

■ 제1발제

통합과학(물리) 내용과 분량의 적절성

신민철(부천여자고등학교)

I. 들어가며

교육과정의 변천 과정을 보면 과거에 비해 너무 빠르게 변화하고 있다. 2007개정 교육과정, 2009 개정 교육과정을 거치면서 학교 현장은 혼재된 교육과정 적용으로 많은 혼란을 겪고 있는 것이 사실이다. 이러한 혼란 속에서 또다시 2015개정 교육과정을 추진하고 있다. 교육은 ‘백년지대계’라 하였으나 지금은 5년도 가지 못하는 계획을 세우고 있다. 이러한 결과는 대학 입시에 학교 교육이 매몰되어 교육과정이 파행적으로 이루어지고 있기 때문이 아닌가 생각된다. 이번 2015개정 교육과정은 학교 현장의 목소리가 반영되고, 대학 입시의 방향을 제시할 수 있는 교육과정이 되어 지속 가능한 교육과정이 되어야 할 것이다.

2015개정 과학과 교육과정의 큰 변화는 자연현상에 대한 통합적인 접근과 융복합적 사고가 가능하도록 대주제(Big Idea) 중심의 ‘통합과학’ 과 과학수업에서 탐구실험, 연구 윤리, 과학실 안전교육 등을 강화하기 위해 ‘과학탐구실험’ 과목이 신설되었다는 것이다. 이러한 변화는 지속 가능한 교육과정을 위해 심도 있게 고찰해 보아야 하나 짧은 시간에 이미 ‘통합과학’ 과 ‘과학탐구실험’의 교육과정 시안이 발표 되었다는 것이다. 일단 발표된 교육과정 시안을 토대로 문이과 통합 교육과정에 맞게 ‘통합과학’의 내용과 분량의 적절성이 이루어졌는지 분석하여 제시함으로써 교과서 개발 전에 질적인 제고가 이루어지도록 제안하는 데 그 목적이 있다.

II. ‘통합과학’에 반영된 성취기준의 내용과 분량의 적절성 분석

‘통합과학’은 현행 물리 I, 화학 I, 생명과학 I, 지구과학 I의 30% 정도의 내용과 난이도로 재구조화하여 자연 현상을 통합적으로 이해하는 과목이라고 교육부 보도자료에서 제시하고 있다.

2009개정 교육과정에서 제시한 ‘물리 I’의 성취기준의 수는 총 51개로 그 중에서 10개, ‘과학’에서 8개가 2015개정 교육과정에 성취기준으로 제시되었다. 이는 교육부에서 제시한 방향에 부합한다고 할 수 있다. 하지만 각 성취기준에서 다루어야 하는 내용 요소를 보면 ‘통합과학은 학습 부담 완화를 위해 중학교까지 학습한 과학의 기본 개념을 중심으로 쉽고 흥미 있는 교육과정을 구성하겠다.’는 취지에는 맞지 않는 부분이 있다. 예를 들어 ‘환경과 에너지-핵발전과 차세대에너지’ 영역에서 다루는 내용 요소 중 광전효과, 핵분열과 핵융합 등은 중학교 과정까지 다루지 않는 내용이고, 핵분열과 핵융합은 ‘선택과목’ 중 ‘일반선택-물리학 I’에서, 광전효과는 ‘선택과목’ 중 ‘진로선택-물리학 II’에서 다루는 내용으로 구성되어 있다.

학년	영역	핵심개념	내용 요소	성취기준 (2015.04.29.)	2009개정 교육과정에서 제시한 성취기준
1 학년	시스템과 상호작용	역학적 시스템 (7차시)	-중력 -등가속도운동 -탈출속도	<p>① 우리가 살고 있는 세상은 일정한 질서를 따라 끊임없이 변화하면서도 지속성을 유지하는 체계인 '시스템'으로 구성되어 있으며, 자연에는 여러 가지 힘이 작용하여 시스템을 유지하고 있음을 논증할 수 있다. (4차시)</p> <p>② 일상생활에서 충돌과 관련된 안전사고를 탐색하고 안전장치의 효과성을 과학적으로 평가할 수 있다. (3차시)</p>	<p>물1121. 행성의 운동에 대한 케플러 법칙이 뉴턴의 중력 법칙을 만족함을 설명할 수 있다.</p> <p>물1113. 거리, 속도, 가속도의 개념 사이의 관계를 이해하고, 1차원 등가속도 운동을 설명할 수 있다</p> <p>물1114-1. 1차원 운동에 뉴턴의 운동법칙을 적용하여 설명할 수 있다.</p> <p>과1222-1. 케플러의 세 가지 법칙을 통해 행성 운동의 규칙성에 대해 설명할 수 있다.</p> <p>과1222-2. 뉴턴의 운동 법칙을 이용하여 케플러 법칙을 설명할 수 있다.</p> <p>물1114-2. 스포츠 등 실생활에서 충격량과 운동량의 개념을 설명할 수 있다.</p>
			-에너지 전환 -에너지 보존 -열효율	<p>④ 에너지가 사용되는 과정에서 열이 발생하며, 특히 화석 연료의 사용 과정에서 버려지는 열로 인해 열효율이 낮아진다는 것을 알고, 열효율을 높이는 것이 사회적으로 어떤 의미가 있는지를 설명할 수 있다. (4차시)</p>	<p>물1425. 열역학 법칙을 이용하여 열기관의 작동원리를 설명할 수 있고 열효율의 크기를 표현할 수 있다.</p> <p>과1261. 에너지가 다양한 형태로 존재하고, 자연이나 일상 생활에서 에너지가 다른 형태로 전환되는 과정에서 에너지가 보존되는 것을 이해한다.</p> <p>과1263-1. 에너지 전환 과정의 효율을 이해한다.</p>
	환경과 에너지	핵발전과 차세대에너지 (17차시)	-전자기유도	<p>⑤ 발전기 모형을 활용하여 화석연료, 핵에너지 등이 가정이나 산업에서 사용하는 전기에너지로 전환되는 과정을 분석할 수 있다. (3차시)</p>	<p>물1411. 패러데이 법칙으로 유도전류를 이용한 발전과정을 진술할 수 있다.</p>

학년	영역	핵심개념	내용 요소	성취기준 (2015.04.29.)	2009개정 교육과정에서 제시한 성취기준
			-전력수송	⑥ 발전소에서 가정까지의 전력 수송 과정에 대한 이해를 토대로, 가정에서 효율적으로 전력을 사용하는 방안의 장단점을 논증할 수 있다. (3차시)	물1412. 전력 수송과정에서 에너지 손실을 표현하고, 소모되는 전력을 줄이는 방법을 설명할 수 있다.
			-핵분열 -핵융합 -질량-에너지 등가성	⑦ 태양에서 수소 핵융합 반응을 통해 질량 일부가 에너지로 바뀌고, 그 중 일부가 지구에서 에너지 순환을 일으키고 다양한 에너지로 전환되는 과정을 추론할 수 있다. (3차시)	물1413. 핵이 분열할 때와 융합할 때 질량의 변화가 에너지를 발생시킴을 표현할 수 있다. 과1221-2. 태양에서 발생한 에너지의 일부가 지구에서의 에너지 순환을 일으키는 원인이 됨을 설명할 수 있다.
			-핵발전 -광전효과 -태양광 발전	⑧ 기후 변화 등이 지구 환경에 초래하는 문제를 극복하기 위한 대체 에너지로서의 핵발전과 태양광 발전의 장단점을 발전 원리에 근거하여 평가할 수 있다. (3차시)	물1314-1. 광전효과를 설명할 수 있다. 과1269. 태양전지, 연료전지, 하이브리드 기술의 기본적인 원리를 이해하고 이러한 기술의 필요성을 환경적 관점에서 이해한다.
			-차세대에너지 -연료전지 -파력,조력에너지	⑨ 인류의 문명 발전에 필요한 차세대에너지 기술 개발의 필요성과 대안적인 방법에 해당하는 파력, 조력, 연료전지 등을 이용한 발전의 원리를 정성적으로 이해하여, 에너지 문제를 해결하기 위한 현대 과학의 노력과 산물을 예시할 수 있다. (4차시)	물1416. 연료전지, 태양광, 풍력, 조력 등 전기에너지의 생산 방법과 이용을 설명 할 수 있다. 과1268-1.태양, 풍력, 조력, 파력, 지열, 바이오 등의 재생 에너지와 핵융합, 수소와 같은 새로운 에너지 자원에 대해 말할 수 있다. 과1268-2. 신재생에너지 자원의 활용을 지속가능한 발전의 관점에서 이해한다.

2009개정 교육과정에서 성취기준은 학습 내용 요소를 명확히 알 수 있었으나 2015개정 교육과정에서는 성취기준이 내용 요소를 명확히 담고 있지 못하여 성취기준을 통해 무엇을 어느 수준까지 학습해야 하는지 알 수 없게 되어 있다. 학교 현장에서는 내용 요소 위주로 학습이 진행되기 때문에 내용이 심도 있게 다루어질 가능성 높다. 학교 현장에서는 교사들이 교육과정보다는 교과서를 중심으로 학습하게 되는 데 교과서는 내용 요소를 중심으로 심화된 내용까지 다루어질 것이며, 수능에서도 교과서 위주로 출제될 경우 일상생활의 문제를 과학적이고 창의·융합적으로 해결하는 데 필요한 과학적 소양을 기르기 위한 과목이라는 필요성에 부합하지 못하고 지식 암기 학습이 이루어질 가능성이 크다. 또한 2009개정 교육과정에서 다루었던 성취기준에 준하여 학습이 진행될 것이고, 이는 차시 부족 현상이 발생하여 학생의 이해도가 감소하게 된다. 이러한 문제는 결과적으로 학생들에게는 또 다른 학습 부담으로 다가올 수 있다.

Ⅲ. 문·이과 통합 교육과정에 맞는 내용과 분량의 적절성 분석

2009개정 교육과정과 비교했을 때 성취기준표에서 제시된 기준차시는 성취기준을 달성하기 위해 충분히 확보하였다고 볼 수 있다. 하지만 2015개정 교육과정의 ‘일반선택-물리학 1’ 과 관련된 내용의 성취기준표의 기준시수와 비교했을 때 부족하게 편성되었다는 것을 알 수 있다. 그 이유는 학교 현장에서 내용 요소가 비슷하면 상위 학년의 내용까지 다루는 경향이 있기 때문이다. 또한 교과서의 구성도 이러한 현상을 반영하고 있다고 볼 수 있다. 예를 들어 ‘통합과학’의 ‘시스템과 상호작용-역학적 시스템’ 영역의 기준 차시는 7차시로 구성되어 있다. 이 단원의 내용 요소는 중력, 등가속도 운동, 탈출속도, 운동량과 충격량이다. 이 내용 요소를 물리학 1의 내용 요소에 적용한 기준시수는 13차시에 해당한다. 거의 2배에 해당하는 차시가 필요하다. 교육 현장에서는 토의·토론 학습 등 학습 경험의 질 제고가 가능한 교육과정 개발이라는 취지가 무시되고 수능준비를 위한 문제풀이식 학습이 이루어질 가능성이 높다.

학년	영역	핵심개념	내용 요소	성취기준 (2015.04.29.)	2015개정 교육과정에서 편성된 내용요소
1 학년	시스템과 상호작용	역학적 시스템 (7차시)	-중력 -등가속도운동 -탈출속도	① 우리가 살고 있는 세상은 일정한 질서를 따라 끊임없이 변화하면서도 지속성을 유지하는 체계인 '시스템'으로 구성되어 있으며, 자연에는 여러 가지 힘이 작용하여 시스템을 유지하고 있음을 논증할 수 있다. (4차시)	-물리학 I : 뉴턴의 운동법칙, 등속 원운동, 천체의 운동(9차시) -물리학 I : 중력 법칙(2차시) -중학교 : 여러 가지 힘(14차시)
			-운동량과 충격량	② 일상생활에서 충돌과 관련된 안전사고를 탐색하고 안전장치의 효과성을 과학적으로 평가할 수 있다. (3차시)	-물리학 I : 운동량 보존(2차시)
	생태계와 환경 (4차시)	-에너지 전환 -에너지 보존 -열효율	④ 에너지가 사용되는 과정에서 열이 발생하며, 특히 화석 연료의 사용 과정에서 버려지는 열로 인해 열효율이 낮아진다는 것을 알고, 열효율을 높이는 것이 사회적으로 어떤 의미가 있는지를 설명할 수 있다. (4차시)	-물리학 I : 열역학 1법칙, 열역학 2법칙과 열효율 (4차시)	
환경과 에너지	핵발전과 차세대에너지 (17차시)	-전자기유도	⑤ 발전기 모형을 활용하여 화석연료, 핵에너지 등이 가정이나 산업에서 사용하는 전기에너지로 전환 되는 과정을 분석할 수 있다. (3차시)	-중학교 : 전기에너지, 열에너지(10차시) -물리학II : 전자기 유도(3차시)	
		-전력수송	⑥ 발전소에서 가정까지의 전력 수송 과정에 대한 이해를 토대로, 가정에서 효율적으로 전력을 사용하는 방안의 장단점을 논증할 수 있다. (3차시)	-중학교 : 전기에너지, 열에너지(10차시)	
		-핵분열 -핵융합 -질량-에너지 등가성 -핵발전	⑦ 태양에서 수소 핵융합 반응을 통해 질량 일부가 에너지로 바뀌고, 그 중 일부가 지구에서 에너지 순환을 일으키고 다양한 에너지로 전환되는 과정을 추론할 수 있다. (3차시) ⑧ 기후 변화 등이 지구 환경에 초래하는 문제를	-물리학 I : 핵분열과 핵융합(3차시)	

학년	영역	핵심개념	내용 요소	성취기준 (2015.04.29.)	2015개정 교육과정에서 편성된 내용요소
			-광전효과 -태양광 발전 -차세대에너지 -연료전지 -파력,조력에너지	극복하기 위한 대체 에너지로서의 핵발전과 태양광 발전의 장단점을 발전 원리에 근거하여 평가할 수 있다. (3차시) ⑨ 인류의 문명 발전에 필요한 차세대에너지 기술 개발의 필요성과 대안적인 방법에 해당하는 파력, 조력, 연료전지 등을 이용한 발전의 원리를 정성적으로 이해하여, 에너지 문제를 해결하기 위한 현대 과학의 노력과 산물을 예시할 수 있다. (4차시)	-물리학II : 광전효과와 광센서(3차시)

문·이과 통합 교육과정에 맞는 내용이 되기 위해 초·중학교 과학의 기본 개념과 탐구방법을 바탕으로 물리학 I의 30%정도의 내용과 난이도로 재구조화하여 자연 현상을 통합적으로 이해하는 과목으로 ‘통합과학’을 구성한다고 한다. 하지만 ‘환경과 에너지-핵발전과 차세대 에너지’ 영역에서 제시한 내용 요소 중 ‘광전 효과’는 물리학II에서 다루는 내용 요소의 ‘다이오드’와 ‘광전 효과와 광센서’로 문·이과 통합 교육과정에 어긋나는 내용 요소라 할 수 있다. 2009개정 교육과정에서 물리 I에서 다루었으나 2015개정 교육과정에서 물리학II로 이동하였다는 것은 그만큼 내용 요소가 어렵다고 할 수 있다. 문·이과 통합 교육과정에 부합하려면 성취기준에 충실하게 학습이 이루어져 하나 내용 요소 위주로 이루어질 가능성이 높고, 수능에서도 내용 요소를 중심으로 이론적인 평가가 이루어질 경우 학생들은 학습 부담이 증가하게 될 것이다.

IV. 중학교 교육과정과의 위계성 분석

통합과학은 중학교 교육과정과의 위계성을 찾아보기 어렵다. 과학과 교육과정 내용체계표의 물리학에서 보면 통합과학은 별도의 과목으로 이해할 수 있으며, 중학교 과학, 고등학교 물리학 I, 물리학II에서 통합과학의 대주제에 해당하는 내용 요소를 가지고 나열하였을 뿐 학습의 위계가 없어 보인다. 통합과학의 ‘역학적 시스템’과 ‘핵발전과 차세대에너지’ 영역에서 일부만 중학교 성취기준과 위계성을 가지고 통합과학의 성취기준에 반영되었다. 통합과학은 중학교의 내용 요소를 중심으로 일상생활과 관련이 있는 상황을 통합적으로 이해할 수 있고, 물리학 I의 내용 요소를 학습하기 위한 기초가 되어야 할 것이다.

V. 맺으며

‘통합과학’ 교과서의 본래의 취지에 맞게 교육과정 시안이 이루어졌는지 많은 고민을 하게 되었다. 성취기준을 보면 내용 요소와 맞지 않는다. 이러한 문제점은 교과서 집필 시 성취기준보다는 내용 요소를 중심으로 이루어질 가능성이 높다. 그러다 보면 통합과학의 취지에 맞지 않게 구성될 가능성이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 교과서 집필 시 통합과학의 취지에 맞고, 물리학 I과의 차이점이 뚜렷하게 나타나도록 해야 한다. 새로운 교육과정이 나올 때마다 교육과정에 맞는 교과서가 나오지 못하였고, 학교 현장에서는 교육

과정과 상관없이 교과서를 중심으로 입시 제도에 맞게 학습이 이루어지는 경향이 있었다. 2015개정 교육과정도 개정 취지에 맞는 내용 요소를 가지고 성취기준을 마련해야 하고, 교과서 집필도 성취기준에 맞게 구성되어야 할 것이다.

영역	핵심 개념	내용 요소	교과	성취기준	기준 차시	2009개정 해당 교과목	중학교 과정과의 연계성	고1 문과, 예체능 계열 학생의 이해 난이도	유지	이동	삭제
물리	자연의 구성 요소	<ul style="list-style-type: none"> -지구의 구성 요소 -생명의 구성 요소 -단백질의 구조 -신경전달 물질의 구조 -열전도율 -열전도도 	물리	⑧ 물질의 (전기전도, 열전도, 자성, 경도와 같은) 물리적 성질을 변화시켜 신소재 개발한 사례를 찾아 그 장단점을 평가할 수 있다.	4	물리1	낮음	하	v		
시스템과 생명과학	역학 시스템	<ul style="list-style-type: none"> -중력, 가속도 운동, 탄성력, 마찰력 -충돌량과 충격량 	물리	① 우리가 살고 있는 세상은 일정한 질서를 따라 끊임없이 변화하면서도 지속성을 유지하는 체계인 '시스템'으로 구성되어 있으며, 자연에는 여러 가지 힘이 작용하여 시스템을 유지하고 있음을 논증할 수 있다.	4	물리1	높음	중	v		
			물리	② 일상생활에서 충돌과 관련된 안전사고를 탐색하고 안전장치의 효과성을 과학적으로 평가할 수 있다.	3	물리1	낮음	중	v		
환경과 에너지	발전과 에너지	<ul style="list-style-type: none"> -전자기 유도, 전력수송, 광전효과, 태양광발전, 질량-에너지 등가성, 핵분열과 핵융합, 핵발전 -핵분열, 핵융합 발전 -핵발전 전효율 -핵융합 발전 전효율 -에너지 전환 과정 -차세대 에너지 -연료전지 -파력, 조력 에너지 	물리	④ 에너지가 사용되는 과정에서 열이 발생하며, 특히 화석연료의 사용과정에서 버려지는 열로 인해 열효율이 낮아진다는 것을 알고, 열효율을 높이는 것이 사회적으로 어떤 의미가 있는지를 설명할 수 있다.	4	과학	낮음	중	v		
			물리	⑤ 발전기 모형을 활용하여 화석연료, 핵에너지 등이 가정이나 산업에서 사용하는 전기에너지로 전환되는 과정을 분석할 수 있다.	3	과학	높음	중	v		
			물리	⑥ 발전소에서 가정까지의 전력 수송 과정에 대한 이해를 토대로, 가정에서 효율적으로 전력을 사용하는 방안의 장단점을 논증할 수 있다.	3	물리1	낮음	중	v		

표준	핵심개념	내용 요소	교과	성취기준	기준차시	2009개정 해당 교과목	중학교 과정과의 내용 연계성	고1 문과,예체 계열 이해 난이도	유지	이동	삭제
		-전자기유도, -전력수송, -광전효과, -태양광발전, -질량-에너지등가성, -핵분열과핵융합, -핵발전 -핵분열 -핵융합 -핵발전 -광전효과 -에너지전환 -차세대에너지 -연료전지 -파력,조력에너지	물리	⑦ 태양에서 수소 핵융합 반응을 통해 질량 일부가 에너지로 바뀌고, 그 중 일부가 지구에서 에너지 순환을 일으키고 다양한 에너지로 전환되는 과정을 추론할 수 있다.	3	과학	낮음	상		물리학 II	
	물리		⑧ 기후 변화 등이 지구 환경에 초래하는 문제를 극복하기 위한 대체 에너지로서의 핵발전과 태양광 발전의 장단점을 발전 원리에 근거하여 평가할 수 있다.	3	물리1	낮음	상		물리학 II		
	물리		⑨ 인류의 문명 발전에 필요한 차세대 에너지 기술 개발의 필요성과 대안적인 방법에 해당하는 파력, 조력, 연료전지 등을 이용한 발전의 원리를 정성적으로 이해하여, 에너지 문제를 해결하기 위한 현대 과학의 노력과 산물을 예시할 수 있다.	4	과학	낮음	중	v			