

⑧ 인공위성이 바꾼 한국의 과학교육과정

美 개발 과학교육프로그램 1973년부터 본격 적용

글 | 김영민 _ 부산대학교 물리교육과 교수 minkyoo@pusan.ac.kr

구 소련에서 발사된 인류 최초의 인공위성 스푸트니크 사건은 세계 많은 나라들의 초·중·고등학교의 과학 교육과정과 교과서를 바꾸는 결정적인 계기가 된다. 스푸트니크 충격을 가장 크게 받은 나라는 아마 미국일 것이다. 인공위성 발사가 소련에 뒤진 이유 중의 하나가 초·중등학교 과학 교육에 있다고 생각한 미국은 초·중등학교 과학교육에 대폭적인 개편을 단행하게 된다.

美, 과학본성 반영에 초점 맞춰 대대적 개혁

당시에 미국에서 가르친 과학은 실용주의 철학에 따라 대체로 '과학에 대해 읽기' 프로그램 형식으로 전개되었다. 그 시대의 모토는 산업적 효율성이었고, 그래서 과학에 대해 읽는 것이 조직된 과학 정보들을 섭렵하는 가장 효율적이고 가장 빠른 방법이라고 믿었다. 그러므로 체험적인 학습을 통한 발견은 대부분 무시되었다. 2차 세계대전 이전에는 기술이 과학 교과서에 녹아들어 있었고, 새로운 과학적 발견들은 그 발견 후 10년에서 15년 정도까지는 교과서에 삽입되지 않았다. 2차 대전 후에 팽배한 미국인들의 물질주의적 경향과 함께, 매우 적은 수의 학생들만이 과학을 그들의 직업으로 선택하는 것이 뚜렷해졌다. 1957년에 있었던 스푸트니크 사건은 이러한 미국인들의 경향을 바꾸게 했다.

거대한 과학교육 개혁 운동은 미국 교육에 있어서 이전에 볼 수 없었던 것으로 매우 급격하게 추진되었다. 미국과학재단(NSF)은 약 15년 동안 교육과정 개발과 교사 훈련에 수백만 달러를 투자할 과학교육위원회를 설립하였다. 교육과정 프로젝트들이 유치원에서 12학년까지 모든 학년에 걸쳐 수행되었다. NSF 교육과정 계획들은 과학의 본성을 반영하는 데 초점을 두었으며, 탐구와 발견에 의한 학습에 초점을 두었다. 과학에 깔려 있는 기본 원리와 이론들

로 구성된 '순수' 과학이 '응용' 과학이나 과학 원리의 기술적이고 공학적인 사용보다 훨씬 강조되었다. 탐구에 의한 학습은 학생들이 실제 과학자와 같이 행동하는 것을 의미했다. 즉, 직접적으로 실험실 상황에서 관찰하고, 측정하고, 실험하고, 데이터를 분석하는 것이다. 발견 학습은 학생들로 하여금 그들 자신의 조사에서 얻은 데이터로 스스로 원리를 도출하는 것이다. 이것은 단순히 과학 교사에 의해 또는 교과서에 제시된 원리들을 검증해 보는 실험들과는 전혀 다른 것이었다.

이 시기에 개발된 핵심 프로그램들이 소위 알파벳 프로그램들이며 이에 대해 간략히 서술해 보면 다음과 같다. 여러 새로운 초등학교용 프로그램들이 이 시기에 개발되었지만 현재까지 비교적 널리 사용되고 영향을 미치고 있는 것은 ESS, SCIS, SAPA 등이며, 이 프로그램들 또는 이들을 약간 변형한 프로그램들은 현재까지도 사용되고 있다. 중학교 수준으로는 IPS와 ESCP가 있다. 그리고 고등학교 수준으로는 PSSC, CHEM Study, BSCS 등이 있다.

스푸트니크 사건 후의 미국의 과학교육 변화

~으로부터	~으로
1. 교과서가 정보에 대한 권위적 정보 원천	1. 실험실 데이터가 지식의 주된 원천
2. 생활 기술이 과학에 포함	2. '순수' 과학 강조
3. 많은 과학 주제들을 간략하게 학습	3. 주제 수를 줄이고 심층적으로 학습
4. 실험실 활동은 교과서 개념을 확인(증명)하기 위함	4. 실험실 활동은 개념이 도출되는 데이터를 얻기 위함
5. '정답'에 도달하기 위해 연역적 사고가 강조됨	5. 논리적인 잠정적 답에 도달하는 데 있어 귀납적 사고 강조
6. 기계적이고 수용적 학습	6. 발견적이고 탐구적 학습



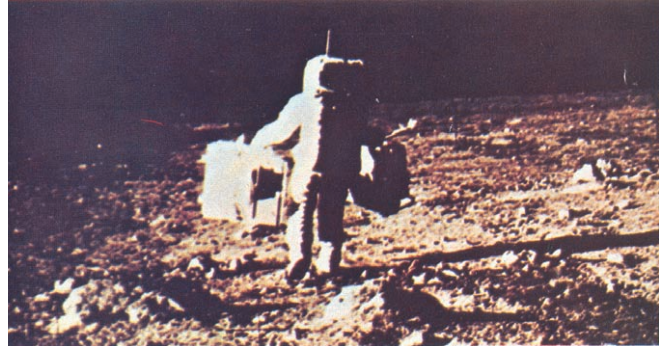
제3차 교육과정기(1973~81)의 중학교 1학년 과학교과서에 실린 인공위성 관련 사진 : '인공위성에서 본 지구의 모습'을 학생들에게 화보로 제시하고 있다[출처: 서울대학교 사범대학 과학교육연구소, 중학교 과학 1(국정교과서주식회사, 서울, 1979)].

스푸트니크 충격은 영국에도 영향을 주어 영국의 초·중등학교 과학 과정이 바뀌게 되는데, 그때 대표적으로 개발된 과학 과정이 고급물리학, 일반수준 물리학 등과 같은 너필드 프로젝트 과학 과정들이다. 이 과학과정들은 영국과학교사협회의 주관으로 너필드 재단의 재정적 지원을 얻어서 개발된 것들로 1961년부터 1967년경에 완성을 보게 된다.

스푸트니크, 1973년에야 한국 교육과정에 영향

인류 최초의 인공위성 발사 사건이 우리 나라 과학 교육과정과 교과서에 미친 영향은 어떠할까? 스푸트니크 인공위성이 발사된 1957년은 미 군정에 의해 개발된 교수요목기(1945~55년)를 막 끝내고 우리 나라 학자들이 개발한 최초의 교육과정(제1차 교육과정기: 1955~63)이 시행된 지 2년째 되는 해이며, 6.25 전쟁을 끝낸 지 얼마 되지 않아서인지 스푸트니크 충격은 그리 크지 않았다. 최초의 인공위성 발사 사건이 한국의 과학교육에 영향을 미치게 되는 것은 제2차 교육과정이 개편된 해인 1963년부터다.

한국의 과학 교육과정은 개념 중심 또는 개념과 행동 중심으로 기술되기 때문에 인공위성이라는 소재가 교육과정에 제시되긴 어렵다. 그럼에도 불구하고 1963년에 개정된 제2차 교육과정에서는 초등학교(당시 국민학교)와 중학교 과학교육과정의 지도 내용 영역에 인공위성이 등장하게 된다. 구체적으로는 초등학교 제6학년 '물



제3차 교육과정기의 중학교 3학년 과학교과서에 실린 인공위성 관련 사진 : 아폴로 우주선이 달에 착륙하여 탐사하고 있는 장면을 학생들에게 화보로 제시하고 있다 [출처: 서울대학교 사범대학 과학교육연구소, 중학교 과학 3 (국정교과서주식회사, 서울, 1979)].



제3차 교육과정기의 고등학교 물리 교과서에 실린 인공위성 관련 사진: 인공위성에서 찍은 허리케인 사진을 보여줌으로써 인공위성 기능의 한 가지를 설명하고 있다 [출처: 송인명, 김종성, 인문계 고등학교 물리 (교학사, 서울, 1979)].

상 분야 9번째 단원(우주여행) 소주제로 대기권과 외계, 로켓, 인공위성, 우주여행을 다루도록 하였으며, 중학교의 경우에는 제3학년 8번째 단원(태양계와 우주) 소주제로 지구, 달, 태양과 행성, 계절과 책력, 우주, 우주여행이 있으며 우주여행 속에 인공위성, 우주여행, 우주 정류장이 들어있다. 고등학교의 경우에는 인공위성을 명시하지는 않았지만 물리II 목표에서 네번째 목표로 '물리학자의 연구가 인류 문화 향상에 기여함이 크고, 앞으로 우주 시대에 처하여 물리학의 연구가 긴요함을 인식시킨다.'를 제시함으로써 인공위성을 다룰 수 있는 개연성을 제공하였다.

당시에 초등학교와 중학교 과학 교과서는 구할 수 없어 실제 어떻게 교과서에 기술되었는지는 알 수 없으나 교육과정에 인공위성이라는 용어가 명시되어 있으므로 어떤 형식이든 다루었을 것으로 짐작된다. 그러나 고등학교 물리 교과서에서는 목표에 제시한 '우주시대에 처하여 물리학의 연구가 긴요함을 인식시킨다.'를 위

해 어떤 내용이 들어 있는지를 분석해 보았으나, 맹선재의 물리Ⅱ(합동문서, 1968)에서도 홍순복의 물리Ⅱ(법문사, 1970)에서도 관련 내용을 찾아볼 수 없었다. 즉, 인공위성에 대해서는 조금도 다루지 않았던 것을 알 수 있다.

우리 나라에서는 1973년(고등학교의 경우는 1974년)에 제3차 교



제3차 교육과정기의 고등학교 물리 교과서에 실린 우주 탐사 관련 사진: 유인 우주선이 달에 착륙하여 달에서 찍은 사진을 보여줌으로써 우주여행의 가능성을 보여 주고 있다(출처: 송인명, 김종성, 인문계 고등학교 물리(교회사, 서울, 1979)).

② 인공 위성파 지구의 운동 오늘날 많은 인공 위성들이 지구의 주위를 거의 원에 가까운 궤도로 돌고 있다. 이를 위해서는 어떤 높이까지 쏘아 올린 위성에 수평 방향으로 적당한 속도를 주어야 한다.

여기서는 인공 위성이 지구의 둘레를 반지름 R 로 등속 원운동할 때를 생각한다. 위성의 질량을 m , 속력을 v 라 하면 그 구심 가속도는

$$a = \frac{v^2}{R}$$

이다. 이 때의 구심력은 지구에 의한 중력이므로

$$\frac{mv^2}{R} = mg, \quad v = \sqrt{gR} \quad [I-41]$$

이다. g 는 그 높이에서의 중력장의 세기이다.

지금 예로, 400 km의 높이에서 돌고 있을 경우에는 $R = (\text{지구의 반지름}) + 400 \text{ km} = 6.8 \times 10^6 \text{ m}$ 이며, 그 높이에서의 g 의 값이 8.4 m/sec^2 로 주어지므로,

$$v = \sqrt{gR} \approx 7.6 \times 10^3 \text{ m/sec}$$

의 속도를 가져야 한다. 이 때의 주기 T 는

$$T = \frac{2\pi R}{v} \approx 5.6 \times 10^3 \text{ sec} = 93 \text{ 분}$$

을 얻는다.

이러한 계산은 인공 위성을 처음 발사할 때 필요하였다. 사실 이러한 관계는 뉴우튼이 그의 운동 법칙을 확립한 후에 이미 제시한 것으로서 그의 기록에 남아 있다. 그러나, 이와 같이 큰 속력을 줄 수 있는 로켓트가 발명된 근대에 와서 비로소 인류는 인공 위성을 쏘아올려, 우주 탐사를 시작하게 되었다.

제3차 교육과정기의 물리 교과서에 실린 인공위성 관련 내용(설명 형식) [출처: 고윤석, 신희명, 인문계 고등학교 물리(박영사, 서울, 1979)]

육과정으로 개편하게 된다. 이 시기에는 앞에서 언급한 스푸트니크 충격을 받은 미국에서 개발된 알파벳 프로그램들이 한국의 과학교육과정에 결정적으로 영향을 미치게 된다. 즉, 1957년에 발사된 최초의 인공위성 충격은 그 16년 뒤인 1973년에 한국의 교육과정에 본격적으로 영향을 미치게 된 셈이다. 미국에서 개발된 초등학교 과학 과정으로 SCIS 과정은 한국의 1973년도 자연과 교육과정(현재 과학과 교육과정) 개정에 크게 반영되었다. 특히 생물과학 개념 체계는 SCIS의 내용을 약간만 수정하여 그대로 반영되었다. 중학교의 경우에는 미국에서 개발된 IPS와 PSII가 중학교 교육과정 내용과 교과서를 구성하는 데 크게 영향을 미쳤다.

고등학교 PSSC 물리에 대한 세계적인 반응은 대단했고, 각국은 PSSC 물리를 이상적인 것으로 간주하고 자기 나라의 언어로 번역하였으며, 대만의 경우에는 PSSC 축소판을 만들어서 교과서로 사용하기도 하였다. 1966년 1월 우리 나라에서는 '동계 PSSC 세미나'를 한국 물리교육연구회 주최로 개최하였는데, 물리학자, 물리교육전문가, 물리 교사들이 서울대학교에 모여 PSSC를 종합적으로 검토한 바 있다. 이 세미나 후 우리 나라에서도 PSSC 파일럿 코스를 갖기로 하고 번역판을 한국의 2개 고등학교에서 실험 적용하

[예제] 6. 인공 위성의 속력과 주기

[풀이] 위성이 지표의 400 km의 코도를 비행하고 있다면 $R = \text{지구의 반지름} + 400 \text{ km} = 6.8 \times 10^6 \text{ m}$ 이며, 그 점에서의

$$g = \frac{Gm_{\text{지}}}{R^2} \approx 8.6 \text{ m/sec}^2 \text{ 이다. 따라서,}$$

$$\frac{v^2}{R} = \frac{Gm_{\text{지}}}{R^2} = g \text{ 에서}$$

$$v^2 = g \cdot R = 8.6 \times 6.8 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{sec}^2$$

$$\therefore v = 7.6 \times 10^3 \text{ m/sec} \approx 27,000 \text{ km/hr}$$

$$\text{주기 } T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi \frac{6.8 \times 10^6 \text{ m}}{7.6 \times 10^3 \text{ m/sec}} = 5.6 \times 10^3 \text{ sec} = 93 \text{ 분}$$

사실 인공 위성 문제의 원리는 뉴우튼 저서에서도 제시되어 있었으나, 17세기에 인공 위성을 올리지 못한 이유는 무엇일까?

당시에는 강력한 대포나 로켓트가 없었다. 인류의 역사를 보면 이와 같이 기술에 앞서 기초 과학이 먼저 발전하는 경우도 있고, 때로는 그와 반대로 과학보다 기술이 앞서서 과학에 공헌하는 경우도 많다. 기초 과학과 공학 및 응용 기술은 서로 협조하여 발전한다.

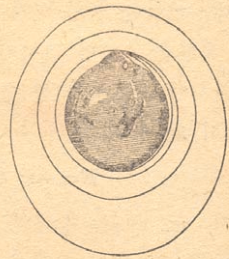


그림 I-49 포탄과 인공 위성

제3차 교육과정기의 물리 교과서에 실린 인공위성 관련 내용(예제 형식) [출처: 조순탁, 조성호, 박봉상, 인문계 고등학교 물리(문운당, 서울, 1979)]

었다. 고등학교 화학은 CHEM Study가 대한화학회에서 번역되었으며, 고등학교 생물은 BSCS를 우리 나라 생물교육연구회가 번역하였다.

과학적 개념 없이 사진·예제 수준으로만 다루

그러면 실제 한국의 제3차 과학 교육과정에서는 인공위성을 어떻게 얼마나 다루었을까? 결론부터 말하자면 아이러니컬하게도 초등학교, 중학교, 고등학교를 통틀어 과학 교육과정 목표와 내용에는 인공위성이라는 용어가 전혀 등장하지 않는다. 제2차 과학 교육과정에서 제시되었던 '우주여행'이라는 소단원 또는 소주제조차 다루지 않고 있었다. 예를 들어 중학교 3학년의 교육과정 내용에는 7개 단원 중에서 한 개 단원으로 '태양계와 우주'가 설정되어 있었으나, 그 내용은 지구의 운동, 태양계내의 천체들, 별과 별의 집단을 다루도록 되어 있고 '인공위성'에 대한 언급은 들어 있지 않았다. 고등학교의 경우에도 인공위성을 언급하지 않은 것은 마찬가지

인공 위성 로켓을 사용하여 지상에 떨어지지 않고 지구 주위를 계속 돌 수 있도록 빠른 속도로 멀리 대기권 바깥으로 쏘아 올려진 물체를 인공 위성이라 한다.

지구의 반지름을 $R[m]$ 라 하고 지면에서 인공 위성까지의 높이를 $h[m]$ 라 하면, 질량 $m[kg]$ 의 인공 위성과 지구 사이에 작용하는 만유 인력 $F[N]$ 은

$$F = G \frac{Mm}{(R+h)^2} \quad (II-76)$$

이 된다. 여기서 M 은 지구의 질량이다. 이 인력이 인공 위성의 구심력 역할을 하므로

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = \frac{mv^2}{R+h}$$

이 된다. 여기서 인공 위성의 속도 v 를 구하면

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}} \quad (II-77)$$

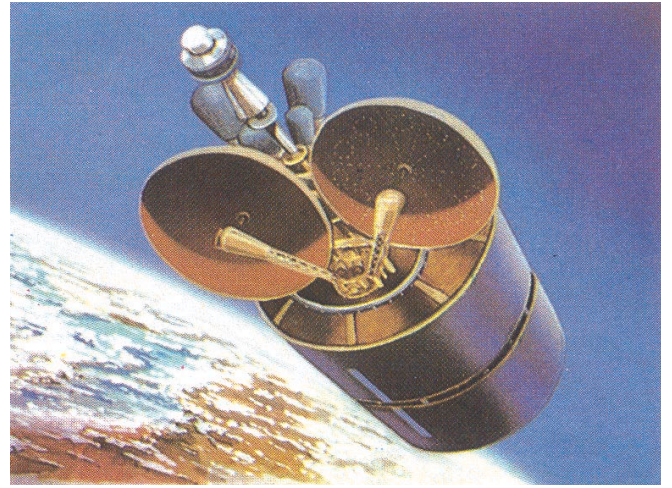
이 된다.

인공 위성의 각속도가 지구의 자전 각속도와 일치하면 지구에서 보았을 때, 인공 위성은 정지해 있는 것처럼 보여진다. 이와 같이 지구에 대해서 정지해 있는 위성을 정지 위성이라 한다.

【예제 4】 인공 위성이 지구의 반지름에 비하여 무시할 수 있을 정도의 높이에서 지구 주위를 회전하고 있다. 이 인공 위성의 속도와 공전 주기를 구하라. 단, 지구의 반지름은 $6.37 \times 10^6 m$ 이고, 중력 가속도 $g = 9.8 m/s^2$ 이다.

답 $7.9 \times 10^3 m/s$, 84 분

제5차 교육과정(1987~92)의 물리 교과서에 실린 인공위성 관련 내용: 인공위성 관련 설명과 예제가 함께 실려 있다(출처: 최종락, 고재걸, 양승훈, 신병현, 고등학교 물리 (청문각, 서울, 1991)).



제4차 교육과정(1981~87)의 물리 교과서에 실린 인공위성 관련 내용(정지위성) [출처: 권숙일, 이민호, 김종권, 고등학교 물리 II (동아출판사, 서울, 1985)]

다. 물리에서는 관련 단원을 찾을 수 없고, 지구과학에서는 다섯 번째 단원 '태양계와 우주'에서 다룰 수 있겠으나 소주제로 제시된 것은 태양계, 별과 그 진화, 은하계, 우주와 그 기원뿐이었다.

인공위성을 과학 교과서에서 다룬다면 어떻게 다룰 수 있을까? 인공위성의 구조를 다루는 것은 과학에서 의미가 없을 것이므로 과학적 개념과 연관되도록 다루어야 할 것이다. 인공위성의 속력, 원 운동, 구심력, 중력 가속도 등과 관련하여 다루어질 것으로 기대된다. 실제로 다루어진 것은 중학교의 경우에는 화보 수준으로만 다루었고, 고등학교의 경우에는 설명과 예제 수준으로 다루고 있었다. 예를 들면, 중학교 1학년 교과서에는 '인공위성에서 본 지구' 사진이 들어 있었고, 중학교 3학년 교과서에는 '달을 정복한 우주인' 사진이 들어 있었다. 고등학교의 경우에는 인공위성과 관련된 여러 가지 사진들과 함께, 설명이나 예제 수준으로 다루고 있었다. 이러한 사진 외에도 이 시기의 교과서에는 교과서에 따라 최초로 우주 탐험에 나선 원자력 로켓의 발사 장면 등이 실려 있다.

제4차 과학 교육과정(1981년 공표) 이후의 한국의 과학 교육과정과 교과서에서는 인공위성을 다루는 것은 정지위성이라는 용어와 설명이 추가되었을 뿐 거의 제3차 때와 마찬가지로 약간의 설명과 예제 형식으로 다루지고 있다. ㉔



글쓴이는 신림여자중학교 교사, 한국교육개발원 연구위원, 과학교육과정 개발위원, 과학 교육과정 개편 심의위원 등을 지냈다.