정지해 있는 물체 D와 충돌한 후 C, D가 일직선상에서 운동하는 것을 나타낸 것이다. A, B, C, D의 질량은 같다.  (가) (나) 이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고른 것은? (단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.) 〈보 기〉 ㄱ. 충돌 후 운동량의 크기는 B가 D보다 작다. ㄴ. 충돌하는 동안 A가 받은 충격량의 크기는 C가 받은 충격량의 크기보다 크다. ㄷ. 충돌 후 운동에너지의 합은 (가)에서가 (나)에서보다 크다. ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

그림 15. 2008학년도 대학수학능력시험 물리Ⅰ 4번 문항의 영역별 내용 조사.

구 분	항 목	단서 조항	단서 조항 분류
내적 단서 조항 (Implicit conditional term)	I-1-1	일직선상에서	물리 Ⅰ 내용영역 운동량과 충격량, 운동량 보존에서는 평면상의 문제는 다루지 않고 직선상에서의 충돌에 대해서만 논의한다. 이 단서 조항이 없을 경우 평면상의 문제로 볼 수 있어 교육과정에 벗어난 문항이 될 수도 있다(교육인적자원부, 1998).⇒교육과정 합당 여부
외적 단서 조항 (Explicit conditional term)	E-1-2	물체의 크기 무시	충돌 전후의 물체의 운동량 변화가 명시되어 있으므로, 단서 조항은 없어도 문항의 오류 없이 성립된다.⇒ 불필요한 단서 조항
	E-1-6	공기 저항은 무시	보기 ㄱ, ㄴ, ㄷ의 판단이 모호해진다. ⇒ 정답시비

그림 16. 2008학년도 대학수학능력시험 물리Ⅰ 4번 문항의 단서 조항 분류.

수학능력시험 물리Ⅰ 4번 문항(한국교육과정평가원, 2007) 의 영역별 내용조사와 단서 조항 분류의 결과는 그림 15, 그림 16과 같다.

그림 15 문항에는 그림 (가)와 (나)에서 각 물체의 충돌 전·후의 물체의 운동량의 변화가 확실히 나타나 있다. 그러므로, 그림 16에서와 같이 물체의 크기를 무시하는 단서 조항 없이도 문항의 오류가 없으므로 이 단서 조항은 불필요한 것으로 해석할 수 있다.

일과 일률 문항의 단서 조항 조사

일과 일률 영역별 내용에 관한 문항 13개에서 조사된 내적 단서 조항은 표 12와 같다.

표 12에 대한 해석은 표 6에 대한 해석과 동일하다.

일과 일률 문항의 외적 단서 조항은 표 13과 같다.

조사된 총 35개의 단서 조항 중 항목 E-1-7 '도르래 마찰 무시'와 E-1-9 '실, 줄의 질량 무시'가 각각 5회 14.3%로 제시

표 12. 일과 일률 문항의 내적 단서 조항 (Implicit conditional term).

항 목	단서 조항	횟수
I-1-1	일직선상에	1
	계	1

표 13. 일과 일률 문항의 외적 단서 조항 (Explicit conditional term).

항 목	단서 조항	횟수
E-1-2	물체의 크기 무시	3
E-1-5	중력가속도는 g이고, 중력가속도는 10m/s^{2}이고	8
E-1-6	공기 저항 무시	11
E-1-7	도르래 마찰 무시	5
E-1-9	실, 줄의 질량 무시	5
E-1-14	전동기는 수평면에 고정되어 있으며/전동기는 경사면에 고정되어 있으며,	2
E-1-15	두 물체는 충돌 후 한 덩어리가 되고	1
	계	35

되었다. 전동기의 일률에 관한 문항의 경우 정답시비를 없애기 위해 항목 E-1-14에 관한 단서 조항이 문항에 제시되었다.

역학적 에너지 보존, 에너지 보존 문항의 단서 조항 조사

역학적 에너지 보존, 에너지 보존 영역별 내용에 관한문항 12개에 조사된 내적 단서 조항은 표 14와 같이 나타났다.

표 14에 대한 해석은 표 6, 표 8에 대한 해석과 동일하다.

역학적 에너지 보존, 에너지 보존 문항의 외적 단서 조항은 표 15와 같다.

표 14. 역학적 에너지 보존, 에너지 보존 문항의 내적 단서 조항 (Implicit conditional term).

항 목	단서 조항	횟수
I-1-1	직선, 일직선상에서	1
I-1-3	용수철은 탄성한계 내에서 늘어난다.	1
	계	2

표 15. 역학적 에너지 보존, 에너지 보존 문항의 외적 단서 조항 (Explicit conditional term).

항 목	단서 조항	횟수
E-1-2	물체의 크기 무시(무동력차, 나무도막)	11
E-1-5	중력 가속도 값 제시(g, 10m/s^2)	8
E-1-6	공기 저항 무시	11
E-1-8	모든 마찰 무시	1
E-1-11	용수철의 질량 무시	7
E-1-15	A와 B의 충돌은 첫 번째 충돌만 고려함.	1
E-1-16	지면을 위치 에너지의 기준으로 한다.	1
	계	40

조사된 총 40개의 단서 조항 중 항목 E-1-2 '물체의 크기 무시'와 E-1-6 '공기 저항 무시'가 각각 11회 27.5%로 제시되었다. 위치에너지에 관한 문항의 경우 정답시비를 없애기 위해 항목 E-1-16에 관한 단서 조항이 문항에 제시되었다.

역학적 에너지 보존, 에너지 보존의 영역별 문항 중 2009 대학수학

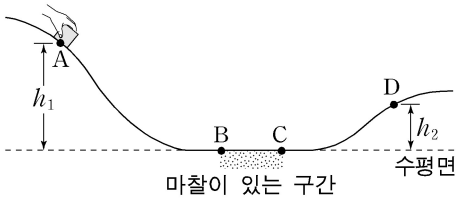
문항 출처	2009학년도 대학수학능력시험 물리 Ⅰ 10번 문항
내용 요소	역학적 에너지 보존, 에너지 보존
영역별 내용	(타) 다양한 상황에서 역학적 에너지가 보존되는 경우와 보존되지 않는 경우를 구별한다.
문항	10. 그림과 같이 수평면으로부터 높이 h_1인 A점에 물체를 가만히 놓았다. 물체는 마찰이 없는 AB 구간, 마찰이 있는 BC 구간, 마찰이 없는 CD구간을 지나 수평면으로부터 높이 h_2인 D점까지 올라갔다가, 다시 CD구간과 BC구간을 지나 B점에서 정지하였다. 물체는 동일 연직면상에서 운동하였고, 물체와 BC구간 사이의 운동마찰계수는 μ이다.  $h_1 : h_2$는? (단, 중력가속도는 일정하고, 공기 저항과 물체의 크기는 무시한다.) ① 3 : 2 ② 5 : 3 ③ 2 : 1 ④ 5 : 2 ⑤ 3 : 1

그림 17. 2009학년도 대학수학능력시험 물리Ⅰ 10번 문항의 영역별 내용 조사.

	항 목	단서 조항	단서 조항 분석
내적 단서 조항 (Implicit conditional term)			
외적 단서 조항 (Explicit conditional term)	E-1-5	중력가속도는 일정하고	단서 조항이 없을 경우, $h_1 : h_2$를 구하는 것이 모호해진다. 이 문항의 경우, 물체가 연직면상에서 운동하지 않을 때, 경로의 차이로 마찰력이 있는 면에서 물체의 운동에너지 변화값이 여러 가지로 나올 수 있다. ⇒ 정답시비
	E-1-6	공기 저항은 무시	
	E-1-2	물체의 크기 무시	

그림 18. 2009학년도 대학수학능력시험 물리Ⅰ 10번 문항의 단서 조항 분류.

능력시험 물리Ⅰ 4번 문항(한국교육과정평가원, 2008) 의 영역별 내용조사와 단서 조항 분류의 결과는 그림 17, 그림 18과 같다.

그림 17 문항의 문두에 '물체는 동일 연직면상에서 운동' 이라는 단서 조항이 없을 경우 마찰력이 있는 면에서는 운동경로에 따라 운동에너지 변화값이 달라져 정답시비를 야기 시킬 수 있다. 그러므로 이 단서 조항은 그림 18에서와 같이 정답시비를 없앨 수 있는 외적 단서조항이라 할 수 있다.

물리Ⅰ 힘과 에너지 단원 문항에 대한 단서 조항 종합 정리

한국교육과정평가원의 2007학년도~2009학년도 대입 관련 물리Ⅰ 힘과 에너지 단원의 출제된 선다형 문항 총 78중 내적 단서 조항은 23개의 문항에서 조사되었고, 78개의 문항 중 69개의 문항에서 1개 이상의 외적 단서 조항이 조사되었다. 78개의 문항 중 9개의 문항에는 내적 단서 조항과 외적 단서 조항이 제시되지 않았다.

표 16. 조사 문항의 내적 단서 조항(Implicit conditional term).

항 목	단서 조항	횟수	비율
I-1-1	일직선 상. 직선상등 1차원 운동에 관한 단서 조항	16	69.6%
I-1-2	일직선 상에서의 충돌에 관한 단서 조항	5	21.7%
I-1-3	탄성체의 탄성한계에 관한 단서 조항	2	8.7%
	계	23	100%

물리Ⅰ 힘과 에너지 단원 문항의 내적 단서 조항의 분포와 외적 단서 조항의 분포는 각각 표 16, 표 17과 같다.

표 17. 조사 문항의 외적 단서 조항 (Explicit conditional term).

항 목	단서 조항	횟수	비율
E-1-1	일직선 상. 직선상등 1차원 직선 운동에 관한 단서 조항	3	1.9%
E-1-2	물체의 크기 무시에 관한 단서 조항	34	21.9%
E-1-3	물체의 운동 상태에 관한 단서 조항	3	1.9%
E-1-4	물체의 운동 방향에 관한 단서 조항	1	0.6%
E-1-5	중력값 제시 (중력값은 10m/s^2, g이고)	22	14.2%
E-1-6	공기 저항 무시	50	32.3%
E-1-7	실이나 줄과 도르래 마찰 무시	9	5.8%
E-1-8	모든 마찰 무시	4	2.6%
E-1-9	실, 줄의 질량 무시	13	8.4%
E-1-10	도르래의 질량 무시	1	0.6%
E-1-11	용수철의 질량 무시	8	5.2%
E-1-12	물체의 마찰력과 마찰계수에 관한 단서 조항	1	0.6%
E-1-13	물체들에 작용하는 힘의 방향에 관한 단서 조항	1	0.6%
E-1-14	전동기의 운동 상태에 관한 단서 조항	2	1.3%
E-1-15	물체의 충돌에 관한 단서 조항	2	1.3%
E-1-16	물체의 위치 에너지 기준에 관한 단서 조항	1	0.6%
	계	155	100%

이상에서 물리 Ⅰ 힘과 에너지 단원의 선다형 문항에서 조사한 단서 조항에 대한 연구 결과의 종합 정리는 다음과 같다.

첫째, 조사된 내적 단서 조항에는 교육과정합당여부 에 관련된 것이 있다. 조사 결과 1차원 운동에 관한 단서 조항 16회 69.6%, 1차원 충돌에 관한 조건 5회 21.7% 그리고 탄성체의 탄성한계에 관한 단서 조항 2회 8.7%의 비율로 나타났다. 제 7차 과학과 교육과정 물리 Ⅰ 힘과 에너지 단원에서는 주로 직선상의 운동을 다룬다(교육인적자원부, 1998). 아무리 쉬운 문항이라도 평면상의 운동에 관한 문항은 물리Ⅰ교육과정에 합당하지 않은 문항이 될 수 있다. 이에 '물체가 일직선 상에서 운동한다', '물체가 일직선상에서 충돌한다.', 는 문항이 교육과정에 합당하게 출제 되도록 주로 발문의 처음에 제시된 항목 I-1-1에 해당하는 내적 단서 조항이라고 할 수 있다.

또한, '탄성한계 내에서' 역시 훅의 법칙이 성립하는 범위만을 다루는 제 7차 과학과 교육과정 물리Ⅰ에 합당하게 출제 되도록 제시된 항목 I-1-2에 해당하는 내적 단서 조항이라고 할

수 있다(교육인적자원부, 1998).

둘째, 외적 단서 조항 중 선다형 문항의 정답시비에 관련된 것이 있다. '공기 저항 무시'가 155개의 중 50개, 32.3%로 가장 높게 나타났다. 공기 저항 무시, 중력 값 제시, 실, 줄, 도르래질량 무시, 물체의 크기 무시 등의 단서 조항 들은 주로 정답시비를 없애기 위한 단서 조항으로 조사되었다.

셋째, 외적 단서 조항 중 선다형 문항의 과학적 오류와 관련된 것이 있다. '물체의 크기 무시' 조건이 이에 해당하는 데, 교육과정 상 강체의 운동을 주로 다루므로 물체의 크기를 무시하는 경우가 많긴 하지만 마찰력이 작용하는 물체의 경우에는 과학적 오류가 생기기도 한다. 마찰력문제에서 물체의 크기가 없으면 접촉면이 0 이 되어 접촉력인 마찰력은 0이 된다. 이에 마찰력에 관한 문제에서 이 단서 조항을 제시할 때는 마찰력이 없는 곳과 있는 곳의 경계에서만 물체의 크기를 무시해주는 단서 조항이나 '물체의 크기에 의한 영향 무시'를 쓰는 것이 더 합당하다고 볼 수 있다.

넷째, 외적 단서 조항 중 선다형 문항에 불필요한 외적 단서 조항이 있다. '물체의 크기 무시' 는 각 영역별 내용에 해당하는 문항에서 불필요한 외전 단서 조항으로 조사되었다. 속도와 가속도 영역별 내용에 관한 문항에서는 해당 문항에 물체의 위치 표시와 이동 거리가 명확히 기재된 경우와 운동량과 충격량, 운동량 보존 법칙의 영역별 내용에 관한 문항에서 충돌 전후의 운동량의 변화가 확실히 나타나 있는 경우에는 '물체의 크기 무시'에 관한 단서 조항은 불필요한 단서 조항으로 볼 수 있다. '공기 저항 무시' 단서 조항은 물체의 속도의 크기가 작아서 물체가 받는 공기 저항은 거의 무시할 수 있기에 물리량의 정확한 값을 구하는 것이 아니라면 이 단서 조항이 불필요하다고 볼 수 있다.

결 론

한국교육과정평가원에서 출제한 문항들을 분석한 결과 대부분의 문항들에 단서 조항들이 있음을 알 수 있었으며, 단서 조항들은 교육과정에 적합성 여부, 과학적 오류 해결 및 정답시비를 줄이는데 기여하고 있음을 알 수 있었다. 기존의 대학수학능력시험 출제 매뉴얼의 출제 검토 관점(한국교육과정평가원, 2004)은 문항오류 검토의 적합성을 모두 포함하고 있다고 생각되지 않는다.

이에 본 연구와 같은 연구들을 바탕으로 물리교사가 물리 선다형 문항을 출제하거나 검토할 때 기존 출제 검토 관점과 더불어 문항에 제시된 단서 조항을 검토해 본다면 문항의 오류를 줄이는데 도움이 될 수 있을 것이다.

Abstract

This study was to investigation of conditional terms noted in multiple choice problems about physics Ⅰ- Force and Energy section in College Scholastics Ability Test (CSAT) implemented from 2007 to 2009 operated by Korea Institute of Curriculum & Evaluation (KICE). A total of 78 items were investigated by a framework classified the conditional terms. 23 among 78 items contained Implicit conditional terms. Explicit conditional terms presented 69 of the 78 items. In terms of items setting up the conditional terms survey, we investigated conditional terms for 7th course reasonable items to test and conditional terms to prevent correct dispute, conditional terms of scientific error and unnecessary conditional terms to get the correct answer to items. We hope that this study will be helpful for physics teachers, who teach on the front, make multiple choice items, examine multiple choice items in the physics Ⅰ.

Key Words : multi-choice problem, conditional term

참고문헌

교육인적자원부 (1998) 과학과 교육과정. 서울: 대한교과서주식회사.

김수동, 전영석 (2005) 과학 수업에서 학생평가를 잘 하려면. 한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2005-51-5.

이인제, 김범기 (2004) 과학과 교사의 학생 평가 전문성 신장 모형과 기준. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE-2004-5-5.

한국교육과정평가원 (2004) 대학수학능력시험 출제 매뉴얼.

한국교육과정평가원 http://www.kice.re.kr(보도자료, 2006~2008학년도 대학수학능력시험기출문제).