

학문과 학자가 요구하는 초등학교 수준의 물리분야 기본개념과 교과와 교사가 인지하고 표현하는 기본개념의 일치도 연구

권난주

(경인교육대학교)

The Differences between Physicists' Expectations and Teachers' Representations about the Primary Physics Concepts in Elementary Schools

Kwon, Nan-Joo

(Gyeongin National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was the identifying differences between physicists' expectations and teachers' representations about the primary physics concepts in elementary schools. For this, the material subjects analyzed were the 7th curriculum, the textbooks of elementary school and the texts using at the department of physics in many universities. The primary physics concepts extracted from the texts were to be fundamental and basic. Also, they were restricted to the domain of dynamics. And besides, the human subjects were physicists, professors and students majoring physics of the graduate school, researchers of institutes or laboratories and elementary school teachers. At the result of this study showed the scholars and teachers have the different opinions.

Key words : physics concept, primary concept, elementary school, elementary teacher, physicist, elementary science textbook, curriculum

I. 서 론

오늘날에 와서 과학의 발전을 언급한다는 것은 어리석은 일이 되었을 만큼, 과학은 발전하였고, 앞으로도 계속 발전할 것이다. 현재 우리나라에서도 스타 과학자가 나오고, 수많은 과학영재들이 태어나고 만들어진다. 그러나 이면에는 이공계 기피라는 사회문제가 함께 있는 것도 사실이다. 장래희망이 과학자인 초등학생의 비율은 무시할 수 없는 정도였지만, 학령이 높아질수록 과학은 더 이상 흥미있는 과목이 아니며 쉬운 과목도 아니다(김정애, 2003; 황창윤, 2005). 과학은 분명 재미있고 신나는

경험이었지만, 직업으로 과학분야를 선택하는 것은 재고해야 하는 일이 되었다(권난주, 2005). 심지어 과학고에 진학한 학생들조차 과학자 이외의 진로와 직업을 더 많이 택한다.

과학이 왜 어려워졌는지, 언제부터 힘들어졌는지, 과학분야가 왜 선망의 직업이 아닌지의 숙제는 과학자와 과학교육학자들이 함께 풀어야 할 것이다. 훌륭한 과학자나 과학 소양인이 탄생하려면 과학의 기본이 잘 되어야 하고, 교육이 바로 이루어져야 한다는 것은 당연한 일이다. 현실적이고 일반적으로 볼 때, 우리가 과학을 만나는 것은 자연을 통해서가 아니라 대부분 학교과학을 통해서이기 때문

이 논문은 2005년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2005-041-B00569).

2007.11.22(접수), 2007.12.11(1심 통과), 2007.12.27(최종 통과)

E-mail: njkwon@gin.ac.kr(권난주)

이다. 학교과학은 교과서로 표현되고, 교과서는 교육과정에 의해 만들어진다. 교육과정은 과학교육학자에 의해 개발되고, 과학교육학자는 자신이 배우고 생각한 지식과 개념에서 출발한다. 그러나 현실에서 과학은 학교 교사에 의해 가르쳐진다.

제7차 교육과정이 시행된 이후, 학교 현장에서 탐구와 실험이 강조되고, 특히 생활과 응용이 대단히 강조되었긴 하나, 과학이라는 학문을 이루는 기초와 기본은 '개념'이다. 교육은 학문을 실제로 연결하는 장치 중 하나이다. 그러나 학문에서 요구하는 개념과 실제에서 표현되는 개념이 일치하는 지에 관한 연구 사례는 많지 않다. 초등학교 교사는 교육과정을 섭렵하고 그 운영의 목적과 뜻을 완전히 파악한 후 교과를 가르치기보다는, 교과서 내용을 주로 가르친다. 그렇다고 이것을 시간 부족이나 교사의 불성실함의 탓으로만 치부할 수는 없다. 교과서는 당연히 당대의 교육과정의 뜻을 최대한 반영하여 살린 완벽한 것이어야 한다. 비록 이 명제가 이상(理想)이라 하더라도 실제(實際)인 교과서는 그렇게 되도록 최대한 노력해야 한다. 초등학교 교과서는 국정(國定)으로 한 종류의 교과서만 쓰이기 때문에 더욱 그러하다.

이러한 이상적인 학문의 기본개념과 실제적인 교과에서의 기본개념은 얼마나 일치하여야 하는지 살펴보고자 한다. 과학자가 생각하는 기본개념과 교사가 생각하는 기본개념은 궁극적으로 같아야 한다. 비록 이해와 인지의 수준이 고려되어야 한다고 해도 기본부터 달라서는 안될 것이다. 교육과정과 제도가 요구하는 개념과 교과서와 인간이 표현하는 개념이 일치하여야 한다. 과학의 개념과 과학자가 이해하는 개념은 같아야 하는 것처럼 과학 교과에서 구현하는 개념과 과학교사가 표현하는 개념은 같아야 한다.

개념을 다루는 많은 연구에서는 주로 학생이나 교사들의 오개념 실태를 조사하였다(한국과학교육학회, 1990; 권재술과 김범기, 1993, 이성호와 임청환, 1997; 박종원 등, 2001). 과학개념을 연구한 교육학 논문마다 거기서 다루는 개념은 가장 기본적인 개념이라 하였고, 그래서 꼭 알아야 할 개념이고, 다음 단계의 어떠한 개념을 이해하기 위해서는 필수적인 개념이라고 한다. 일반적으로 드러난 오개념의 실태는 너무나 심각한 정도이며(김익균, 1989; Duit, 1993), 심지어 다양한 노력으로도 잘 교정되지 않을 만큼 견고하다고 한다(이영직, 1993 & 1998). 그러므로 새로운 전략과 수업모형, 특정한 교수 학

습 방법을 통해서 가르쳐야 한다는 등 오개념 교정의 방안과 효과에 대한 연구가 많다(Black & Lucas, 1993; Driver *et al.*, 1994a, 1994b; 박인규, 2003).

그러나 문제는 최소한 그렇게 가장 기본적인 개념이라는 것들도 초등학교 교육과정의 교과서나 수업 내용, 시험 문제에서는 볼 수 없다는 점이다(심영이, 1994; Choi & Song, 1996; 김장수, 2000; 이경숙, 2003; 임영택, 2003; 송진웅 등, 2004). 그러한 문제 상황을 가르치지도, 배우지도 않았는데 논문에서는 평가 대상으로 삼아 시험을 치른 셈이다.

따라서 이제는 개념 확인과 오개념 교정이라는 '치료'의 차원에서 벗어나, 이러한 현상이 발생하게 된 원인을 밝히고, '예방'하는 연구가 필요한 시점이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 초등학교의 기본개념을 항목화하고자 한다. 예를 들어 초등학교 과학에서는 전기, 열, 힘이라는 용어를 사용하고 있지만, 그 과학적인 뜻까지 구체적으로 표현하지는 못한다. 에너지의 예를 보면 더 심각하다. 초등학교에서 위치에너지와 운동에너지의 크기 비교와 각 사례는 등장하지만, 아동들에게 굳이 정의를 정확히 가르칠 필요는 없다고 한다(교육인적자원부, 2002i). 그러나 중학교부터는 초등학교에서 다룬 내용이므로 당연히 이미 알고 있다는 가정으로 다음 단계의 개념으로 넘어간다(강만식 등, 2003). 따라서 초등학교 수준에서 이것만은 알아야 한다고 생각하는 것들을 과학자, 과학교사의 인식을 기준으로 알아보고자 한다.

II. 연구의 내용과 방법

1. 물적 연구 대상

1) 이상적인 기본개념 추출

(1) 과학이 요구하는 기본개념

과학에서 이상(理想)이라 함은 과학, 여기서는 물리학이라는 학문 자체이다. 문헌 분석을 통하여 물리분야가 요구하는 기본개념을 추출한다. 이는 '과학이 요구하는 기본개념'을 찾는 것으로써, 대학교 물리학과와 일반물리 또는 기초물리학 강좌에서 다루는 교재 내용에서 기본개념을 추출한다. 교사 양성 대학교의 물리학 교재도 분석 대상에 넣었다. 다른 학교나 학과 소속의 한국물리학회원 13명에

게 의뢰한 결과, 가장 지명도가 다음의 교재를 선정하였다; Young & Freedman, University Physics with Modern Physics; Serway & Faughn, College Physics; Hewitt, Conceptual Physics.

그리고 선정된 교재의 역학 분야에서 개념을 추출하였다. 먼저 대단원(장; chapter) 제목을 포함하여 중단원, 소단원 이하 넘버링(numbering)이 된 가장 작은 소재목까지 개념을 뽑아내었다. 둘째, 내용 중 볼드체(bold-faced) 단어를 골라내었다. 셋째, 색인을 참고로 용어나 개념화된 항목을 추가하였다. 넷째, 과학개념이나 오개념을 조사하는 논문과 문헌을 참고로 하여 목록을 만들고 개념과 용어를 명명화하였다. 항목화에 대한 참고자료는 다음과 같다; 과학 오개념 편람(역학편); 학생의 물리 오개념地圖; Force Concept Inventory [FCI]. 마지막으로 추출한 개념을 다시 4인의 전문가가 검토하여 최종 목록화하고 설문지를 작성하였다.

(2) 과학자가 기대하는 초등학생이 알아야 할 기본개념

연구 대상자를 정한 후, ‘당신이 생각하기에 물리분야 기본개념이 무엇인가’, ‘초등학교에서는 어느 정도 알아야 할 것인가’를 열린 상태로 질문하는 것으로는 바른 결과를 이끌어내기 힘들다. 교사나 교수, 학자들에게 그러한 질문의 응답을 백지에 답하게 하기는 어려움이 따른다. 그러므로 특정한 안(案)이나 틀을 주고 그것에 대하여 지적하여 확인하거나, 수정하고 대안을 제시하도록 하는 것이 효율적인 방법이다. 따라서 앞의 단계에서 목록화된 기본개념을 위계나 중요도나 난이도별로 나누지 않고 설문지로 만들었다.

2) 현실적인 기본개념 추출

(1) 교육과정과 교과서에서 표현하는 개념

과학이 요구하는 기본개념과 과학교육이 요구하는 기본개념을 비교한다. 교육과정을 개발하고 개념을 선정하는 사람이 과학교육학자와 과학교사이지만 개발에 직접 참여하는 사람은 전체의 극소수이고, 교육과정이 운영될 때마다 그 개념 선정의 장단점이 드러나므로 과학교육학 또는 과학교육학자가 요구하는 개념과는 별도로 조사하여야 한다. 따라서 교육과정 개발자나 교과서 집필자의 생각을

조사하는 방식이 아니라, 실제로 교육과정과 교과서에 표현된(교육인적자원부, 1997, 1998, 2001 a~h, 2002a~h) 물리분야인 에너지 영역의 기본개념을 조사한다.

주로 학교 현장에 나가 교사와 학생의 개념을 조사하는 교육대학원 석·박사 학위논문이나 과학교육 관련 학회지의 학술논문에서 사용한 개념 검사의 경우, 해당 단원의 개념 검사 문항과 학교 과학 시험에 출제되는 해당 단원의 개념 검사 문항이 다른 경우가 많다. 힘 개념을 다루는 연구에서는 초등학생을 대상으로 하면서도 힘의 크기와 함께 힘의 방향도 아주 중요하게 다루고 있다. 그러나 이것은 벡터이므로 현재 초등학교에서는 다루지 않는다. 교육과정상 중학교에서조차 벡터 자체는 언급하지 않는다. 개념 정리를 위해서 대부분의 초등학생들이 필요로 하는 초등학교 과학 참고서와 초등교사용 지도서의 학습 개요나 정리 분야를 참고로 하여 조사를 보충한다.

가장 큰 문제는 교육과정의 개념이 곧 교과서의 개념이어야 하지만, 제7차 교육과정의 특성상, 교과서에는 개념의 예는 있지만, 개념의 설명이나 정의는 거의 등장하지 않는다는 점이다. 따라서 ‘교육과정과 교과서에서 표현하는 개념’을 각각 분리하여 조사하고 비교하여 본다. 개념이 표현되어 있는지, 그리고 어떻게 표현되어 있는지 살필 필요가 있다.

(2) 교사가 인지하는 초등학생에게 필요한 기본개념

마지막으로 조사할 내용은 ‘교사가 인지하는 초등학생에게 필요한 기본개념’이다. 과학자가 기대하는 초등학생이 알아야 할 기본개념을 조사한 것과 마찬가지로 앞 단계에서 추출한 과학이 요구하는 기본개념 목록 설문지를 이용하여 초등교사가 생각하는 초등학생 수준의 기본개념을 조사한다. 궁극적으로는 과학자의 그것과 비교하기 위함이다. 앞서 교육과정과 교과서에서 표현하는 개념과의 차이도 주목하여야 할 것이다.

2. 인적 대상

과학자를 선정할 때에는 과학교육학자나 교사는 배제하였다. 또 물리학 전공자라 하더라도 교원 양성 대학인 교육대학교나 사범대학교의 과학교육과, 물리교육과의 교과교육학 교수도 제외하였다. 따라

서 연구 대상은 모두 일반 대학교 물리학과 교수와 석·박사과정, 그리고 물리학 관련 연구직이나 전문직 종사자, 즉 물리학자로 제한하였다. 의뢰한 7군데 대학교와 연구소에서 설문 및 면담 등의 연구 참여에 응한 과학자는 37명이었다. 한편, 과학교사 집단은 연구자가 서울, 인천, 경기 지역의 27개 초등학교에 의뢰하여 연구 참여 의사를 표현한 교사들로 하였다. 최종 대상은 18개 초등학교 교사 136명이다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 이상(理想)의 기본개념 추출

1) 과학이 요구하는 기본개념

(1) 과학(물리학) 교재에서 추출한 기본개념

물리학 교재에서 뽑아낸 기본개념은 표 1~2과

같다.

(2) 과학교육 문헌에서 추출한 기본개념

물리 기본개념의 목록 및 항목화를 위하여 과학교육 문헌에서 추출한 기본개념 목록들은 표 3~5와 같다. 이들을 추출한 문헌은 주로 학생들의 개념 특히 오개념을 조사하기 위한 연구 결과물들이었다.

표 3에서 '보통 오개념 편람'에서는 주로 변위만 초등학생을 상대로 조사한 결과가 나와 있었고, 운동량에 관한 것은 초등학교 교육과정과 거리가 있었다. 또, 오개념 지도와 FCI (Force Concept Inventory)의 기본개념은 표 4~5와 같았다.

이상 표 1~5의 결과를 종합하여 개념을 항목화하고 목록으로 정리하였다. 가능한 단일 개념으로 하고 중복되거나 이중적인 것은 제외하였다. 최종 개념 목록은 표 6~7, 표 14~15의 64개로 작성되었다. 개념의 위계로 여기는 등의 응답에 영향을 주지 않기 위하여 대분류나 소분류를 따로 표시해 주지 않았다.

표 1. 물리학 교재에서 제시하는 물리 기본개념 1 (Serway & Faughn)

| 단원명 | 소단원 및 내용 | (세부/ 추가 내용) |
|-----------------|------------------------|---|
| 1차원 운동 | 변위 | |
| | 평균속도/순간속도 | |
| | 가속도 | |
| | 등가속도 1차원 운동 자유낙하 운동 | |
| 벡터와 2차원 운동 | 벡터와 스칼라 | |
| | 벡터의 성질/ 벡터의 성분 | |
| | 2차원에서의 속도와 가속도 | 운동과 그래프 |
| | 포물체 운동 상대 속도 | |
| 운동 법칙 | 힘의 개념 | |
| | 뉴턴의 제1법칙 | 알짜힘, 힘의 합성, 힘과 가속도, |
| | 뉴턴의 제2법칙 | 질량과 가속도, 관성/기준계, 무게, 중력 질량, 힘과 상호 작용, 운동/정지 마찰력, 정지/회전 마찰계수, 수직 항력, 평형, |
| | 뉴턴의 제3법칙 뉴턴 법칙의 응용 | 유체 저항, 종단속력 |
| 일과 에너지 | 일 | |
| | 운동에너지와 일-에너지 정리 | |
| | 위치에너지 | |
| | 보존력과 비보존력 | 일률, 힘의 상수, 탄성 위치에너지, 훅의 법칙, 내부 에너지, 기계와 효율, 생명을 위한 에너지 |
| | 역학적 에너지의 보존 | |
| 비보존력과 일-에너지 정리 | | |
| 일반적인 에너지 보존의 원리 | | |

표 1. 계속

| 단원명 | 소단원 및 내용 | (세부/ 추가 내용) |
|--------------|--|--|
| 운동량과 충돌량 | 운동량과 충격량 운동량의 보존 충돌/ 비껴맞는 충돌 | 탄성/비탄성 충돌, 로켓 추진 |
| 원운동과 중력의 법칙 | 가속력과 각가속도 일정한 각가속도를 가진 회전 운동 선형 물리량과 각물리량 관계 구심 가속도 회전계 운동의 기술 뉴턴의 만유인력 법칙 케플러의 법칙 | 자전과 공전, 구심력과 원심력, 평균/순간 각속도, 회전 좌표계, 인공 중력, 중력장, 조석, 블랙홀, 위성/행성의 운동, 중력 중심, 원/타원 궤도, 탈출 속력 |
| 회전 평형과 회전 운동 | 토크와 평형 무게중심 토크와 각가속도의 관계 회전 운동에너지 각운동량 | 관성 모멘트, 병진/회전 운동, 질량중심, 회전관성, 스포츠, 각운동량 보존, 세차 운동 |
| 고체와 유체 | 물질의 상태 고체의 변형 밀도와 압력 깊이에 따른 압력의 변화 부력과 아르키메데스의 원리 유체의 운동 베르누이 방정식의 응용 | 탄성률, 기체의 변형, 장력/압축 변형 |

표 2. 물리학 교재에서 제시하는 물리 기본개념 2 (Young & Freedman)

| 단원명 | 개념 및 내용 |
|----------|--|
| 물리량 | 스칼라량, 벡터량, 변위 |
| 직선운동 | 입자, 평균 속도, 순간 속도, 속력, 평균 가속도, 순간 가속도, 중력 가속도 |
| 2-3차원운동 | 위치 벡터, 포물체, 등속 원운동, 구심 가속도, 비등속 원운동, 상대 속도 |
| 뉴턴의 운동법칙 | 힘, 접촉력, 무게, 힘의 중첩의 원리, 뉴턴의 제1법칙, 관성, 수직항력, 평형상태, 관성기준계, 관성의 법칙, 뉴턴의 제2법칙, 중력 질량, 뉴턴의 제3법칙, 마찰력, 운동 마찰력, 정지 마찰력, 정지 마찰 계수, 회전 마찰 계수, 유체 저항, 공기 항력, 종단속력 |
| 일과 운동에너지 | 일, 줄, 운동에너지, 일-에너지 정리, 힘 상수, 훅의 법칙, 일률, 와트 |
| 위치에너지 | 위치에너지, 역학적에너지, 탄성 위치에너지, 보존력, 내부에너지, 에너지 보존법칙 |
| 운동량과 충격량 | 충격량-운동량 정리, 운동량, 내부 힘, 외부 힘, 운동량 보존법칙, 탄성 충돌, 비탄성 충돌, 질량중심 |
| 강체의 회전 | 각속도, 각가속도, 평균 각속도, 순간 각속도, 회전 운동에너지, 평행축 정리, 관성 모멘트 |
| 회전 동역학 | 모멘트, 병진 운동, 회전 운동, 각운동량, 각운동량의 보존의 원리 |
| 평형과 탄성 | 평형의 조건, 정적 평형, 중력 중심, 변형력, 변형력, 탄성률, 정력 변형력, 장력 변형, 압축, 압축 변형, 체적 변형력, 부피 탄성률, 탄성 한계 |
| 중력 | 중력 법칙, 중력 상수, 중력 위치에너지 |
| 주기 운동 | 변위, 복원력, 진폭, 주기, 진동수, 단순 조화 운동, 단진자, 감쇠 운동, 강제 운동, 공명 |

표 3. 오개념 편람의 물리 기본개념(권재술과 김범기, 1992)

| 개념 분류 | 코드 | 내용 |
|-------------|--------|--|
| 변위와 속도, 가속도 | 속도 가속도 | 위치 알리기, 찾아가기, 간단한 운동과 그래프 |
| 관성의 법칙 | 관성 | 직선 운동과 관성, 곡선 운동과 관성 |
| 힘과 가속도 법칙 | 힘과 가속도 | 힘과 운동 방향(연직운동, 포물선 운동, 진자), 중력(중력과 힘의 평형, 중력과 진공, 무중력, 자유낙하, 부력), 힘과 궤적, 마찰력 |
| 작용과 반작용 | 작용-반작용 | 정적인 계, 힘과 운동('다른' 물체, 용수철, 중력), 충돌, 마찰 |
| 운동량 | 운동량 | 충돌, 힘과 운동량 변화 |
| 에너지 | 에너지 | 위치에너지, 일과 에너지, 열과 에너지 |

표 4. 오개념 지도(地圖)의 물리 기본개념(송진용 등, 2004)

| 대분류 | 소분류 | 내용 | 문제 |
|---------|-------------------------------------|--|------------------------------------|
| 힘과 운동 | 중력과 가속도 힘과 가속도 힘의 평형 힘과 운동 | 물체는 움직이는 방향으로 힘이 있다/ 속도가 없으면 힘도 없다/물체에 운동 방향의 힘이 남아있다. | 수직으로 던진 공/진자/떨어지는 낙하산과 돌/속력 변화 자전거 |
| 작용-반작용 | 작용-반작용 각운동량 | 작용에 대하여 반작용이 없다, 작용과 반작용의 크기가 다르다. | 줄다리기/어른과 아이/부동 바위/헬리콥터 뒷날개 |
| 2차원 운동 | 원운동 관성 힘과 운동 | 운동방향의 힘이 존재한다(원운동, 포물선운동), 원운동은 계속된다. | 원운동 추진력/행성/원통관 구슬/공던지기/혜성과 로켓의 경로 |
| 질량중심 | 질량중심 | 물체의 질량중심은 물체내부에만 있다. | 막대 질량중심 |
| 각운동량 보존 | 각운동량 보존 | 원반위에서 다른 물체를 회전시켜도 원반은 회전하지 않는다. | 회전 발판위에서 자전거 바퀴 돌리기 |
| 중력 | 중력 | 자유낙하시/인공위성은/물속에서는 중력을 받지 않는다. | 낙하산/우주인/잠수부와 중력 |
| 힘의 평형 | 힘의 평형 | 매달린 물체에 작용하는 힘은 중력뿐이다. | 한줄/두줄/빗면의 줄에 매달린 돌 |

표 5. 힘 개념 목록(Force Concept Inventory)의 물리 기본개념(Hestenes 등, 1992)

| 대분류 | 소분류 | 내용 |
|----------|------------|---|
| 운동학 | 변위와 속도 가속도 | 속력과 변위의 구별, 속도와 가속도의 구별, 등가속에 의한 포물선 운동, 등가속에 의한 속력 변화, 속력의 벡터합 |
| 뉴턴의 제1법칙 | 관성 | 힘이 없을 때, 속력 방향 일정, 속도 일정, 힘이 상쇄될 때 |
| 뉴턴의 제2법칙 | 힘과 가속도 | 일정한 힘에 의한 등가속, 충격력 |
| 뉴턴의 제3법칙 | 작용과 반작용 | 충격력, 일정한 힘 |
| 힘의 합성 | 힘의 합성 | 힘의 합성 원리(벡터합), 상쇄되는 힘 |
| 힘의 종류 | 힘의 종류 | 포물선 궤도, 중력 |

2) 과학자가 기대하는 초등학생이 알아야 할 기본개념
초등학생들에게 도입하여 그 용어를 사용해야 한

다고 과학자들이 생각하는 물리 기본개념 및 용어의 순서는 표 6과 같았다. 70% 이상의 과학자가 초등학생에게 용어를 도입해야 한다고 생각하는 개

념은 힘, 압력, 속력, 중력, 무게, 마찰력이었으며, 그 이외에 속도, 관성, 일도 50% 이상의 과학자들이 사용해야 한다고 생각하였다.

또한, 초등학생들에게 도입하여 그 정의를 가르쳐야 한다고 과학자가 생각하는 물리 기본개념 및 용어의 순서는 표 7과 같았다. 70% 이상의 과학자가 초등학생에게 용어의 정의를 가르쳐야 한다고 생각하는 개념은 압력, 속력, 중력, 마찰력뿐이었으며, 그 이외에 힘, 무게, 속도를 50% 이상의 교사들이 의미를 가르쳐야 한다고 생각하였다. 용어를 도입해야 하느냐, 뿐만 아니라 가르쳐야 하느냐의 차이는 순위의 차이가 약간 있을 뿐 큰 차이가 나타나지 않았다.

빈도수가 뒤로 빠진 관성과 일, 가속도의 경우도 미미한 차이였으며, 40% 이상의 과학자들이 초등학생들에게 용어를 사용해야 한다고 하였다.

2. 현실(現實)의 기본개념 추출

1) 교육과정과 교과서에서 표현하는 개념

초등학교 과학 교육과정에 제시되어 있는 과학 개념들은 서로 독립적인 개념도 있으나, 학년이 높아짐에 따라 좀 더 상위의 포괄적인 개념들로 구성된다. 활동 중심의 현행 초등학교 과학 교육과정과

표 6. 과학자가 생각하는 초등학생에 용어를 사용해야 하는 개념 순위

| 개념 번호* | 개념 | N=37 | (%) | 개념 번호 | 개념 | N=37 | (%) | 개념 번호 | 개념 | N=37 | (%) |
|--------|-----------|------|------|-------|-----------|------|------|-------|-----------|------|------|
| 14 | 힘 | 30 | 81.1 | 11 | 등속 원운동 | 8 | 21.6 | 54 | 병진 운동 | 4 | 10.8 |
| 31 | 압력 | 30 | 81.1 | 18 | 평형 상태 | 8 | 21.6 | 23 | 중력 질량 | 3 | 8.1 |
| 4 | 속력 | 29 | 78.4 | 19 | 뉴턴의 제1법칙 | 8 | 21.6 | 29 | 정지 마찰력 | 3 | 8.1 |
| 16 | 중력 | 29 | 78.4 | 21 | 알짜 힘 | 8 | 21.6 | 34 | 종단 속력 | 3 | 8.1 |
| 15 | 무게 | 28 | 75.7 | 2 | 벡터 량 | 7 | 18.9 | 46 | 운동량 보존 법칙 | 3 | 8.1 |
| 27 | 마찰력 | 26 | 70.3 | 7 | 순간 속도 | 7 | 18.9 | 63 | 케플러의 법칙 | 3 | 8.1 |
| 5 | 속도 | 23 | 62.2 | 1 | 스칼라 량 | 6 | 16.2 | 24 | 힘과 상호 작용 | 2 | 5.4 |
| 20 | 관성 | 22 | 59.5 | 10 | 등 가속도 | 6 | 16.2 | 30 | 마찰 계수 | 2 | 5.4 |
| 35 | 일 | 19 | 51.4 | 12 | 포물체 운동 | 6 | 16.2 | 48 | 비탄성 충돌 | 2 | 5.4 |
| 8 | 가속도 | 18 | 48.6 | 13 | 상대 속도 | 6 | 16.2 | 51 | 각속도 | 2 | 5.4 |
| 26 | 작용-반작용 | 15 | 40.5 | 25 | 뉴턴의 제3법칙 | 6 | 16.2 | 58 | 토크 | 2 | 5.4 |
| 50 | 무게 중심 | 15 | 40.5 | 33 | 낙하와 공기 저항 | 6 | 16.2 | 60 | 각운동량 | 2 | 5.4 |
| 57 | 원심력 | 14 | 37.8 | 36 | 일률 | 6 | 16.2 | 41 | 탄성률 | 1 | 2.7 |
| 3 | 변위 | 13 | 35.1 | 39 | 역학적 에너지 | 6 | 16.2 | 42 | 탄성 한계 | 1 | 2.7 |
| 56 | 구심력 | 13 | 35.1 | 49 | 질량중심 | 6 | 16.2 | 47 | 탄성 충돌 | 1 | 2.7 |
| 62 | 만유인력 | 12 | 32.4 | 55 | 회전 운동 | 6 | 16.2 | 52 | 각가속도 | 1 | 2.7 |
| 6 | 평균 속도 | 11 | 29.7 | 22 | 뉴턴의 제2법칙 | 5 | 13.5 | 53 | 관성 모멘트 | 1 | 2.7 |
| 9 | 중력 가속도 | 10 | 27.0 | 44 | 운동량 | 5 | 13.5 | 59 | 회전 관성 | 1 | 2.7 |
| 32 | 자유 낙하 운동 | 10 | 27.0 | 64 | 단진자 운동 | 5 | 13.5 | 61 | 각운동량 보존 | 1 | 2.7 |
| 37 | 운동에너지 | 10 | 27.0 | 17 | 수직 항력 | 4 | 10.8 | 45 | 충격량 | 0 | 0 |
| 43 | 에너지 보존 법칙 | 10 | 27.0 | 28 | 운동 마찰력 | 4 | 10.8 | | | | |
| 38 | 위치에너지 | 9 | 24.3 | 40 | 탄성(위치)에너지 | 4 | 10.8 | | | | |

*여기서 '개념 번호'는 추출한 물리 기본개념 64개의 목록순서로서 다른 특별한 정보를 주지는 않으나, 이후의 결과들과 쉽게 비교하기 위하여 남겨두었다.

표 7. 과학자가 생각하는 초등학생에 정의를 가르쳐야 하는 개념 순위

| 개념 번호 | 개념 | N=37 (%) | 개념 번호 | 개념 | N=37 (%) | 개념 번호 | 개념 | N=37 (%) |
|-------|---------|----------|-------|-----------|----------|-------|------------|----------|
| 31 | 압력 | 28 75.7 | 25 | 뉴턴의 제3법칙 | 8 21.6 | 23 | 중력 질량 | 2 5.4 |
| 4 | 속력 | 26 70.3 | 19 | 뉴턴의 제1법칙 | 7 18.9 | 29 | 정지 마찰력 | 2 5.4 |
| 16 | 중력 | 26 70.3 | 33 | 낙하와 공기저항 | 7 18.9 | 34 | 종단 속력 | 2 5.4 |
| 27 | 마찰력 | 26 70.3 | 37 | 운동에너지 | 7 18.9 | 47 | 탄성 충돌 | 2 5.4 |
| 14 | 힘 | 25 67.6 | 43 | 에너지 보존 법칙 | 7 18.9 | 48 | 비탄성 충돌 | 2 5.4 |
| 15 | 무게 | 21 56.8 | 38 | 위치에너지 | 6 16.2 | 17 | 수직 항력 | 1 2.7 |
| 5 | 속도 | 20 54.1 | 44 | 운동량 | 6 16.2 | 24 | 힘과 상호작용 | 1 2.7 |
| 20 | 관성 | 18 48.6 | 55 | 회전 운동 | 6 16.2 | 30 | 마찰 계수 | 1 2.7 |
| 35 | 일 | 16 43.2 | 10 | 등 가속도 | 5 13.5 | 40 | 탄성(위치) 에너지 | 1 2.7 |
| 8 | 가속도 | 15 40.5 | 12 | 포물체 운동 | 5 13.5 | 45 | 충격량 | 1 2.7 |
| 62 | 만유인력 | 14 37.8 | 13 | 상대 속도 | 5 13.5 | 51 | 각속도 | 1 2.7 |
| 26 | 작용-반작용 | 12 32.4 | 21 | 알짜 힘 | 5 13.5 | 58 | 토크 | 1 2.7 |
| 32 | 자유낙하 운동 | 12 32.4 | 22 | 뉴턴의 제2법칙 | 5 13.5 | 41 | 탄성률 | 0 0 |
| 50 | 무게 중심 | 12 32.4 | 49 | 질량중심 | 5 13.5 | 42 | 탄성 한계 | 0 0 |
| 57 | 원심력 | 12 32.4 | 54 | 병진 운동 | 5 13.5 | 52 | 각가속도 | 0 0 |
| 56 | 구심력 | 10 27.0 | 7 | 순간 속도 | 4 10.8 | 53 | 관성 모멘트 | 0 0 |
| 1 | 스칼라 량 | 9 24.3 | 18 | 평형 상태 | 4 10.8 | 59 | 회전 관성 | 0 0 |
| 2 | 벡터 량 | 9 24.3 | 36 | 일률 | 4 10.8 | 60 | 각운동량 | 0 0 |
| 9 | 중력 가속도 | 9 24.3 | 39 | 역학적 에너지 | 4 10.8 | 61 | 각운동량 보존 | 0 0 |
| 11 | 등속 원운동 | 9 24.3 | 28 | 운동 마찰력 | 3 8.1 | 63 | 케플러의 법칙 | 0 0 |
| 3 | 변위 | 8 21.6 | 46 | 운동량 보존 법칙 | 3 8.1 | | | |
| 6 | 평균 속도 | 8 21.6 | 64 | 단진자 운동 | 3 8.1 | | | |

교과서에 직접적으로 드러난 개념이나 용어에 대하여 알아보았다. 초등학교 3학년부터 과학과목이 있는데, 본 연구에서 다루는 역학 부분과 관련된 물리분야만 서술하도록 하였다.

표 8에서 보는 바와 같이 4학년 1학기에 무게에 관련한 수평잡기 단원이 있다. 이 학기뿐만 아니라 전체에 걸쳐 제7차 교육과정에서는 개념의 정의는 물론, 용어 자체도 직접적으로 언급되지 않는 경우가 많다. 이 단원에서도 무게 중심 개념은 다루지만 용어는 사용하지 않는다.

다음 4학년 2학기에도 힘과 관련한 용수철늘이기 단원이 있다(표 9). 이 단원에서도 무게와 힘의 관계, 또는 중력을 다루고 있으나 교육과정에서 언급할 뿐 교과서에서는 용어가 등장하지 않는다. 반

대로 탄성에 대한 용어는 교과서에만 등장하고, 용수철의 쓰임새나 역할 등도 오로지 교과서에서만 강조되고 있다.

5학년 1학기에는 물체의 속력 단원이 있다. 상대적인 운동에 대해서는 교과서에서만 다루고 있고, 주로 속력의 의미를 시간과 거리 측정을 통한 활동 위주로 시작하여 그래프 그리기로 완성하여 다루고 있다. 그러나 교과서의 참고 사진으로 나와 그 개념이 언급될 수 있는 평균 속력과 순간 속력은 삽화로만 등장할 뿐 그 용어나 의미는 교육과정과 교과서에 직접 등장하지 않는다.

5학년 2학기에는 에너지 단원이 있다. 역학에서는 운동에너지와 위치에너지, 역학적 에너지, 그리고 탄성 에너지를 주로 다루지만, 여기서는 실생활에

표 8. 초등학교 4학년 1학기 교육과정과 교과서에 나오는 물리 내용

| 1단원. 수평잡기 | 교육과정 | 교과서 | 교육과정 | 교과서 | |
|------------------------|------|-----|--------|-----|---|
| 내용 | 언급 | 언급 | 용어 | 등장 | |
| 수평 만드는 방법 알기 | ○ | ○ | 무게 중심 | ○ | × |
| 수평의 원리 알기 | ○ | ○ | | | |
| 수평잡기를 통한 물체의 무게 비교하기 | ○ | ○ | (받침점) | ○ | × |
| 수평잡기 원리 이용한 양팔 저울 만들기 | ○ | ○ | (양팔저울) | ○ | ○ |
| 양팔 저울 이용한 무게 비교하기 | ○ | ○ | 무게 | ○ | ○ |
| 물체의 크기와 모양에 따른 무게 비교하기 | × | ○ | | | |

표 9. 초등학교 4학년 2학기 교육과정과 교과서에 나오는 물리 내용

| 6단원. 용수철 늘이기 | 교육과정 | 교과서 | 교육과정 | 교과서 |
|-----------------------------------|------|-----|---------|-----|
| 내용 | 언급 | 언급 | 용어 | 등장 |
| 도구에 따라 용수철의 굵기, 길이, 모양이 다름 알기 | × | ○ | | |
| 용수철의 탄성과 복원력 | × | ○ | 탄성 | × |
| 용수철로 저울을 만들어 무게 재기 | ○ | ○ | (무게 측정) | ○ |
| 용수철의 늘어나는 길이와 무게의 관계 | ○ | ○ | | |
| 용수철로 힘의 크기 재기 | ○ | × | (힘 측정) | ○ |
| 용수철의 늘어나는 길이와 힘의 크기 관계 | ○ | × | | |
| 추의 무게로 힘의 크기 나타내기(손으로 당기는 힘과의 비교) | ○ | × | 무게=힘 | ○ |
| 용수철 저울의 쓰임새 | × | ○ | | |

표 10. 초등학교 5학년 1학기 교육과정과 교과서에 나오는 물리 내용

| 4단원. 물체의 속력 | 교육과정 | 교과서 | 교육과정 | 교과서 |
|--|------|-----|-----------|-----|
| 내용 | 언급 | 언급 | 용어 | 등장 |
| 물체를 앞으로 움직이는 것과 배경을 뒤로 움직이는 것이 같은 효과인 것 알기 | × | ○ | (상대적인 운동) | × |
| 일정한 시간동안 이동한 거리 재기 | ○ | ○ | 빠르기 | ○ |
| 일정한 거리를 이동하는데 걸리는 시간 재기 | ○ | ○ | | |
| 일정한 시간동안 움직인 거리 구하기 | ○ | ○ | 속력 | ○ |
| 시간-속력 그래프의 기울기 해석하기 | ○ | ○ | | |
| 물체가 움직인 거리를 걸린 시간으로 나누어 물체의 속력 계산하기 | ○ | ○ | (속력 비교) | ○ |
| 생활에서 경험하는 물체의 속력과 연계하기 | ○ | ○ | | |
| 전체 거리를 가는데 걸린 시간을 측정하여 속력 계산하기 | × | ○ | 평균 속력 | × |
| 자동차의 순간속력(과속 탐지기) | × | ○ | 순간 속력 | × |

서의 에너지와 사용, 그 전환을 다루고 있다. 순수한 물리학과는 거리가 있다. 한편, 6학년 1학기에 전자석 단위뿐 본 연구에서 다루는 역학 부분이 없고, 6학년 2학기에 2개 단원이 있다. 6학년 2학기의 물속에서의 물체의 무게와 압력 단위에서는 부력과 밀도, 수압을 다루고 있다. 본 연구에서는 부력을 포함한 유체 역학은 제외하기로 하였다. 또 하나, 6학년 2학기에 편리한 도구 단원이 있다. 지레와 도르래, 빗면과 축바퀴 등 일의 원리를 알기 위한 편리한 도구 등이 등장하고 활동도 많이 나오지만, 직접적으로 일의 용어나 정의는 자세히 다루지 않는다.

이와 같이 현행 교육과정과 교과서에서는 매우 한정된 극소수의 개념이나 용어만을 다루고 있음을 알 수 있다. 3~4학년에 나온 내용이 5~6학년에 나온 내용보다 더 쉬운 탐구나 활동이라고는 할 수 있겠으나, 더 쉬운 하위 개념이나 기본개념이라고 할 수 있는지, 또 그래야 하는지도 추후 연구해 보아야 할 것이다.

2) 교사가 인지하는 초등학생에게 필요한 기본 개념

초등학생에게 도입하여 그 용어를 사용해야 한다고 초등교사들이 생각하는 기본개념 및 용어의 순서는 표 14와 같았다. 70% 이상의 교사가 초등학생에게 용어를 도입해야 한다고 생각하는 개념은 무게, 힘, 속력, 압력, 속도, 중력이었으며, 그외에 일, 운동에너지, 관성, 마찰력, 위치에너지, 작용-반작용, 가속도, 만유인력, 원심력, 평균 속도, 구심력도 50% 이상이 사용해야 한다고 하였다.

또한, 초등학생들에게 도입하여 그 정의를 가르쳐야 한다고 생각하는 기본개념의 순서는 표 15와 같았다. 70% 이상의 교사가 응답한 개념은 힘, 속력, 무게, 압력, 속도뿐이었으며, 그 외에 중력, 관성, 마찰력, 일, 만유인력, 위치에너지, 운동에너지, 작용-반작용, 가속도, 평균 속도, 원심력도 50% 이상의 교사들이 답하였다. 용어를 도입해야 하느냐, 뿐만 아니라 가르쳐야 하느냐의 차이는 순서만 약간 다를 뿐 큰 차이는 나타나지 않았다.

표 11. 초등학교 5학년 2학기 교육과정과 교과서에 나오는 물리 내용

| 8단원. 에너지 | 교육과정 | 교과서 | 교육과정 | 교과서 |
|--------------------------|------|-----|----------|-----|
| 내 용 | 언급 | 언급 | 용어 | 등장 |
| 에너지를 사용할 때 일어나는 일에 대해 알기 | × | ○ | 에너지 | × |
| 공 떨어뜨린 높이와 공이 가진 에너지 비교 | × | ○ | 위치에너지 | × |
| 찬물과 뜨거운 물이 가진 에너지 비교 | × | ○ | (열에너지) | ○ |
| 열에너지로 변하게 하기 | ○ | ○ | (에너지 전환) | ○ |
| 운동에너지로 변하게 하기 | ○ | ○ | | × |

표 12. 초등학교 6학년 2학기 교육과정과 교과서에 나오는 물리 내용 1

| 1단원. 물속에서 무게와 압력 | 교육과정 | 교과서 | 교육과정 | 교과서 |
|--------------------------|------|-----|---------|-----|
| 내 용 | 언급 | 언급 | 용어 | 등장 |
| 물속에서는 물체의 무게가 적게 나감 알기 | ○ | ○ | (부력) | × |
| 물체마다 무게가 가벼워진 정도가 다름 알기 | ○ | ○ | | |
| 물에 잠긴 부피가 클수록 무게 가벼워짐 알기 | ○ | ○ | | |
| 물체가 떨어진 물의 무게만큼 가벼워짐 알기 | × | ○ | | |
| 물의 깊이와 물의 압력(수압)과의 관계 | ○ | ○ | (물의) 압력 | ○ |
| 물의 압력이 모든 방향으로 작용함 알기 | ○ | ○ | | |
| 물체가 뜨는 것과 부피, 무게와의 관계 | × | ○ | (밀도) | × |
| 힘이 작용 면적이 좁아지면 압력이 커짐 알기 | ○ | ○ | | |

표 13. 초등학교 6학년 2학기 교육과정과 교과서에 나오는 물리 내용 2

| 6단원. 편리한 도구 | 교육과정 | | 교과서 | | |
|--|------|----|----------------|----|----|
| | 내용 | 언급 | 언급 | 용어 | 등장 |
| 지레를 이용하여 작은 힘으로도 들어올리기 | ○ | ○ | (지레) | ○ | ○ |
| 고정/움직 도르래를 이용하여 작은 힘, 또는 편리한 방향으로 물체 들어올리기 | ○ | ○ | (도르래) | ○ | ○ |
| 빗면, 축바퀴 등 여러 도구를 이용하여 작은 힘으로 물체 들어올리기 | ○ | ○ | (빗면, 축바퀴) | ○ | ○ |
| 힘점과 받침점의 거리, 작용점 알기 | × | ○ | (받침점, 힘점, 작용점) | × | ○ |
| 지레, 도르래, 빗면, 축바퀴 사용의 예 | ○ | ○ | (1종/2종/3종 도르래) | ○ | ○ |
| 추의 무게×받침점에서 추까지의 거리 관계 | × | ○ | | | |
| 도르래와 지레로 한 일의 크기 | × | ○ | 일 | × | × |

표 14. 교사가 생각하는 초등학생에 용어를 사용해야 하는 개념 순위

| 개념 번호 | 개념 | N=37 (%) | 개념 번호 | 개념 | N=37 (%) | 개념 번호 | 개념 | N=37 (%) |
|-------|-----------|----------|-------|------------|----------|-------|---------|----------|
| 15 | 무게 | 122 89.7 | 25 | 운동량 | 46 33.8 | 60 | 각운동량 | 12 8.8 |
| 14 | 힘 | 121 89.0 | 7 | 순간 속도 | 41 30.1 | 61 | 각운동량 보존 | 12 8.8 |
| 4 | 속력 | 115 84.6 | 40 | 탄성(위치) 에너지 | 40 29.4 | 17 | 수직 항력 | 10 7.4 |
| 31 | 압력 | 112 82.4 | 55 | 회전 운동 | 38 27.9 | 11 | 등속 원운동 | 9 6.6 |
| 5 | 속도 | 108 79.4 | 28 | 운동 마찰력 | 36 26.5 | 41 | 탄성률 | 9 6.6 |
| 16 | 중력 | 105 77.2 | 32 | 자유낙하 운동 | 36 26.5 | 30 | 마찰 계수 | 8 5.9 |
| 35 | 일 | 95 69.9 | 46 | 운동량 보존 법칙 | 35 25.7 | 59 | 회전 관성 | 8 5.9 |
| 37 | 운동에너지 | 91 66.9 | 9 | 중력 가속도 | 31 22.8 | 3 | 변위 | 7 5.1 |
| 20 | 관성 | 89 65.4 | 22 | 뉴턴의 제2법칙 | 31 22.8 | 54 | 병진 운동 | 7 5.1 |
| 27 | 마찰력 | 89 65.4 | 29 | 정지 마찰력 | 31 22.8 | 21 | 알짜 힘 | 6 4.4 |
| 38 | 위치에너지 | 89 65.4 | 49 | 질량중심 | 31 22.8 | 42 | 탄성 한계 | 5 3.7 |
| 26 | 작용-반작용 | 80 58.8 | 36 | 일률 | 25 18.4 | 51 | 각속도 | 5 3.7 |
| 8 | 가속도 | 78 57.4 | 33 | 낙하와 공기 저항 | 21 15.4 | 48 | 비탄성 충돌 | 4 2.9 |
| 62 | 만유인력 | 78 57.4 | 39 | 역학적 에너지 | 21 15.4 | 52 | 각가속도 | 4 2.9 |
| 57 | 원심력 | 77 56.6 | 23 | 중력 질량 | 20 14.7 | 2 | 벡터 량 | 3 2.2 |
| 6 | 평균 속도 | 76 55.9 | 25 | 뉴턴의 제3법칙 | 20 14.7 | 47 | 탄성 충돌 | 3 2.2 |
| 56 | 구심력 | 70 51.5 | 13 | 상대 속도 | 19 14.0 | 53 | 관성 모멘트 | 3 2.2 |
| 50 | 무게 중심 | 65 47.8 | 64 | 단진자 운동 | 18 13.2 | 1 | 스칼라 량 | 2 1.5 |
| 18 | 평형 상태 | 51 37.5 | 63 | 케플러의 법칙 | 17 12.5 | 34 | 중단 속력 | 1 0.7 |
| 24 | 힘과 상호작용 | 50 36.8 | 12 | 포물체 운동 | 13 9.6 | 58 | 토크 | 1 0.7 |
| 19 | 뉴턴의 제1법칙 | 47 34.6 | 45 | 충격량 | 13 9.6 | | | |
| 43 | 에너지 보존 법칙 | 46 33.8 | 10 | 등 가속도 | 12 8.8 | | | |

표 15. 교사가 생각하는 초등학생에 정의를 가르쳐야 하는 개념 순위

| 개념 번호 | 개 념 | N=37 | (%) | 개념 번호 | 개 념 | N=37 | (%) | 개념 번호 | 개 념 | N=37 | (%) |
|----------|-----------|------|------|----------|-----------|------|------|----------|---------|------|-----|
| 14 | 힘 | 112 | 82.4 | 44 | 운동량 | 40 | 29.4 | 3 | 변위 | 13 | 9.6 |
| 4 | 속력 | 112 | 82.4 | 40 | 탄성(위치)에너지 | 39 | 28.7 | 11 | 등속 원운동 | 12 | 8.8 |
| 15 | 무게 | 110 | 80.9 | 24 | 힘과 상호작용 | 35 | 25.7 | 21 | 알짜 힘 | 11 | 8.1 |
| 31 | 압력 | 103 | 75.7 | 32 | 자유낙하 운동 | 35 | 25.7 | 64 | 단진자 운동 | 10 | 7.4 |
| 5 | 속도 | 100 | 73.5 | 22 | 뉴턴의 제2법칙 | 34 | 25.0 | 10 | 등 가속도 | 10 | 7.4 |
| 16 | 중력 | 95 | 69.9 | 33 | 낙하와 공기 저항 | 34 | 25.0 | 54 | 병진 운동 | 10 | 7.4 |
| 20 | 관성 | 84 | 61.8 | 28 | 운동 마찰력 | 29 | 21.3 | 59 | 회전 관성 | 9 | 6.6 |
| 27 | 마찰력 | 83 | 61.0 | 13 | 상대 속도 | 29 | 21.3 | 30 | 마찰 계수 | 8 | 5.9 |
| 35 | 일 | 80 | 58.8 | 49 | 질량중심 | 28 | 20.6 | 61 | 각운동량 보존 | 7 | 5.1 |
| 62 | 만유인력 | 78 | 57.4 | 39 | 역학적 에너지 | 28 | 20.6 | 2 | 벡터 량 | 7 | 5.1 |
| 38 | 위치에너지 | 77 | 56.6 | 9 | 중력 가속도 | 26 | 19.1 | 47 | 탄성 충돌 | 7 | 5.1 |
| 37 | 운동에너지 | 75 | 55.1 | 46 | 운동량 보존 법칙 | 25 | 18.4 | 63 | 케플러의 법칙 | 6 | 4.4 |
| 26 | 작용-반작용 | 75 | 55.1 | 29 | 정지 마찰력 | 25 | 18.4 | 60 | 각운동량 | 6 | 4.4 |
| 8 | 가속도 | 72 | 52.9 | 36 | 일률 | 23 | 16.9 | 1 | 스칼라 량 | 6 | 4.4 |
| 6 | 평균 속도 | 70 | 51.5 | 25 | 뉴턴의 제3법칙 | 23 | 16.9 | 34 | 중단 속력 | 6 | 4.4 |
| 57 | 원심력 | 69 | 50.7 | 23 | 중력 질량 | 21 | 15.4 | 51 | 각속도 | 5 | 3.7 |
| 56 | 구심력 | 66 | 48.5 | 55 | 회전 운동 | 20 | 14.7 | 48 | 비탄성 충돌 | 5 | 3.7 |
| 50 | 무게 중심 | 62 | 45.6 | 12 | 포물체 운동 | 19 | 14.0 | 58 | 토크 | 5 | 3.7 |
| 19 | 뉴턴의 제1법칙 | 55 | 40.4 | 45 | 충격량 | 18 | 13.2 | 52 | 각가속도 | 4 | 2.9 |
| 43 | 에너지 보존 법칙 | 54 | 39.7 | 42 | 탄성 한계 | 16 | 11.8 | 53 | 관성 모멘트 | 4 | 2.9 |
| 18 | 평형 상태 | 44 | 32.4 | 17 | 수직 항력 | 15 | 11.0 | | | | |
| 7 | 순간 속도 | 42 | 30.9 | 41 | 탄성률 | 15 | 11.0 | | | | |

3. 과학자와 교사의 인식과 교육과정의 비교

1) 기본개념 선택에서 과학자와 교사, 교육과정의 차이

과학자가 교사에 비해 초등학생에게 요구하는 개념의 종류가 상대적으로 매우 적었으며, 그 수준도 간단한 것들이었다. 과학자들은 초등교사들에 비해 무게보다는 힘과 중력, 압력, 속력 등의 개념 순위를 더 높게 보았다는 점, 교사들은 과학자들보다 에너지 특히 운동에너지와 위치에너지의 용어를 매우 중요시한다는 점이 특징이라고 할 수 있다. 전자는 용어들의 정의나 그 수준으로 볼 때 과학자들은 개념 위계를 중요시하여 평가하였기 때문으

로 보이며, 후자는 초등학교에서 에너지라는 용어를 직접 강조하여 가르치지 않으나, 그 개념이나 뜻이 등장하기 때문으로 보인다. 또 작용-반작용, 구심력과 원심력, 만유인력 등의 개념을 초등학생에게 도입해야 한다고 생각하는 비율도 과학자들보다 오히려 초등교사들이 더 높았다.

또한, 교육과정이나 교과서에서 실제로 제시되는 기본개념은 극히 소수로 제한적이었던 결과와 비교할 때에도, 교사들이 기본개념이라고 생각하는 것은 과학자들이 생각하는 그것에 비해 월등하게 많았다는 점과 그 개념들의 이해에 대한 교육 즉 연수의 필요성을 피력하였다는 점은 주목할 만하다. 이는 교육과정이나 교과서에 등장한 개념만으로 수

업이나 설명을 하기에는 매우 부족함을 말해주는 증거가 되는 것이며, 오히려 말 그대로 기본개념이나 기준의 부재로 해석될 수도 있다. 이 연구에서 가장 주목해야 할 점이다.

2) 기본개념에 대한 자유 진술에서 과학자와 교사의 차이

(1) 기본개념 조사에 대한 과학자들의 생각

과학자들은 주로 개념의 도입 및 연계성, 그리고 탐구와 과정의 중요성을 말하였다.

- 초등학교에서는 물리적 세계에 대한 엄밀한 개념(논리)적 체계를 피하여 아주 작은 개수의 운동과 관련된 개념(예: 속도, 가속도, 힘 정도)만을 도입한다. 기타 사항은 연역적인 체계를 유지하기보다는 현상의 관찰이나 체험 또는 탐구 활동을 통하여 현상들에 범칙성이 있음을 깨닫게 하고, 중요한 결과에 대해서는 이를 간단하게 요약 제시하는 정도에 그친다. 나머지 개념들에 대해서는 느슨한 형태의 용어의 설명수준을 유지한다.
- 용어를 많이 배우기보다는 현상에 대한 소개와 탐구, 그리고 사고 과정이 중점적으로 다루질 수 있으면 좋겠다.
- 물리 용어를 제시하고 그 의미를 설명하기보다 실험을 통해 어떤 물리량을 생각해야 하는 필요성을 느끼게 하는 것이 옳바르다. 따라서 용어 정의가 꼭 초등학교에서 필요한 것은 아니다.
- 초등학교 때부터 물리에 대한 기본 용어들을 많이 들어보면 중고등학교 과학, 특히 물리 수업에 많은 도움이 되지 않을까 한다.
- 중고등학교 교육과정이나 교과서에서 다루는 개념과 용어를 사용하여 후속 연구가 이어지길 바란다.
- 역학부분만 하였는데, 다른 영역도 함께 다루어졌으면 좋겠다.
- 용어를 쓰지 않으면 의미도 가르치기 힘들다. 개념(용어)에 대한 교육은 중요하고 필요하다.
- 초등학생들의 학습 능력, 지적 수준은 예전에 비해 크게 향상되어 있다. 용어든, 의미든, 정확히 전달만 할 수 있다면 교차된 의지 전달이 바람직하다고 생각한다. 어리다고, 오늘 시험에 안 나온다고, 어느 적당한 선에서“이제 그만...”하지 않았으면 한다.

가장 자주 등장하는 의견은 초등학생들에게 어려운 용어를 쓰지 말자는 생각이었다.

- 이 조사에서 사용한 개념의 예는 거의 대학 수준에 적합한 것이어서, 이들을 초등학교 교과과 관련하여

- 여 생각하는 것에 무리가 있다는 느낌이다.
- 너무 어려운 개념을 가르치거나 주입하지 않았으면 한다. 그렇지 않으면 선생님들도 힘들게 될 것이다.
- 아이들에게 일상생활에서 흔히 볼 수 있는 현상에 대해 과학적 용어의 도입은 큰 거부감없이 받아들일 수 있겠다. 그러나 그외 계산을 위해 도입된 익숙하지 않은 개념은 나중에 도입해야 할 것이다.
- 쉽게 설명할 수 있을 것 같은 내용은 가르쳐도 이렇게 재미없는 용어는 쓰지 않는 게 좋겠다.
- 특히 어려운 한자의 음을 빌린 표현은 사용하지 않았으면 한다.
- 이런 어려운 용어는 쓰지 말자, 그리고 의미도 쉽게 가르치자.
- 어려운 말이나 개념을 가르치려고 애쓰기보다는 과학에 대한 접근이 쉽도록 흥미 유발과 나중에 접할 때 좀 더 즐겁게 받아들일 수 있는 교육이 필요하다고 생각된다. 대부분의 중고등학생들이 물리하면 어렵다는 생각부터 가지는 것이 초등교육에서부터 문제가 아니었는지 라는 생각도 든다.
- 초등 영재 수업을 해본 적이 있는데, 그들에게 생소한 물리 용어를 사용하면 전혀 듣지 않았는데, 일상에서 일어나는 현상과 쉬운 말로 설명하면 다소 집중이 잘 되는 것을 보았다. 하지만 너무 쉬운 개념은 길게 설명할 필요는 없을 것 같았다.

다음은 기타 의견이다.

- 부피 개념 설문이 없다. 면적, 단위 면적, 표면적도 누락되었다.
- 초등학생이 잡지나 주변 환경에서 들을 법한 단어가 그들에게 필요한 단어라고 생각한다.
- 초등학교 교과 과정을 몰라, 욕심이 앞선 선택이 많다. 참고만 하길 바란다.

정리하면 과학자들은 이런 걸 왜 애들한테 가르쳐야 할 지 고민하는지. 또 요즘 초등학생들이 이렇게 ‘재미없는’ 용어로 배우고 있는지 걱정하였으며, 왜 과학자와 교사가 다르게 생각하리라고 가정하는 지도 기분 나빠 하는 이도 있었다. 용어에 대한 연구에 대한 설문을 하는 중에도 이들은 실험과 활동의 중요성을 강조하였다. 그리고 대체로 초등학생들이 무엇을 어떻게 얼마나 배우고 있는지 몰라서 설문에 답하는 것을 어려워하였다.

(2) 기본개념 조사에 대한 교사들의 생각

교사 교육 또는 연수, 자료개발의 필요성을 언급

하였다.

- 교사들이 좀 더 쉽게 개념들을 접하고 가르칠 수 있도록 실제적 연수가 있었으면 한다. (다수 의견)
- 교사(설문 응답자 자신)의 역량 부족으로 흥미를 떨어뜨리는 것이 아닌가 걱정된다.
- 재미있는 동영상 자료와 함께 과학개념을 가르치는 수업을 할 수 있게 자료가 개발되었으면 좋겠다.
- 5학년의 에너지 변환 과정이 나오는 데 위치에너지, 운동에너지를 학생들이 어려워한다. 쉽게 접근할 수 있는 수업 아이디어가 필요하다.
- 낯선 과학 용어가 너무 많다, 용어가 어려워서 교사인 나도 모르겠다. (다수 의견)
- 교과서에 직접 나오는 과학 용어와 학습 중 도입해서 써야 될 과학 용어를 어떻게 구분해서 적절히 가르쳐야 할 지 항상 고민이다.
- 위 개념에 대해 선생님들도 교육이 필요하다. (다수 의견)

교육과정상의 문제성을 지적하였다. 이는 2007년 현재 진행되고 있는 새 교육과정의 토론에서도 매우 강력하게 논의되고 있는 것들과 일치한다(김정혁, 2007).

- 과학교육이 초등교육에서 정말 중요하다고 생각하는데, 교육과정상의 문제로 흥미를 떨어뜨리는 결과를 초래하고 있는 듯하여 안타깝다.
- 초등학교 과학 수업 한 단원을 살펴볼 때 활동 중심으로 구성되어 대부분의 수업 목표가 탐구 활동이나 과학에 대한 흥미있는 부분을 제외하고 원리나 개념은 한 두개 정도인 것 같다. 따라서 활동이나 주변 환경에 대한 탐구를 통해 발견할 수 있는 개념만 도입 가능한 것 같다.
- 수업 시간에 힘, 물체의 속력, 속도, 상대 속도, 무게중심, 운동에너지, 위치에너지 등은 교과서에서 가르쳐야 할 기본 내용으로 용어의 개념 및 정의가 필요하다. 하지만 현행 교육과정에서는 과학 용어 및 개념에 대한 이해나 설명이 생략한 채 현상만 가르치고 있어 학생들의 과학개념이해에 도움이 되지 못하고 있다.
- 실험 관찰 등 읽을거리에 개념에 대한 간략한 설명식으로 아동들에게 제공된다면 개념 이해에 도움이 될 것이다.

개념의 도입 및 연계성에 대하여 언급하였다.

- 위의 단어 자체도 생소하지만, 추상적이고 눈에 보이지 않는 현상들을 설명해야 하는 단어의 의미는 초등에서 지도하기가 쉽지 않을 것 같다. 고학년 정도에서 시도는 해 볼만 하지만 중하위권 학생들

- 에게는 과학이 어렵다는 인상을 줄 수 있을 것 같다.
- 초등과학교육이라고 해서 초등에 필요한 것만 따질 것이 아니라 상위 학교 수준과 연계해서 고려되어야 한다고 생각한다.
- 원심력, 구심력, 관성, 중력 등은 교과서에서 가르치고 있지 않지만, 학생들이 일상생활에서 쉽게 접하는 과학개념이자, 생활 용어이기 때문에 수업시간에 용어에 대한 정의를 직접 가르치지 않더라도 학생들이 이미 알고 있는 내용이라 생각한다. 따라서 교사가 수업시간에 용어를 사용하는 것이 학생들에게 생소하게 느껴지지 않을 것이라 판단된다.
- 기본개념은 정의를 도입하고, 파생 개념은 내용만 언급한다.
- 초등학교 5학년에 에너지의 상태 변화가 나오는데, 어려운 용어(전기 에너지, 운동에너지) 없이 설명하면 어린이들이 더 잘 이해하는 것 같다. 그리고 어려운 용어를 사용하면 이해하는 어린이도 헛갈려 한다.
- 학생들에게 의도를 가지고 설명하긴 하지만, 학생들이 먼저 질문을 하거나 사용해서 설명하게 될 때가 있다.
- 수학이나 과학을 지도할 때에는 용어를 지도하고 나서 그 용어로 설명하는 것이 훨씬 아이들의 학습에 도움이 되었다.

개념 자체에 대한 진술 등 기타 의견은 다음과 같다.

- 기본적인 과학개념을 학습하는 것이 학생들의 기본 과학개념의 이해에 도움이 되며, 다른 영역으로 의미를 확장시켜 생각할 수 있는 토대가 된다.
- 에너지의 개념을 정확히 지도할 필요가 있다.
- 많은 것을 알기보다는 정확한 개념을 알고 이해하는 것이 더 중요하다고 생각한다.

이와 같이 교사들은 교사 자신의 개념 이해나 연수에 대한 필요성을 가장 많이 언급하였으며, 과학 지식 이해에 대한 자신감 부족을 표하였다. 그러나 초등 교사들에게 개념 이해의 정도나 정확성에 부담되는 책임감을 강조만 할 것이 아니라, 보다 면밀한 연구를 통해 기준을 마련해 주고, 적절한 교육과 연수를 통하여 기본에 대한 자신감을 주는 것이 더 중요할 듯하다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 학문과 학자가 요구하는 초등학교 수준의 물리분야 기본개념과 교과와 교사가 인지하

고 표현하는 기본개념의 일치도를 조사하는 연구이다. 이를 위하여 과학 교재에서 물리 기본개념을 발췌하여 과학교육학 문헌의 범주화를 참고로 하여 물리개념을 목록으로 만들어 설문지를 완성하였다. 이를 과학자 그룹과 초등 교사 그룹에 투입하여 그들의 인식을 조사하고 교육과정과 교과서와도 비교하였다. 이를 통하여 현장 교사가 알아야 할 물리 기본개념은 무엇이며, 교과서에서 요구하는 기본개념은 무엇이며, 그 결과 초등학생들이 알고 있어야 할 할 기본개념이 무엇인지를 추출하고자 하였다.

여기서 잠시 일화 하나를 보고 가기로 한다. 1987년 11월 California주 캘리포니아 Pasadena에서 AAPT (American Association of Physics Teachers; 미국물리 교사협회)가 열렸는데, 거기서 “고등학교에서 가르쳐야 할 물리”에 대한 토론이 있었다(박찬웅, 2006). 패널 A의 대표는 Hewitt였고, 반대편인 패널 B의 대표는 Hewitt가 자신의 우상이라고 밝힌 대물리학자 Richard Feynman 이었다. 패널 A는 ‘물리는 모든 학생에게 가르쳐야 하고, 과학교육의 첫 과정인 9~10학년(중3~고1)때 배우는 것이 가장 적당하다.’고 하였고, 패널 B는 ‘지금까지 너무 오랫동안 고등학교에서 물리를 제대로 가르치지 못하였으므로 물리 과목 수당을 늘리는 것이 상황을 더 악화시킬 수 있다. 즉, 현재 학교에서 학생들에게 잘못된 개념들을 너무 많이 가르치고 있기 때문에 엉터리로 물리를 배우느니 차라리 안 배우는 게 낫다. 그리고 제대로 가르칠 교사가 부족하다.’고 하였다. 이에 대해 다시 저자이자 패널 A는 ‘현재 학교에 능력있는 교사는 많다, 물리시간에 수학문제에 너무 치중해 물리에 관한 흥미를 없애는 것이 문제이므로 개념적 방향으로 이끌면 극복할 수 있다.’라고 하였다.

본 연구의 궁극적인 목적은 과연 ‘초등학교에서 가르쳐야 할 물리’는 어디까지인가 하는 것이었다. 현행 교육과정과 교과서에서는 매우 한정된 극소수의 개념이나 용어만을 다루고 있다. 그러나 과학 교재에서 추출한 개념은 용어 자체가 초등교사는 물론 과학자들에게도 초등학생에 적용하기에는 매우 어렵게 느껴져서 흥미롭거나 바람직하지 못한 단어들로 비춰졌다. 그러나 과학자보다는 오히려 초등교사들이 기대하는 기본개념의 숫자가 더 많았으며, 그러면서도 교사들은 많은 물리개념에 대한 이해도에 대한 수요와 그 책임의 부담을 드러내

었다. 교사들이 이처럼 수업 내용과 자신의 개념이 해 수준에 대해 부족함을 느끼는 이유에 대하여 논의해 보아야 할 것이다. 왜 교과서의 내용은 매우 적은데도 교사가 필요로 하는 개념은 매우 많은가 하는 점이다.

과학자와 교사의 인식 비교에서 과학자들이 생각하는 기본개념이 교사들의 그것보다 훨씬 간단하고 적었다는 점, 그리고 무게와 힘, 중력 등에 대한 지목에서와 같이 개념의 위계가 교사들에게 잘 전달되어 있지 못한 점을 볼 때 과학자 아닌 과학 교육학자들은 과학과 교육의 가교가 되어 과학의 기준, 즉 교육에 있어서 기준을 제시하고 연수와 자료를 제공해야 할 필요가 있다.

과학자들은 용어에 대한 연구에 대한 응답을 하면서도 실험과 활동의 중요성을 잊지 않았으며, 어려운 용어의 등장을 염려하고 그 등장을 반대하는 경우가 많았다. 그러나 교사들은 어려운 용어의 등장이 필요없다거나 잘못되었다고 지적하기보다는 그러한 개념들을 가르쳐야 했던 것인지, 또는 그 방법과 수준에 대해 염려하는 경우가 적지 않았다.

따라서 초등 과학교육에서는 과학에서 기본개념이라고 분류되는 해당 개념들의 정의와 사례, 범위를 정할 필요가 있다. 그리고 초등교사교육은 물론 초등교육과정의 연구에도 참고를 하여야 할 것이다. 그리하여 현행과 같이 전(前)교육과정의 내용과 학년이 이러하였는데, 가르치기 어려워서 빼야 한다, 중복되니 그 중 하나는 없애야 한다는 식의 교육과정 점검에서 발전하여, 이제는 기준을 정하고 수준을 정한 후 학생의 수준과 비교하여 그 학년에 맞는 내용을 정하고 교육하여야 할 것이다. 즉, 이 연구에서는 과학 교육과정에 어떤 내용을 담아야 하는가에 대한 논쟁의 일부를 다루려 했다는 점에 작은 의의를 두고, 다만 과학 교육과정에 어떤 내용을 담을 것인가에 대한 고민과 결정을 함에 있어 학문적인 입장도 중요하겠지만, 무엇보다 학생과 학교의 실제적인 입장과 상황을 반드시 고려해야 함을 명심하고 보완 연구를 해 나가야 할 것이다.

참고문헌

- 강만식, 정창희, 이원식, 한인섭, 박은호, 이장진, 김일희, 장병기, 정병훈, 윤용, 이태욱, 한천옥(2003). 중학교 과학 3학년. 교학사.

- 공창식, 남철주, 박성식, 차일환 역(1997). 알기 쉬운 물리학 강의. 청범출판사. [원저: P. G. Hewitt, *Conceptual Physics*, Addison-Wesley Publishing, Inc.]
- 교육인적자원부(1997). 제7차 교육과정. 교육부 고시 1997-15호.
- 교육인적자원부(1998). 초등학교 교육과정 해설 (IV) : 수학, 과학, 실과. 교육인적자원부.
- 교육인적자원부(2001a~d). 초등학교 과학 3-1, 3-2, 4-1, 4-2. 대한교과서주식회사.
- 교육인적자원부(2001e~h). 초등학교 실험관찰 3-1, 3-2, 4-1, 4-2. 대한교과서주식회사.
- 교육인적자원부(2002a~d). 초등학교 과학 5-1, 5-2, 6-1, 6-2. 대한교과서주식회사.
- 교육인적자원부(2002e~h). 초등학교 실험관찰 5-1, 5-2, 6-1, 6-2. 대한교과서주식회사.
- 교육인적자원부(2002i). 초등학교 교사용 지도서 : “과학” 5학년 2학기. 대한교과서주식회사.
- 권난주(2005). 초등학생들이 생각하는 과학자 이미지와 과학과 관련된 경험 및 배경 조사. *초등과학교육*, 24(1), 59-67.
- 권재술, 김범기(1993). 과학 오개념 편람 : 역학편. 한국교원대학교 물리교육연구실.
- 김익균(1989). 중학교 학생들의 역학개념 구조에 관한 연구. *물리교육*, 7(1), 49-62.
- 김장수(2000). 구성주의 교수전략이 아동들의 힘개념 변화에 미치는 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김정애(2003). 제7차 초등학교 과학교과서의 체제와 내용에 대한 인식조사. 인천교육대학교 석사학위논문.
- 김정혁(2007). 운동과 에너지 영역의 집필방향과 내용구성 토론. 초등학교 3, 4학년용 차세대 과학교과서 개발을 위한 공청회 자료집. 서울교육대학교, 4월 20일.
- 대학물리학교재편찬위원회 역(2003). 대학물리학. (주)북스힐. [원저: H. D. Young & R. A. Freedman, *University Physics with Modern Physics*.]
- 물리학교재편찬위원회 역(2002). 새로운 물리학. 청문각. [원저: R. A. Serway & J. S. Faughn, *College Physics*.]
- 박인규(2003). 인지갈등 교수학습 모형개발, 적용을 통한 과학과 오개념 교정방안. *중등연구교사 종합연구보고집*, 20, 241-256. 서울특별시교육과학연구원.
- 박종원, 최경희, 김영민(2001). 물리교육학 총론 I. 북스힐.
- 박찬용 역(2006). (폴 G. 휴잇의 개념으로 배우는) 터치 터치 물리. 북스힐. [원저: P. Hewitt, *Touch This! Conceptual Physics for Everyone*. Pearson Education, Inc. 2002.]
- 박춘길, 권난주, 권재술(1998). 초등학생의 갈등유발 집단과 비갈등 집단의 개념형성 정도 및 지속효과. *한국과학교육학회지*, 18(3), 273-282.
- 송진웅, 김익균, 김영민, 권성기, 오원근, 박종원(2004). 학생의 물리 오개념 地圖. (주)북스힐.
- 심영이(1994). 인지갈등 전략이 아동의 힘 개념 변화에 미치는 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 이경숙(2003). 힘과 운동에 대한 초등교사 및 과학 교과서의 과학사적 관점 분석. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 이성호, 임청환(1997). 과학기본개념에 대한 초등예비교사들의 이해. 정기학술발표회 및 제31차 정기 총회 자료집. 1월 30일-31일. 한국과학교육학회.
- 이영직(1998). 인지갈등에 의한 고등학생의 물리개념 변화. 한국교원대학교 박사학위논문.
- 이영직, 권재술(1993). 오개념의 견고성 지수. *한국과학교육학회지*, 13(3), 310-316.
- 임영택(2003). 물체의 낙하에 관한 초등학생의 개념유형과 인지갈등정도. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 한국과학교육학회(1990). 과학 오개념에 대한 한영 심포지엄 및 워킹자료집. 한국교원대학교, 11월 13일-15일. 한국과학교육학회.
- 황창윤(2005). 제7차 초등학교 과학교과서의 내용에 관한 아동의 인식비교. 경인교육대학교 석사학위논문.
- Black, P. J. & Lucas, A. M. (1993). *Children's Informal Ideas in Science*. Routledge : London.
- Choi, J. S. & Song, J. (1996). Students' Preferences for Different Contexts for Learning Science. *Research in Science Education*, 26(3), 341-352.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994a). *Making Sense of Science : Research into Children's Ideas*. Routledge : London.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994b). *Making Sense of Science : Support Materials for Teachers*. Routledge : London.
- Duit, R. (1993). *Research on Students' Conceptions : Development and Trends*. In Proceedings of the 3rd International Seminars on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Misconceptions Trust : Ithaca, NY.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141-153.