

英才教育研究

*Journal of Gifted/Talented Education*

1999. Vol. 9 No. 1, pp. 37~62

## 과학 영재 교육과정 구성을 위한 기초 연구

이 해 명(단국대학교)

### 논문 개요

이 연구는 과학 영재 교육과정 구성을 위한 기초 연구다. 과학자의 생애를 통하여 그들이 어떤 방법으로 학습을 하였고, 어떤 교육을 받았으며, 어떤 환경의 영향을 받았는가를 알아보고, 그 결과를 토대로 과학 영재 교육과정 구성의 방향을 설정해보려는 것이다. 아인슈타인, 하이젠베르크, 슈뢰딩거, 뉴턴, 갈릴레이, 다윈, 빠스퇴르, 파인만 등을 중심으로 초등학교, 중등학교, 대학교에서의 학습내용, 학습-교수 방법, 교육환경 등을 추출하였다.

연구의 결과는 첫째, 학습내용은 초등학교에서는 과학적 기반 형성에 필요한 공통교과, 중등학교에서는 과학적 지식의 축적에 필요한 전공 교과, 대학에서는 과학적 지식의 생산에 필요한 교과가 중심이 된다. 둘째, 교수-학습 방법은 초등학교에서는 관찰, 중등학교에서는 실험과 토론, 그리고 대학의 과정에서는 연구가 중심이 된다. 셋째, 환경적 영향은 초등학교에서는 가정의 영향이, 중등학교에서는 학교의 영향이, 그리고 대학의 과정에서는 사회적 영향이 중심이 된다.

### I. 서 론

과학 영재를 교육함에 있어서 가장 중요하고 실제적인 문제는 무엇을 어떻게 가르칠 것

인가를 결정하는 문제다. 이러한 점은 과학 영재 교육 담당자들의 공통적인 문제다. 따라서, 이 연구에서는 과학 영재에게 무엇을 가르치고, 또 어떤 방법으로, 그리고 어떤 환경에서 가르치는 것이 과학 영재 교육에 있어서 효과적인가를 알아보려는 것이다. 다시 말하면 과학 영재를 위한 교육과정을 설계하려는 것이 이 연구의 목적이다.

그런데 과학 영재에게 무엇을 어떻게 가르칠 것인가의 문제도 아동의 발달 단계에 따라서 달라지리라고 생각된다. 즉 초등학교, 중학교, 대학에 따라서 가르쳐야 할 내용이나 공부하는 방법이 달라지라는 것이다. 따라서, 이 연구는 과학 영재 교육과정을 초등학교, 중학교, 대학의 3 단계로 나누어서 연구하려고 한다.

또한, 이 연구는 과학자의 자서전이나 연구 문헌을 중심으로 하는 문헌 연구가 중심이 될 것이다. 이 연구에서는 우선 아인슈타인, 하이젠베르크, 다윈, 뉴턴, 파인만, 갈릴레이, 슈뢰딩거, 뫼스뵈르를 중심으로 그들의 공통적인 학습 내용과 학습 방법, 그리고 교육환경을 밝혀내고, 그 결과를 토대로 과학 영재 교육과정의 원리를 재구성해보려는 것이다.

따라서, 연구의 대상이 물리학자와 생물학자, 그리고 화학자로 제한되어 있고, 그 수자도 8명으로 한정되어 있기 때문에 이들의 특성을 모든 과학자에게 일반화 시키기에는 무리가 있다. 그러나, 이들이 과학자를 대표할 수 있는 업적과 특성을 지니고 있기 때문에 이들의 학습경험이나 교육과정이 교육과정 구성에 어떤 시사점을 줄 수 있다고 본다.

## II. 학습내용 선정의 원리

### 1. 초등학교

초등학교 단계에서 과학 영재들이 흥미를 갖고 몰두했던 내용들을 보면 그림이나 기구 제작, 음악 등의 시각이나 감각, 또는 청각의 훈련과 관계가 있는 내용들이다. 특히 과학 영재들은 초등학교 단계에서 모두 그림에 뛰어난 소질을 보이고 있다.

뫼스뵈르의 경우는 초등학교 시절에 소묘와 회화에 소질을 보였다. 특히 부모나 고향 사람들의 소묘를 잘 그렸다. 화가 알버트 에렐펠트는 “ 만일 뫼스뵈르가 과학 대신 미술을 택했다면 프랑스는 오늘날 또 한 사람의 유능한 화가를 가지게 되었을 것이다 ” 라고 이야기하고 있을 정도다. “ 뫼스뵈르의 그림을 바라보면 그의 과학적 재능의 중요한 요소인 관찰력과 집중력을 감지 할 수 있다.”

뉴턴의 경우도 어린 시절에 그림에 남다른 재능을 보였다. 특히 설계도와 초상화 그리기를 좋아했다. 여러 책에 나오는 그림을 베끼기를 좋아하였고 설계도와 모형을 만드는 데에 재능을 나타내고 있었다. 뉴턴의 경우도 어려서부터 남다른 관찰력이 있었다는 것을 보여주는 예다. 사물에 대한 공간적 시각이 예리함을 보여주는 것이다.

갈릴레이의 경우도 소년 시절에 아버지에게서 그림을 배웠다. 이 시절에 갈릴레이는 화가가 되고 싶어하였다. 수도원에서 공부를 하는 시절에도 그림을 특히 좋아하였다고 한다. 이러한 시각적 관찰 능력이 후에 물체의 체적 측정이나 배수량 문제, 그리고 쏘아 보낸 물체의 비행 경로 알아내기 등의 해결에 도움을 주었다. 다시 말하면 그림을 통한 시각적 훈련이 과학적 문제 해결로 응용되었다.

그렇게 본다면 과학 영재 들은 선천적으로 사물의 형체를 파악하는 공간적 지각력과 관찰력이 우수함을 보여주었다고 볼 수 있다. 이러한 공간 지각력은 과학자가 되는 데에 있어서 중요한 요소가 되고 있다. 특히 뉴턴의 경우는 실험을 하기 전에 미리 그림을 그려보고 그 결과를 예측하는 방법을 동원하기도 하였다. 따라서 과학 영재 교육에 있어서 그림 공부를 통한 사물의 공간 지각력을 높이는 훈련은 초등학교 학습내용의 중요한 부분이 될 수 있다.

과학 영재가 초등학교 시절에 보여주는 두 번째 특성은 남다른 손 재주를 갖고 있다는 점이다. 즉 기구 제작에 흥미와 능력을 보이고 있다는 것이다. 이러한 이들의 특성은 실험 도구나 기구의 제작으로 이어졌다.

뉴턴의 경우는 특히 어린 시절부터 기구를 만드는데 남다른 재능을 보여주고 있다. 풍차를 조립해서 지붕에 달기도 하고, 물시계와 해시계를 만들어 물과 햇빛의 운동을 측정하기도 하였다. 이러한 기구의 조립을 통하여 자연의 원리나 역학적인 원리를 터득하고 탐구하는 자세가 형성되었다. 이러한 능력은 후에 실험의 과정에서 기구를 스스로 제작하는 과정으로 이어진다. 렌즈나 망원경 제작 등은 뉴턴이 갖고 있는 과학 영재의 특성 중의 하나다.

갈릴레이도 어린 시절부터 실용적인 기구의 제작에 흥미를 갖고 있었다. 이러한 그의 특성은 후에 비례 컴퍼스나 망원경, 축성 기술 등의 기구 제작 기술로 발전한다. 거리와 시간, 중력 등의 관계를 정확한 수자로 계산하여 물질의 근본을 밝혀서 실용에 응용하는 기술을 개발하는 능력을 발휘하였다.

아인슈타인의 경우도 나침반의 바늘이 항상 일정한 방향으로 고정되어 있는 것을 보고 자연의 신비를 놀라운 눈으로 보게되었다고 한다. 기구를 통하여 자연의 이치를 터득하는 과학 영재의 특성을 보여주는 예라고 볼 수 있다.

다시 말하면 뉴턴과 갈릴레이, 아인슈타인의 경우를 보면 간단한 기구의 제작을 통하여

어려서부터 자연 현상을 실험해 보는 능력을 갖고 있었다는 것이다. 이러한 능력은 이후에 실험에 필요한 기구를 스스로 제작하기도 하고, 이 능력을 이용하여 실용적인 기구를 만들기도 하였다. 그렇다면 이러한 기구의 제작을 통한 자연 현상의 관찰이나 실험은 초등학교 과학 영재 교육의 중요한 학습내용으로 자리 잡아야 한다고 볼 수 있다.

그렇다면 과학 영재는 어린시절부터 자연 현상을 관찰하여 그림이나 제도로 표현하는 공간 지각력이 높고, 그것을 다시 실물로 구체화하여 실험을 해봄으로써 자연의 이치를 확인하는 절차를 거치면서 성장해 갔다고 볼 수 있다. 관찰과 실험이 초등학교 단계에서 그림이나 도구의 제작으로부터 시작되었다는 것이다. 이러한 과정을 가장 대표적으로 보여주는 것이 뉴턴의 경우라고 볼 수 있다. 뉴턴의 실험은 눈으로 보는 것을 시작으로 설계와 실험이 이어지는 연속적인 과정이었다.

“ 뉴턴의 실험 방식은 눈으로 보는 것을 통한 인식의 과정이다. 그는 제도하고, 그림을 그리고, 렌즈를 갈았으며, 망원경을 만들고, 새로운 광학을 낳았다. 뉴턴은 기구들을 만들든지 실험실에서 실험을 하거나 수학에 몰두하든지 간에 항상 직관의 영역에 있었다. 그의 눈은 말 그대로 직관했다. 보는 것과 더불어 통찰이 시작되었다. 뉴턴은 수학자로서조차도 원래는 기하학자 였으며 직관적인 것에서 해방될 수 없었다. ”

세 번째는 과학 영재들이 소년 시절부터 음악을 좋아하는 특성을 보이고 있다는 점이다. 과학 영재들의 음악성이 과학에 어떤 관련을 갖고 있는지는 분명하지 않다. 그러나 과학이 단순한 사실의 습득이 아니라 이미지와 연결된 상상력의 소산이라고 본다면, 음악적 감성이 과학적 상상력의 발달에 영향을 미친다고 볼 수 있다. 아이즈너는 논리적인 사고의 기본이 되는 것이 감성이라고 보고 음악이나 미술 등을 사고에서 중요한 요소로 보고 있다.

아인슈타인의 경우는 과학적 천분은 부계로부터, 그리고 음악적 천분은 모계로부터 이어 받은 것이라고 할 정도로 음악성이 뛰어났고 음악을 좋아했다. 그의 평생은 음악과 함께한 인생이었다고 볼 수 있다. “ 음악이 연구 활동에 영향을 미치지 않지만 그 둘은 모두 같은 종류의 열망에서 나온 것으로서, 그것을 통해 얻는 해방감은 상호 보완적인 성격을 띄고 있다. ”

하이젠베르크는 음악과 물리학 중에서 어느 것을 선택해야 할지 고민 해야할 정도로 음악을 좋아하고 재능을 보여주었다. 그는 그의 정신이 독일 문화 속에서 형성 되었고 특히

음악이 중요한 요소를 이룬다고 생각하고 있다. 이렇게 음악을 사랑하고 음악과 함께한 그의 생활은 그의 과학 세계와 깊은 연관을 맺고 있다. 하는 ‘불완전한 세계’를 더듬어 갈 수 있다. 그것은 음악을 통한 감각의 세계로의 이입을 의미한다. 과학의 세계에는 논리의 훈련과 함께 감각의 훈련이 필요한데 이 기능을 음악적 감성으로 대체한다고 볼 수 있다. 따라서 초등학교 단계의 과학 영재 교육에서는 음악 교육이 중요하다고 볼 수 있다.

따라서 초등학교 단계에서는 과학 영재에게 음악, 미술, 실기 등의 과목이 중요한 학습내용이 되어야 한다는 것이다. 자연을 시각적으로 파악하여 형상화 시키는데 그림이나 스케치 등의 훈련이 필요하고, 도구를 제작하여 실험을 함으로써 자연의 원리를 탐구하며, 불완전한 자연 현상을 감성을 통하여 접근함으로써 미지의 세계를 감지하게 한다는 것이다. 결국 초등학교 단계에서는 과학적인 사실이나 지식의 교육이 중요한 것이 아니라 과학적인 문제를 해결 할 수 있는 소양을 기르는데 중점을 두어야 한다는 논리다. 그것은 시각과 청각과 촉각이 모두 훈련되는 통합적인 과정이기도 하다. 즉 초등학교 과학 영재에게 필요한 학습내용은 과학적 마인드의 훈련과 관련되는 내용이 되어야 한다는 것이다.

## 2. 중등학교

중등학교 단계에서는 수학, 기하학, 물리, 화학, 철학 등의 교과가 중요한 학습내용이 되었다. 초등학교 단계가 과학적 마인드의 형성을 위한 기초 과정이라면 중등학교 단계는 과학적 지식을 훈련 받는 단계라고 볼 수 있다. 특히 수학이나 물리 등의 기초 과학 지식 이외에 논리적 사고에 필요한 철학도 중요한 교과목이다.

첫째로 과학 영재는 수학에서 특출하게 우수함을 보였다. 갈릴레이도 스승 밑에서 수학 공부를 집중적으로 받았다. 특히 유클리드 기하학과 알키메데스의 원리를 공부하면서 수학에 흥미를 느끼기 시작하였고, 교사들의 인정을 받기 시작하였다.

아인슈타인은 어려서부터 삼촌에게 수학을 배우기 시작하였고 12 살 때 유클리드 기하학에 심취하였고, 16세 경에는 미분과 적분을 깊이 이해하고 그 아름다움을 음미하고 있었다. “12세 때부터 16세 사이에 나는 수학의 초보와 미적분법의 원리를 즐겼다. 그때 논리적으로는 엄밀하지 않지만 주요한 사항을 명백하게 요약적으로 설명한 책을 볼 수 있는 행운을 가졌다. 이 책들에 몰두하는 일은 진정 즐거웠다. 해석 기하학의 기본적인 사고 방식, 무한 급수, 미적분의 개념에 이르러 그 즐거움은 절정에 달하였다.” 수학에 관한 그의 천재성은 상대성 이론의 완성에도 중요한 기여를 하게 된다.

하이젠베르크는 일찍이 수학에 우수함을 나타냈다. 수학을 쉽게 이해하고 또한 수학을 통해서 물리의 세계를 설명하려 하였고, 수학적 원리를 응용하여 자연을 설명하는 탁월성을 보였다. 장학생으로 추천되는 과정에서 수학과 물리학에서 우수함을 나타내었고, 특히 문제에 대한 독자적인 해법을 제시하여 시험이 요구하는 수준을 훨씬 넘어섰다고 한다. 그는 언제나 “수학적 자질이 뛰어난을 보여주었다.”

뉴턴의 경우는 우리가 아는대로 물리학자 이기보다는 수학자라고 해야할 만큼 수학적인 사고가 탁월하여 물리 현상을 수학적으로 설명함으로써 과학의 세계를 철학에서 독립시키는 획기적인 업적을 남겼다. 트리니티 시절의 스승인 배로는 “자신은 수학을 어느 정도 이해는 하지만, 뉴턴에 비하면 어린 아이처럼 계산한다”고 말하곤 했다.

다시 말하면 과학 영재에게 있어서 가장 기본적이고 중요한 학습 내용은 수학이라는 것이다. 과학 영재는 누구나 탁월한 수학적 재능을 갖었으며, 수학을 좋아하고 수학 공부를 열심히 하였다는 것이다. 수학의 원리를 응용하여 자연 현상을 설명한다는 의미에서 수학은 과학 영재 교육의 기본적인 학습내용이 된다고 볼 수 있다.

두 번째, 과학 영재는 물리학과 화학에서 뛰어난 재능을 보여준다. 빠스퇴르의 경우에 물리학과 화학에서 늘 수석을 하였다. 물리학과 화학은 생물학의 기초가 되기 때문이다. 따라서 물리학과 화학에 대한 기초 지식을 철저히 받음으로써 생물에 대한 실험을 자유롭게 할 수 있었다.

슈뢰딩거의 경우도 모든 과목에서 우등생이었지만 특히 수학과 물리학을 좋아하고 잘 하였다. 그는 입학부터 졸업까지 늘 수석을 하는 영재였다. 인문학교 시절의 한 동료는 “그는 물리학과 수학에서 뛰어난 재능을 보였다. 그는 전혀 연습이나 복습을 하지 않으면서도 수업 시간에 곧바로 모든 것을 이해하고 적용 할 수 있었다.”

아인슈타인의 경우는 베른슈타인의 “시민의 자연과학”이라는 책을 통해서 자연 과학의 전 분야를 공부하였다. 이 지식은 이론 물리학의 기초로서 대학에 가서도 충분한 기초 지식이 되었다. 즉 중등학교 시기에 이미 물리학의 기본 지식을 독학으로 습득하고 있었다는 것이다.

하이젠베르크도 이미 김나지움 4학년 때에 물리학 분야에서 주목할 만한 실력을 나타내었다. 특히 하이젠베르크는 수학과 물리학을 결합하는 탁월한 능력을 보여주었다.

파인만도 물리, 화학에서 늘 우수한 성적을 나타내었다. 물리나 화학에서 자연 현상을 관찰하고 그 의미나 연관성을 찾기를 좋아하였다. 다시 말해서 자연의 원리나 법칙을 설명하는 물리나 화학을 좋아하였다는 말이다.

결국 과학 영재는 물리나 화학을 통하여 자연을 설명하기를 좋아하였다. 중등학교 과정은 과학 영재들이 물리나 화학의 기본적인 지식을 학습하는 중요한 기간이라고 볼 수 있다. 과학 영재는 물리나 화학을 좋아할 뿐만 아니라 우수한 능력을 보여주었다. 이들은 자연 현상을 논리적으로 설명하는 물리나 화학을 좋아하는 대신에 문법을 외어야 하는 언어 과목은 싫어하였다. 다시 말하면 이들 과학 영재는 이미 자연을 논리적으로 설명하고 싶어한다는 것이다. 따라서 물리학이나 화학의 공식이나 개념은 이들이 자연 현상을 이해하는 기본 지식으로서 중요한 학습내용이 된다.

셋째, 중등학교 과학 영재가 관심을 갖고 공부하는 또 다른 과목은 철학이다. 철학을 통한 논리 전개는 과학적 사고에 있어서 필수적인 요소다. 철학을 통하여 과학과 철학의 접목을 꾀하였다. 하이젠베르크의 경우에 플라톤의 철학을 공부한 것이 자신의 이론에 지속적으로 영향을 미치고 있다고 언급하고 있다. 그는 플라톤의 저서를 읽고 많은 자극을 받았고, 철학과 물리학의 통일을 시도하였다. 플라톤의 철학이 원자론의 발견에 도움을 주었다고 회고하고 있다.

아인슈타인의 경우도 고등학교 시절 친구들과의 철학적 논쟁이 문제 해결에 도움이 되었다고 회고하고 있다. 소위 ‘올림피아 아카데미 시절’이라고 부르는 시기에 친구들과 철학과 과학 저서를 읽고 함께 토론하는 과정에서 사상의 발전에 커다란 영향을 받았다. 물리학에서 철학적 사고가 어떤 영향을 미치는가를 아인슈타인은 다음과 같이 설명하고 있다. 즉 “과학자는 조직적인 인식론자로 보여야 한다.…… 자신의 연구를 위한 효과적인 도구로써 논리적 단순성이라는 관점을 생각할 때는 플라톤주의자나 피타고라스 철학자 처럼 보여야 한다.”

결국 과학 영재들은 중등학교 시절에 철학적 사고에 흥미를 갖고 있었다고 볼 수 있다. 과학적인 착상이나 논리의 전개에 있어서 철학이 도움이 된다는 의미다. 중등학교 시절의 철학적인 사유 방식에 대한 훈련을 받음으로써 과학적인 문제 해결에 유용한 도구가 될 수 있다는 의미다. 따라서 철학은 중등학교 시절에 과학 영재 교육에서 또하나 중요한 학습내용이 될 수 있다.

요약하면 중등학교에서의 과학 영재가 학습 할 내용은 과학적인 지식이나 철학적인 사고 방법을 훈련 받는 것이다. 특히 수학, 기하, 물리, 화학 등의 과학적 지식과 철학을 통한 논리적 지식이 중등학교의 과학 영재 교육에 있어서 중요한 학습내용이 된다. 그런데 이들은 모두 언어 교과를 싫어하고 외우는 과목을 싫어하는 특성을 보인다. 왜냐하면 이들은 원리나 논리를 통한 공부를 좋아하고 외우는 공부를 싫어하기 때문이다.

### 3. 대학

대학의 과정에서는 지식의 학습이 아니라 지식의 생산에 관심이 더 많다. 따라서 과학 영재는 교수의 강의에 만족하지 못하고 자신의 연구나 실험에 중점을 두고 학습 내용이 이루어진다. 즉 연구와 실험을 통한 지식의 생산이 대학 교육과정의 중요한 부분이 된다는 말이다.

첫째, 과학 영재는 대학 과정에서는 지식의 생산을 위한 연구에 보다 많은 학습 시간을 투자한다. 아인슈타인은 낡은 지식을 전달하는 강의에 흥미를 느끼지 못했고, 더구나 필요 없는 지식을 암기해야 하는 시험 때문에 자신이 좋아하는 연구를 하지 못하였다. 그는 보다 많은 시간을 자신의 연구에 몰두하고 싶어했다.

빠스퇴르는 연구 과제를 기존의 학설을 비판하고 그 해답을 찾는 과정에서 발견하였다. 그리고 연구 과제가 동료들과의 토론을 통하여 얻어지게 되었다. 연구는 당시 학계에서 가장 논란의 대상이 되고 있는 과제였다. 다시 말하면 빠스퇴르의 연구 과제는 기존의 지식을 학습하는 것이 아니라 새로운 지식을 생산하는 과정이라는 것이었다.

하이젠베르크도 스승 쯔머펠트의 지도로 끈장 과학의 최 전선에 있는 문제를 연구하게 되었다. 두 번째 학기에 벌써 논문을 써서 스승 쯔머펠트를 감동시켰다. 그는 대학의 전 과정을 통하여 스승과 동료와 함께 과학의 최전선에 있는 문제를 연구하는데 소비하였다. 그의 대학 생활은 그야말로 연구하는 기간이었다.

둘째, 과학 영재는 대학에서 보다 많은 시간을 실험에 열중한다. 아인슈타인은 특허청 시절에 수많은 과학적 발견들을 접하면서 새로운 착상을 하게 되었다고 한다. 즉 새로운 실험의 결과가 아인슈타인에게 창의적인 사고를 가능하게 하였다는 것이다. 특허청은 많은 사람들의 과학적 실험 결과를 종합하는 곳이다. 따라서 이곳에서 일하던 시절의 아인슈타인은 많은 과학적 실험을 간접적으로 경험하게 되는 행운을 얻었던 것이다.

갈릴레이는 “수학의 도움 없이 자연과학의 문제들을 해결하려고 하는 것은 성취할 수 없는 일을 감행하는 것이다. 측량 할 수 있는 것은 측량해야 하고 측량할 수 없는 것은 측량할 수 있도록 만들어야 한다”고 말함으로써, 자연의 이해에 수학적인 실험 방법을 도입하였다. 갈릴레이는 수학적인 측량을 통하여 자연의 원리를 밝히는 실험에 열중하였다. 26

뉴턴의 경우는 평생 동안이 실험을 통한 자연의 연구 과정이라고 할 수 있다. 특히 그의 실험은 스스로 만든 도구에 의해서 이루어지는 끊임 없는 탐구의 과정이었다. 이러한 실험을 통하여 뉴턴은 과학의 세계를 바꾸어 놓았다. 과학이 실험을 통한 결과이었을 때에만 의미가 있다는 과학적 사유의 전성 시대를 열어놓게 된다. 소위 과학의 시대가 뉴턴의 실험을



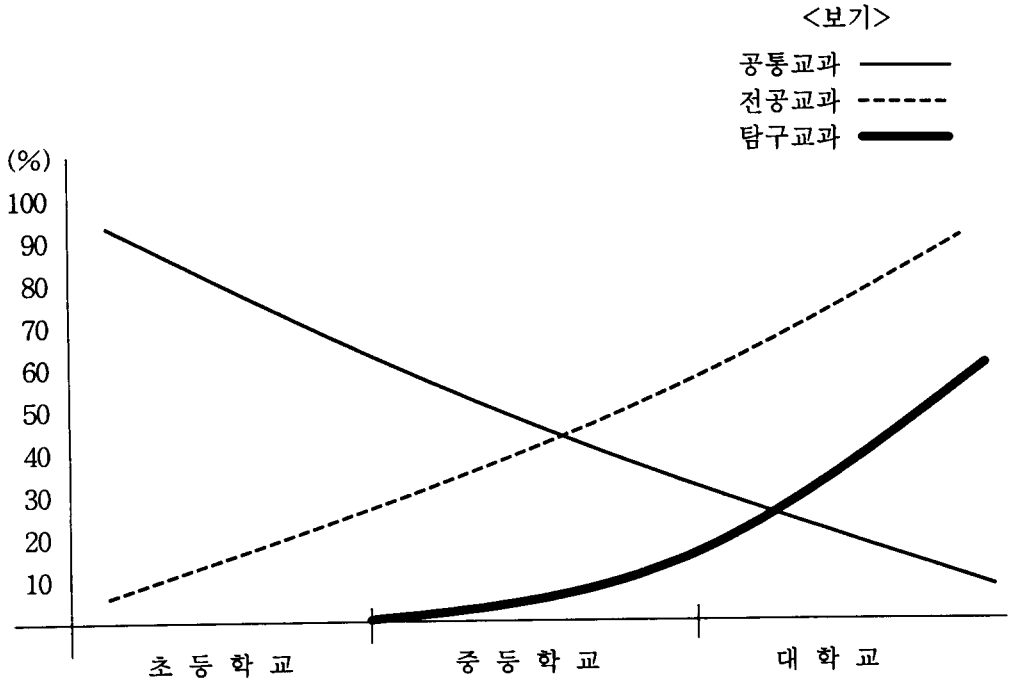
통하여 시작되는 것이다.

대학에서의 과학 영재 교육은 실험을 통한 자연 탐구가 학습의 중요한 내용이 된다. 실험을 통하여 끊임 없이 새로운 사실을 밝혀내는 과학자의 길을 연습하는 기간이다. 따라서 실험과 연구는 과학 영재가 대학에서 거치는 필수 과정이라고 볼 수 있다.

요약하면 초등학교 과정에서는 과학 영재가 공부해야 할 중요한 내용은 미술, 음악, 기술 과목이다. 미술 공부를 통하여 공간 개념을 파악하는 시각적 기능이 발달하고, 음악을 통하여 감성을 훈련시킴으로써 과학적 상상력을 개발하고, 기술을 통하여 실험에 필요한 도구를 제작하는 기능을 연마한다. 다시 말하면 초등학교 과정에서는 과학적 지식을 가르치는 것이 아니라, 과학적 마인드를 개발한다는 것이다. 그리고 중등학교 과정에서는 과학적인 기초 지식을 연마하는 기간이다. 특히 수학, 물리, 화학, 기하 등의 과학적 지식을 학습하고, 철학을 통하여 과학적 사고를 발달시킨다. 다시 말하면 중등학교 단계에서는 과학 영재는 과학적 지식을 학습해야 한다는 것이다. 마지막으로 대학 과정에서는 새로운 과학 지식을 생산하기 위한 학습을 해야한다. 연구와 실험이 과학 영재가 대학 과정에서 하는 중요한 학습 내용이다.

과학 영재의 학습내용 선정의 원리를 그림으로 표시하면 다음과 같다. 여기서 공통 교과는 음악, 미술, 기술 등으로서 과학적 기반 형성에 필요한 과목을 의미하고, 전공 교과는 과학적 지식 축적과 관계가 있는 수학, 물리, 화학, 기하 등의 과목이며, 탐구 교과는 과학적 지식의 생산에 필요한 실험이나 토론 등을 의미한다.

과학 영재의 학습내용



### 3. 교수-학습 방법Ⅲ

과학 영재의 교수-학습 방법에서 논의할 내용은 우선 과학 영재가 어떤 학습 방법으로 공부를 했느냐 하는 학습방법에 관한 것과 둘째, 교사나 학교가 어떤 프로그램으로 교육을 시켰는가 하는 교수 방법의 문제다.

#### 1. 학습방법

##### 1) 초등학교

초등학교 과학 영재의 학습방법은 우선 관찰을 통한 학습이라는 것이다. 자연 현상을 관찰하여 그 원리를 탐구하는 것이 초등학교 과학 영재가 갖고 있는 특성 중의 하나다. 따라서

초등학교 과학 영재의 우선적인 학습 방법은 자연에 대한 관찰이라고 볼 수 있다. 자연에 대한 예리한 관찰을 통하여 스스로 자연의 이치를 터득하는 과정을 밟는다고 볼 수 있다.

빠스피르트는 어려서부터 뛰어난 관찰력을 보였다고 한다. 빠스피르트가 그린 그림을 보면 그가 얼마나 놀라운 관찰력을 갖고 있었는가를 보여준다고 한다. 이러한 예리한 관찰력은 천부적인 것이고, 또한 과학적 재능의 중요한 한 부분이기도 하다.

뉴턴도 뛰어난 관찰력의 소유자로 유명하다. 어려서 인부들이 풍차를 만드는 광경을 관찰하고 스스로 풍차를 만들어 세우기도 하였다고 한다. 유명한 물시계와 해시계를 제작하고 그 움직임을 관찰하기도 하였다. 이러한 모든 과학 영재의 특성은 이들이 자연에 대한 흥미가 높고 관찰력이 뛰어나다는 것을 보여주고 있다. 과학이 자연의 이치를 이해하는 과정이라고 한다면, 과학 영재의 학습과제는 자연을 관찰하여 그 속에서 자연의 이치를 발견하는 것이라고 볼 수 있다. 따라서 과학 영재에게 있어서 자연을 관찰하는 능력이야말로 가장 중요한 학습 방법이라고 말할 수 있다.

다시 말하면 과학 영재는 초등학교 단계에서부터 스스로 학습하는 방법을 터득한다고 말할 수 있다. 즉 자연 관찰을 통하여 학습을 한다고 말할 수 있다는 것이다. 자연을 관찰하고 그 속에서 자연의 이치를 터득하는 것이야말로 가장 바람직한 과학 공부 방법이라고 볼 수 있다. 초등학교 단계에서 과학 영재 학습지도 방법은 자연에 대한 관찰력을 키워주는 것이라고 볼 수 있다.

두 번째는 초등학교 과학 영재들은 자연에 대한 호기심이 강하다는 것이다. 강한 호기심과 흥미를 갖고 있다는 것이야말로 과학 영재의 필수 조건이라고 볼 수 있다. 자연에 대한 끊임 없는 탐구와 질문이야말로 자연의 이치를 밝히는 첫째 조건이기 때문이다. 과학은 자연에 대한 끊임 없는 탐구의 결과라고 볼 수 있기 때문이다. 과학 영재는 초등학교 단계에서부터 자연에 대한 호기심과 의문을 가지면서 과학자로서의 자질을 함양하는 것이다. 따라서 과학에 대한 호기심은 초등학교 과학 영재의 중요한 학습 방법이라고 볼 수 있다.

아인슈타인은 과학자의 사명이 “영원한 수수께끼처럼” 우리 앞에 존재하는 자연의 신비를 고찰하고, 그 해답을 찾는 것이라고 설명하고 있다. 또한 과학적인 탐구 과정은 기존의 인식이나 개념과 어긋나는 자연 현상을 보았을 때 느끼는 “놀람”에 의하여 시작된다고 말한다. 이 놀람이 자연 탐구의 귀중한 기초가 된다는 것이다. 4살 때 나침반의 바늘이 항상 북쪽으로 고정되어 있는 것을 보고 “놀람”을 경험하였고, 12살 때 유클리드의 평면 기하학 책을 읽고 “놀람”을 경험하였다고 한다. 새로운 현상에 대한 발견이나 “놀람”이 자연에 대한 호기심과 흥미를 일으키고, 그것이 자연 탐구의 기초가 된다고 보는 것이다. 과학은 이

끊임 없는 “놀람”을 해결하기 위한 작업 과정이라고 볼 수 있다. 아인슈타인의 전기 작가인 카일 젤리히가 아인슈타인에게 당신은 당신의 과학적 천분을 아버지에게서 받았고, 음악적 재능을 어머니에게서 받은 것이 아니냐고 질문했을 때, 아인슈타인은 “내겐 각별한 천분이 없습니다. 단지 호기심이 많을 뿐입니다” 라고 대답하였다.

뉴턴의 어린 시절을 증언하는 외삼촌의 말에 의하면 뉴턴의 천재성은 그의 호기심에서 나타났다고 한다. 뉴턴의 질문하는 방식이나 질문의 내용, 그리고 질문에 대한 답을 찾기 위하여 노력하는 면들이 과학자로서의 천재적인 특성을 보여주고 있었다는 것이다. 어쩌면 과학이 질문에서 출발하고, 그 질문에 대한 답을 찾는 과정이라고 볼 수 있다면, 뉴턴의 이러한 의문이나 호기심은 과학 영재의 기본적인 자질의 하나라고 볼 수 있다.

결국 초등학교 과학 영재는 자연에 대한 강한 호기심과 흥미를 통하여 과학에 접근하는 태도를 학습하게 되는 것이다. 자연에 대한 호기심과 흥미야말로 과학자가 되기 위한 가장 중요한 자질이라고 볼 수 있다. 과학이란 결국 이 호기심을 따라가는 과정이라고 볼 수도 있다. 과학자에게 호기심이 없다면, 또는 “놀람”이 없다면 과학자의 자격이 없다고 볼 수도 있다. 따라서 초등학교 과학 영재에게는 호기심과 흥미를 개발하는 것이 가장 중요한 학습 방법이라고 볼 수 있다.

요약하면 초등학교 과학 영재의 학습방법은 자연에 대한 호기심을 통하여 과학적 탐구 정신을 함양하고, 자연의 관찰을 통하여 자연의 원리나 이치를 발견하는 것이다. 따라서 초등학교의 과학 영재 교육에서는 이들이 자연에 대한 호기심을 키울 수 있는 환경을 만들어 주고, 자연을 관찰 할 수 있는 기회를 제공하는 것이라고 볼 수 있다. 다시 말하면 초등학교 단계에서의 과학 영재 교육은 과학적 마인드를 키워주는 관찰과 흥미를 신장시켜 주는 것이라고 볼 수 있다.

## 2. 중등학교

첫째, 중등학교의 과학 영재들은 실험을 중요한 학습방법으로 활용하고 있다. 초등학교에서의 과학이 관찰에 중점을 둔 것이라면 중등학교 과정에서는 자연 현상을 조작하여 그 결과를 검증하는 실험의 단계로 옮겨간다. 초등학교의 관찰이 자연 현상을 있는 그대로 두고 원리를 찾아보는 것이라면, 중등학교에서의 실험은 자연 현상을 조작하여 그 인과관계를 밝혀내는 과정이다. 따라서 실험은 중등학교 과학 영재들의 가장 중요한 학습 방법이라고 볼 수 있다.

갈릴레이는 과학이 추상의 세계에 머물러 있던 것을 실험을 통하여 현실의 세계를 해결하는 문을 열어준 최초의 과학자라고 볼 수 있다. 갈릴레이는 많은 실용적인 문제들을 실험을 통하여 증명하고, 과학의 방법이나 해결 과정을 제시하여 과학에 새로운 지평을 열었다.

뉴턴의 실험에서 우리는 실험이 갖는 조작적 특성을 확인하게 된다. 그는 자신의 개입이 없이 일어나는 자연 현상을 단순한 관찰이나 추정, 또는 논쟁에 의해서 인식하려고 하지 않았다. 뉴턴은 실험을 통한 방법을 과학적인 고유한 방법이라고 여겼다. 실험실의 장치와 도구를 통해 자연 현상을 이해하기를 원했다.

다윈도 정원에 작은 실험실을 만들어 놓고 밤 늦게 까지 실험에 매달렸다. 특히 화학 실험에 열정적으로 매달렸다. 다윈은 이 실험에서 자연의 경이로움을 발견하였고, 학교 수업보다 이 실험에 더 열중하였다. 실험을 통하여 과학에 대한 새로운 의미를 부여하게 되었다고 한다.

결국 중등학교 단계에서의 과학 영재는 실험이 중요한 학습방법이 되어야 한다. 왜냐하면 실험을 통하여 밖으로 나타난 자연 현상 이외에 자연의 인과관계를 밝힘으로써 그 결과를 이용하고 활용할 수 있게 되기 때문이다. 자연의 법칙을 밝히는데 있어서 실험은 결정적인 공헌을 한다고 볼 수 있다. 이런 의미에서 실험은 과학자의 필수 조건이라고 볼 수 있고, 특히 중등학교의 과학 영재는 실험이 중요한 학습 방법이 되어야 한다.

둘째, 중등학교 과학 영재의 중요한 학습 방법은 토론이다. 친구나 스승과의 토론을 통하여 자신의 논리의 결점을 보완하고 보다 완벽한 결론을 얻게 된다. 또한 토론을 통하여 새로운 논리를 시험할 수도 있게 된다. 토론은 논리나 탐구의 과정에서 가장 중요한 요소 중의 하나이다.

아인슈타인의 경우는 소위 올림피아 아카데미 시절에 친구들과의 토론을 통하여 가장 활발한 논리적 수업을 받게 된다. 과학 뿐만 아니라 다양한 화제를 중심으로 토론을 하는 과정에서 아인슈타인의 사상 전반이 넓어졌다. 친구들과의 논쟁은 그의 사고를 연마시키는 귀중한 도구 였다고 한다.

하이젠베르크도 이론의 많은 부분은 동료나 선배, 그리고 스승과의 토론을 통하여 성숙되어 갔다. 스승 좀머펠트와의 토론, 파울리와의 토론, 보어와의 논쟁, 아인슈타인과의 논쟁 등은 과학사에 길이 빛나는 토론이다. 솔베이 회의는 전문가들의 토론이 과학의 발전에 얼마나 중요한 역할을 하는 가를 증명하고 있다. 하이젠베르크의 이러한 토론의 기술은 그의 김나지움 시절에 다져진 학습방법이다. 인문학교의 전통에 근거한 이 학교는 독서와 토론을 통하여 사고력을 높여주는 중요한 교육기관이다. 특히 철학적인 사고의 전통을 갖고 있는

이 학교의 전통은 현대 과학의 발전에 지대한 공헌을 하였다고 볼 수 있다. 현대 과학 철학의 전통은 하이젠베르크에 의해서 극명하게 들어난다고 볼 수 있다.

특히 이러한 토론은 이론 물리학에서 중요한 부분을 차지한다. 왜냐하면 이론 물리학은 논리에 근거를 두고 전개되기 때문이다. 사고의 영역을 확대 시켜야 하는 이론 물리학에서 논리적인 전개가 이루어지지 않는다면 물리학은 성립될 수 없는 것이다. 따라서 중등학교 과학 영재 교육에서 토론의 과정은 중요한 학습방법 중의 하나이다.

요약하면, 중등학교 단계에서의 과학 영재 학습 방법은 실험과 토론이라고 볼 수 있다. 실험을 통하여 숨겨진 자연의 인과관계를 밝혀내고, 토론을 통하여 과학의 세계를 확장시킬 수 있다. 따라서 실험이나 토론은 이미 지식의 생산 단계를 의미한다고 볼 수 있다. 지식의 학습이 아니라 새로운 지식을 생산하는 과정에 있다고 볼 수 있다. 진정한 의미에서의 과학자의 길은 이 실험과 토론이 가장 중요한 학습 방법이 된다고 볼 수 있다.

### 3. 대학

대학에서는 중등 학교에서의 학습 방법인 실험과 토론이 보다 본격적으로 이루어진다. 실험도 본인의 주체적인 설계에 의해서 이루어지고, 토론도 보다 전문적인 과제를 갖고 전문가들이 토론을 하게 된다. 그런데, 대학의 과학 영재에게 특이한 학습방법은 논문을 발표하는 것이다. 본격적으로 과학자의 위치를 갖고 학습을 하게 되는 것이라고 볼 수 있다.

아인슈타인은 논문의 착상이 이루어지는 것은 '신이 주는 선물'이라고 이야기하고 있다. 논문의 착상이 얼마나 어려운가를 설명하는 말이다. 아인슈타인은 이 착상이 기존의 지식이나 논리적 사고에 의해서 이루어지는 것이 아니라 직관적 사고에 의해서 이루어진다고 설명한다. 아인슈타인은 물리학의 과제가 자연 현상을 설명할 수 있는 기본 법칙을 연구하는 일인데, 그 기본 법칙에 도달하는 길은 논리적인 길이 아니라 경험에 기본을 둔 감정이입이라고 설명한다. 아인슈타인은 사고의 과정이 경험을 통한 이미지에 의해서 시작되고, 그 이미지가 논리를 통하여 정리된다고 설명하면서, "나에게 있어서는 사고가 오랜동안 언어의 매개 없이 진행된다"고 말하고 있다. 이러한 경험에 의한 착상이야말로 기존의 개념을 넘어서는 새로운 이론의 시초가 된다고 볼 수 있다. 아인슈타인은 상대성 이론의 발견 과정이 확실치 않은 정신 상태에서 이미지를 추구하고 있었고, 사고의 첫 단계에는 언어나 논리가 중요한 역할을 하는 것이 아니라 이미지가 도움이 된다고 말하고 있다.

하이젠베르크도 불확정성의 원리를 발견하는 과정이 영감에 의한 것이었다고 다음과 같

이 증언하고 있다. “내가 헬골란트에서 에너지가 시간적으로 일정하다는 것을 발견했을 때, 그것은 내 머리 속에 한 순간에 영감처럼 떠올랐다. 그때는 꽤 늦은 밤이었다. 나는 그것을 힘들여 계산했고, 그것은 맞았다. 나는 조금도 자지 않았다. 하루의 삼분의 일은 양자 역학을 계산했고, 삼분의 일은 바위를 탔고, 삼분의 일은 피테의 시를 외었다.” 하이젠베르크도 과학적 발견이 논리에서 출발하는 것이 아니라 영감에 의해서 이루어진다고 보고 있는 것이다. 또한 보어와의 대화를 통해서 과학이 ‘가설 - 수학적 검증’의 과정을 거치는 것이 아니라, ‘자연 현상 - 직관 - 수학적 검증’의 과정을 거치는 것이라는 점을 인정하였다. 그는 새로운 사실의 이해가 기존의 논리 체계로는 설명될 수 없기 때문에 직관적 이해라는 수단을 동원 할 수 밖에 없다고 믿었다. 이 직관적 이해란 어떤 구체적 사실이 아니라 우리의 의식 속에 잠재하는 이미지를 의미한다는 것이다.

착상의 단계가 개인적인 직관의 세계라면 논문의 전개는 토론의 장이다. 토론의 과정을 통하여 논문이 수정되고 완성되는 것이다. 다윈의 경우도 많은 지적인 교류와 토론의 과정을 거쳐서 논문이 완성된 것을 볼 수 있다. “다윈은 찰스 라이언, 조지프 후커, 에이사 그레이, 토머스 헉슬리 등과 개인적으로나 사상적으로 친하게 지낸다. 이들과의 토론이나 교류가 없었다면 다윈 주의는 형성되지 못했을 것이다.” 다윈의 이론도 단독 작품이 아니라 공동의 토론을 거친 후에 이루어진 성과라는 것이다.

아인슈타인도 대학 시절에 친구들과의 토론이 자신의 학문 발전에 지대한 공헌을 하였다고 회고하고 있다. 토론은 논문의 결점을 보완하게 하고 학문의 시야를 넓혀준다는 의미에서 과학자에게는 절대적인 요소가 된다. 특히 전문가들과의 토론은 논문의 완성 단계에서 결정적인 도움이 된다는 것이다. 솔베이 회의 뒤에 프왕카레는 아인슈타인을 다음과 같이 평가하고 있다. “그는 고전적인 원리에 집착하지 않고 물리학의 문제가 제출되기만 하면 온갖 가능성을 머리에 그려냅니다.” 토론을 통하여 시야가 넓어지게 된다는 것이다. 다양한 착상은 다양한 문제를 제기하게 하고 논문의 수준을 높이는 계기를 만들어 준다.

하이젠베르크의 업적은 오로지 토론의 과정을 통해서 만들어진 것이라고 해도 과언이 아니다. 스승 쯔머펠트와의 지적 논의, 볼프강 파울리와의 대화와 토론, 보어와의 교류 등으로 하이젠베르크는 자신의 이론이 당시에 최고의 물리학자들과의 교류와 토론의 과정을 거쳐서 수정되고 완성된 과정이었다고 볼 수 있다.

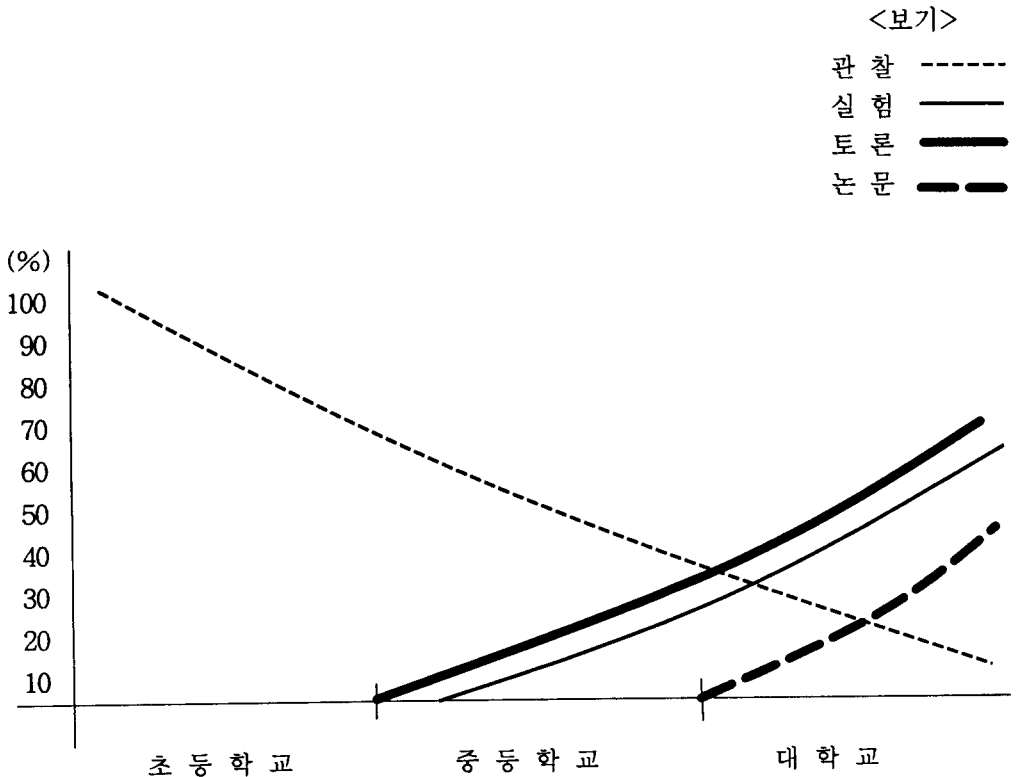
다시 말하면 과학 영재들이 대학 시절에 하는 중요한 학습은 논문을 완성하는 일이라는 것이다. 이 논문의 완성은 착상의 과정과 완성의 과정으로 볼 수 있는데 착상의 과정은 개인의 직관에 의존하는 것이고, 완성 단계는 토론의 과정을 거치는데 이 과정은 과학자들이

공동으로 참여하여 그 결점을 보완하고 시야를 넓혀주게 된다는 것이다. 그런데 이 착상의 과정은 기존의 논리나 개념에 의한 것이 아니기 때문에 개인의 창의성이 요구된다. 아울러 토론의 과정은 다른 사람의 의견을 수용하는 인간적인 성숙이 요구되는 부분이다. 결국 대학에서 과학 영재들이 논문을 완성하기 위해서는 개인의 창의성과 성숙된 인간적인 태도가 필요하다는 말이다.

따라서 과학 영재의 학습방법을 초등학교, 중등학교, 대학 과정으로 구분하면 초등학교 단계는 자연에 대한 호기심을 키우고 자연을 관찰하는 학습 습관을 길러주는 것이고, 중등학교 단계에서는 실험과 토론의 과정을 거쳐서 자연의 법칙을 밝혀내는 학습을 하게 되며, 대학에서는 창의적인 논문을 완성하는 단계가 된다는 것이다.

과학 영재의 학습방법을 그림으로 표시하면 다음과 같다.

과학 영재의 학습방법





## 2. 교수 방법

과학 영재 교수 방법에서 문제가 되는 것은 첫째, 동질 집단으로 가르치는 것이 좋으나 이질 집단으로 가르치는 것이 좋으냐의 문제고 둘째, 속진법이 좋으냐 심화법이 좋으냐의 문제며 셋째, 프로젝트 수업이 좋으냐 교과 수업이 좋으냐를 알아보는 것이다. 여기서는 이러한 문제를 초등, 중등, 대학의 단계로 구분해서 논의한다.

### 1) 초등학교

초등학교 과학 영재는 우선 학습 내용이 미술, 음악, 공작 등의 과목이고, 학습 방법은 관찰이나 자연에 대한 흥미가 중심이 된다. 다시 말하면 초등학교 단계에서는 과학적 마인드를 가르치는 것이 중심이 되는 교육과정이어야 한다는 것이다.

따라서, 첫째로 동질 집단이 좋으냐 이질 집단이 좋으냐를 비교했을 때 이들에게는 이질 집단이 더 좋다고 볼 수 있다. 왜냐하면, 동질 집단을 구성하는 이유가 속진을 위한 것이인데 이 단계에서는 구체적인 교과를 가르치기 보다는 과학적 마인드를 가르치는 것이 중요하기 때문이다. 초등학교 단계에서는 과학 영재도 다양한 집단과 접촉하면서 많은 경험을 하는 것이 중요하다고 볼 수 있다.

둘째로, 속진법이 좋으냐 심화법이 좋으냐의 문제다. 초등학교 과학 영재의 경우는 교과 학습보다는 과학적 마인드를 가르치는 것이 중요하다는 입장에서 보면, 속진법 보다는 심화법이 좋다고 볼 수 있다. 교과 내용을 학습하는 것이 아니라 주제를 깊이 있게 다루면서 과학의 의미를 음미할 수 있게 하는 것이 필요하기 때문이다. 많은 내용을 가르치기 보다는 하나의 주제라도 심도 있게 다루면서 과학에 대한 흥미를 깊게 하는 것이 중요하기 때문이다.

셋째로, 프로젝트 수업이 좋으냐 교과 내용 중심의 수업이 좋으냐의 문제다. 초등학교 과학 영재 교육이 기본적으로 과학적 마인드를 형성시켜 주는 것이라는 입장에서 본다면, 당연히 프로젝트 수업이 중심이 되어야 한다. 다시 말하면 초등학교 단계에서는 과학 영재에게 과학적 지식을 가르치기 보다는 프로젝트 수업을 하면서 관찰이나 흥미 등의 과학적 마인드를 양성 할 수 있는 계기를 마련해 주는 것이 필요하다는 말이다.

다시 말하면 초등학교 영재는 과학적 마인드를 교육 시키는 것이 중요하므로 동질 집단 보다는 이질 집단이 좋고, 속진법 보다는 심화법이 좋으며, 교과 수업보다는 프로젝트 수업이 좋다고 말할 수 있다. 다양한 경험과 지식을 접하게 하고 과학적 흥미를 심화시켜서 과학적 마인드를 길러주어야 한다는 말이다.

## 2) 중등학교

중등학교 과학 영재는 물리, 화학, 수학, 기하 등의 과학 교과와 철학을 중요한 교과로 인식하고 공부한다. 과학의 기본 교과를 공부하는 과정이라고 볼 수 있다. 이들의 학습 방법은 실험과 토론이 중심이 된다. 따라서 중등학교 단계에서는 과학에 공부에 필요한 기초 지식과 방법을 학습하는 시기라고 볼 수 있다.

따라서 첫째, 중등학교 과학 영재는 동질 집단을 형성하는 것이 유효하다. 왜냐하면 이들이 하는 중요한 과제는 과학의 기초인 물리, 수학, 화학, 기하 등의 교과인데, 이질 집단 속에서는 학습의 효과를 얻을 수 없기 때문이다. 동질 집단 간의 격려와 경쟁 속에서만 효과적인 수업을 받을 수 있기 때문이다.

둘째, 이들에게는 속진 학습법이 보다 효과적이다. 왜냐하면 이들의 학습 속도는 보통의 학생들 보다 월등히 우수하기 때문이다. 이들은 교과를 쉽고 빨리 학습한다는 특성을 갖고 있다. 따라서 이들에게는 개인의 학습 속도에 맞추어서 속진을 하는 것이 유효하다고 볼 수 있다. 이들은 개인의 노력에 의해서 중등학교 이상의 기본 과학 지식을 학습하곤 한다. 따라서 속진이 아니면 이들의 속도를 따라 갈 수가 없다. 개인의 학습 속도에 맞추어서 속진을 하는 것이 이들에게 가장 적절한 학습방법이다.

셋째, 이들에게는 프로젝트 수업과 교과 내용 학습을 병행하는 것이 효과적이다. 중등학교 단계에서는 과학의 기초 지식을 학습하는 것이 중요하기 때문에 교과 내용을 가르치는 것이 중요하다. 그러나 이 교과 지식이 속진에 의해서 학습되기 때문에 과학의 원리나 방법을 터득하는 것이 부족하다. 따라서 이 단계에서는 교과 내용과 함께 프로젝트 수업을 통해서 과학적 방법을 터득하는 것도 필요하다.

결국 중등학교 과학 영재는 동질 집단을 형성하여 줌으로써 서로 자극을 받고 영향을 주게 함과 아울러, 속진을 통해서 과학적 지식을 습득하게 해야한다. 또한 프로젝트 수업과 교과내용을 병행함으로써 교과 내용과 함께 연구 방법도 터득하게 하는 시기다.

## 3) 대학

대학에서 과학 영재가 학습하는 내용은 과학 지식의 생산이다. 다시 말하면 연구와 실험을 통하여 과학 지식을 개발하는 단계다. 대학에서 과학 영재가 학습하는 내용은 연구의 주제를 받아서 실험을 하고, 그 결과를 발표하는 일이다. 학습의 과정이 아니라 생산의 과정이라는 말이다. 따라서 대학에서 과학 영재가 학습하는 방법은 연구의 과정이다. 논문을 쓰고 그 결과를 토론하는 과정이 대학에서 과학 영재가 학습하는 방법이다.

따라서, 첫째로 과학 영재는 대학에서 동질 집단끼리 모여서 학습을 하게 된다. 이미 과학자의 길로 들어선 전문가의 집단이라고 볼 수 있다. 이들 전문가 집단은 토론을 통하여 서로의 단점을 보완하고 아울러 자신의 시야를 넓히는 계기로 삼는다.

둘째, 대학의 과학 영재는 주제를 중심으로 연구를 하기 때문에 많은 지식을 습득하는 속진을 할 필요가 없다. 주제를 중심으로 심화학습을 하는 것이 필요하다. 연구 주제와 관련된 자료를 수집하고 정리, 분석하는 작업을 하게 된다. 따라서 이들은 몇 개의 주제를 중심으로 심화하는 학습을 하게 된다.

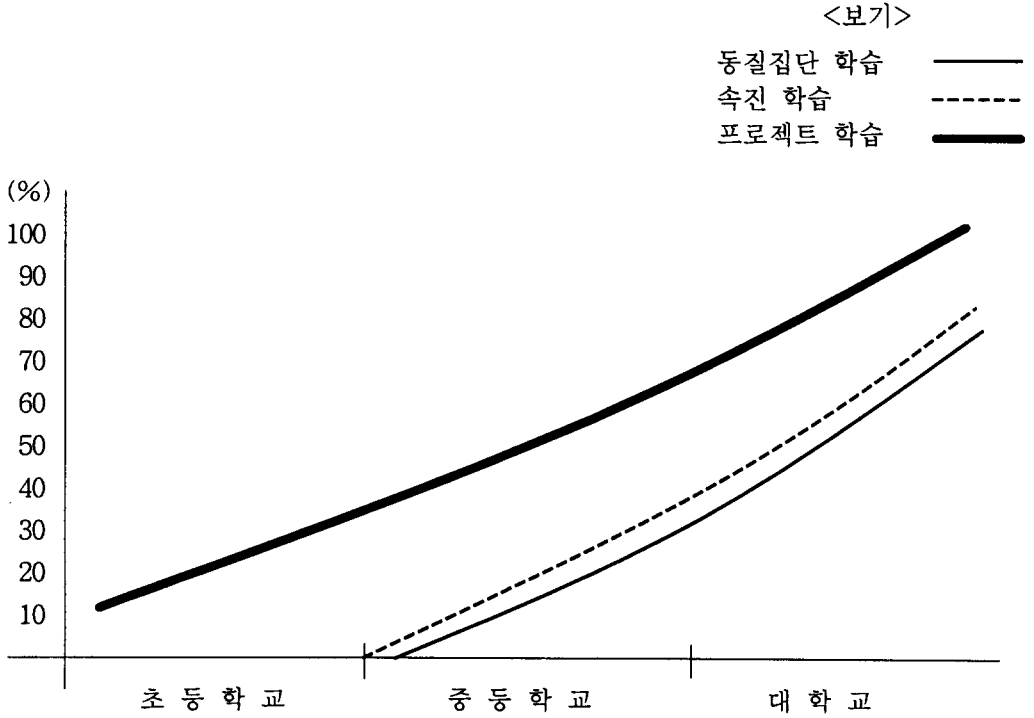
셋째, 이들의 학습은 연구이기 때문에 프로젝트 수업이 효과적이다. 프로젝트를 가지고 연구를 하는 과정이 대학의 과학 영재에게 효과적이다. 교과 내용은 단지 연구를 위한 보조 자료에 불과하고 프로젝트를 중심으로 연구를 하는 것이 대학의 과학 영재가 하는 수업이다. 따라서 대학의 과학 영재에게는 프로젝트를 주고 연구를 하도록 독려하는 것이 가장 효과적인 교수법이라고 볼 수 있다.

결국 대학의 과학 영재 교수 방법은 우선 동질 집단을 구성해서 서로 연구를 할 수 있는 환경을 만들어 주는 것이고, 둘째로 속진을 통해서 지식을 습득하는 것이 목적이 아니라 연구를 하는 것이 목적이므로 심화 과정을 통해서 문제를 깊이 연구하는 것이 중요하다. 셋째, 프로젝트를 주고 연구를 하도록 하는 것이 중요하다. 교과 내용은 이들에게 중요한 것이 아니기 때문이다. 대학의 과학 영재는 소수의 에리트 집단이 과학의 연구에 몰두 할 수 있도록 환경을 조성해 주는 것이지 교과를 교수하는 것이 아니기 때문이다.

과학 영재 교수 방법을 요약하면, 첫째로 초등학교 단계에서는 이질 집단 속에서 다양한 경험을 하고, 심화 과정을 통하여 관찰을 하도록 하며, 프로젝트를 중심으로 수업을 함으로써 과학적 마인드를 심어주는 것이 중요하다. 중등학교 단계에서는 동질 집단을 형성하여 속진을 하게 하고, 또한 교과 내용을 습득하는데 중점을 두어야 한다. 대학의 과정은 연구가 중심이 됨으로 전문가들이 모이는 동질 집단이 형성되는 것이 중요하고, 심화과정과 프로젝트 수업을 통하여 연구를 하는 것이 필요하다.

과학 영재의 교수 방법을 그림으로 표시하면 다음과 같다.

과학 영재의 교수방법



#### IV. 교육 환경

교육환경은 가정환경, 학교환경, 사회환경으로 나누어 볼 수 있다. 이들 환경이 과학 영재의 성장 과정에 어떤 영향을 미치는가를 초등학교, 중등학교, 대학의 단계로 나누어서 살펴 보려고 한다. 각 단계마다 어떤 요인이 크게 작용하였는가를 알아보려는 것이다.

##### 1. 초등학교

초등학교 단계에서는 가정의 영향이 절대적인 영향을 미친다. 특히 아버지의 영향이 절대적인 것으로 나타났다. 아버지는 학문의 스승이자 친구로서 막대한 영향을 미치고 있다.

슈뢰딩거는 “아버지는 남달리 폭넓은 문화적 소양을 지니신 분이셨다.…… 아버지는

어린 시절의 내게 친구이자 선생님이었고 풍부한 대화 상대자였으며, 내가 가진 모든 의문을 해결해 주는 분이었다”라고 회고 하고 있다.

하이젠베르크는 아버지가 뮌헨 대학의 교수로서 극단적인 전문성보다는 종합적인 객관성을 중시하는 사고를 아버지에게 물려받았다. 즉 아버지의 학문적 경향이 아들에게 전수되는 예를 하이젠베르크에게서 볼 수 있다.

파인만의 경우는 아버지의 학습지도 방법이 그 지역 사람들에게 널리 알려질 정도였다. 파인만의 아버지는 아들을 과학자로 키우려고 세심한 배려를 하였다. 책을 읽는 경우는 그 의미를 음미하면서 읽게하고, 자연을 관찰하면서는 자연의 원리나 그 연관성을 생각하게 하였다고 한다. 또한 자연을 관찰하면서 자연에 대한 흥미를 갖게하였다.

갈릴레이는 아버지에게서 류트 연주와 그림을 배웠다고 한다. 그리고 갈릴레이의 아버지는 아들에게 좋은 교사를 소개하고, 그 지도를 받게 하는데 결정적인 역할을 하였다. 아버지가 스승이자 후원자였다고 할 수 있다.

위의 예에서 보듯이 과학 영재의 교육적 영향에 있어서 초등학교 단계에서는 가정의 영향이 절대적이라고 볼 수 있다. 아버지가 교사이자 후원자로서 적극적으로 아들의 교육에 영향을 미친다는 것이다. 따라서 초등학교 과학 영재의 교육에서는 가정환경의 영향이 절대적으로 중요하고, 특히 아버지의 역할이 중요하다고 볼 수 있다.

## 2. 중등학교

중등학교 과학 영재 교육에서는 학교의 영향이 절대적이라고 볼 수 있다. 특히 교사와 동급생의 영향이 크다고 볼 수 있다. 왜냐하면, 중등학교 과정에서는 교사와 동급생이 상호 경쟁과 격려를 하는 관계에서 발전이 이루어지기 때문이다. 교사와 동급생 간의 토론이나 대화를 통하여 영재의 능력이 급격하게 향상된다.

아인슈타인의 경우도 당시의 뮌헨이나 스위스의 학교 환경이 최고의 과학 교육을 받을 수 있는 환경이었다고 회고하고 있다. 전학을 한 스위스의 아라우 공립학교도 자유로운 분위기에서 공부할 수 있는 최선의 상태였다고 한다.

하이젠베르크도 왕립 막시밀리안 김나지움에서 최고의 수재였다. 최고의 학생들이 모이는 최고의 학교에서 마음 놓고 학문적 경쟁을 벌이는 지적 환경이 주어졌다는 말이다. 이러한 좋은 환경이 없었다면 하이젠베르크도 최고의 경지에 이르지 못했을 것이다. 같은 수준과 같은 관심을 가진 우수 집단간의 경쟁이 그의 학문적 발전에 기여하였다고 볼 수 있다.

중등학교의 과학 영재는 학교의 영향이 가장 크게 작용한다고 볼 수 있다. 동질 집단 속에서 경쟁적으로 학문에 열중함으로써 많은 기초 지식을 얻어야 하는 시기이기 때문이다. 속진에 의해서 많은 지식을 학습하는 기간이기도 하다. 따라서 학교의 분위기가 동질 집단에 의해서 서로 선의의 경쟁을 하는 분위기가 중요한 요인이라고 볼 수 있다.

### 3. 대학

대학 교육에서 과학 영재에게 가장 영향을 많이 미치는 변인은 사회 문화적 환경이라고 볼 수 있다. 대학에서의 과학 교육은 지식의 전달이 아니라 지식의 생산과 창조이기 때문에 사회적 환경이 문제가 된다. 사회의 학문이나 문화적 토양이 충분인가 하는 문제와 사회가 학문이나 교육의 자유를 존중하는가의 문제가 있다. 따라서 대학에서의 학문이나 과학의 연구는 사회적인 환경에 의해서 영향을 받는다.

갈릴레이가 연구를 하고 있었던 파도바 대학은 이탈리아 뿐만 아니라 유럽 전 지역에서 학생들이 몰려드는 도시였다고 한다. 그것은 이 도시가 학문의 자유를 존중하는 자유로운 풍토를 지니고 있었기 때문이다. 따라서 갈릴레이는 이러한 자유로운 도시에서 새로운 과학적 실험에 몰두 할 수 있었다. 그리고 갈릴레이가 공부했던 피사도 새로운 과학의 요람이었다고 한다. 아리스토텔레스의 사유에 의한 자연 탐구 방법에 대한 불만으로 새로운 연구 방법이 이 도시에서 논의되고 있었다.

뉴턴의 경우도 시대 정신의 산물이었다고 볼 수 있다. “물론 뉴턴이 홀로 서있었던 것은 아니었다. 그 시대에 현대 과학의 기초를 구축하고 있었던 많은 사람들 중에서 그가 위대한 존재이기는 했지만, 그러한 일을 하고 있었던 유일한 존재는 아니었다. 실험 과학의 정신이 곳곳에 충만되어 있었고, 뉴턴은 그때 진행중이던 지적 운동의 혜성과 같은 인물이었다. 위대한 인물은 그 시대의 정신적 풍토와 고립되어 생겨나지 않는다.”

슈뢰딩거는 “나는 비록 공동 연구에도 능하지 못하고, 제자들과의 연구에도 소질이 없지만 나의 연구가 완전히 독자적으로 이루어진 것은 아니다. 왜냐하면 내가 관심을 갖는 문제는 항상 다른 사람들이 관심을 가져온 문제였기 때문이다.”

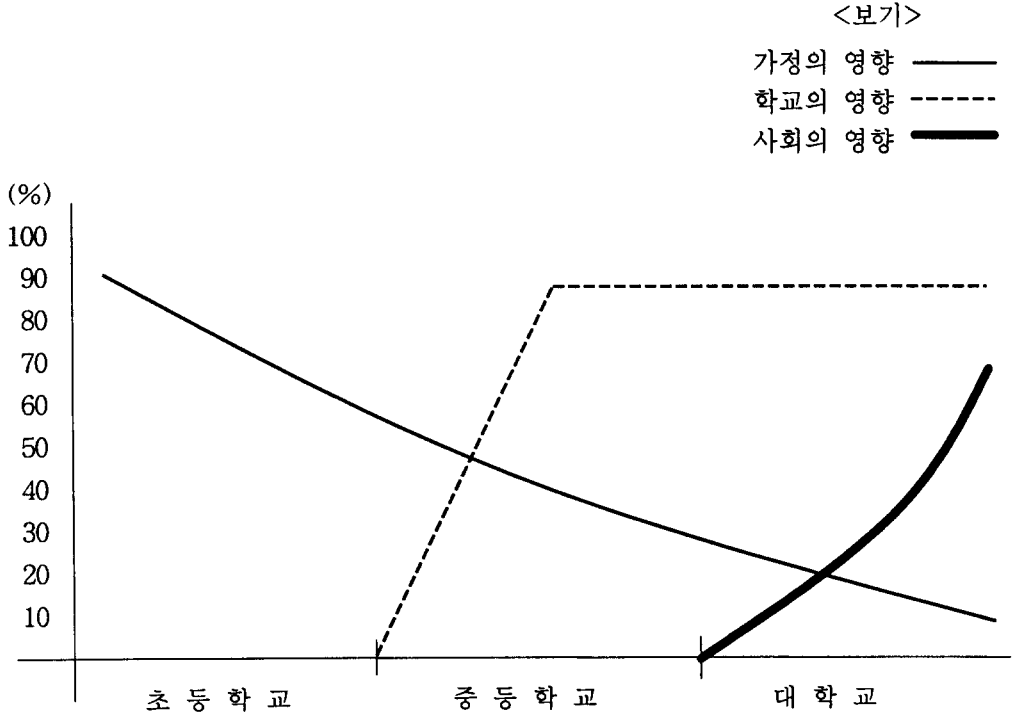
현대 물리학은 솔베이 회의에 의해서 발달되었다고 해도 과언이 아니다. 이 회의의 토론을 통해서 아인슈타인, 하이젠베르크, 보어, 프랑크 등이 자신의 이론을 수정하고 발전시켜 갔다. 이러한 사회.문화적인 배경이 현대 물리학의 발전을 가져오게 하고, 대학의 학자나 학생들에게 많은 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

다시 말하면 대학에서의 과학 영재는 사회적인 환경의 영향을 절대적으로 받는다고 말할 수 있다. 왜냐하면, 대학은 연구와 창의의 산실이기 때문에 사회적인 분위기와 학문적인 풍토가 중요하다는 의미다. 그 시대가 요구하는 과학적인 문제나 그 사회가 이루어놓은 과학적인 토대 위에서만 과학은 발전 할 수 있기 때문이다. 이러한 사회적 환경이 조성되지 않으면 과학 영재는 자신의 재능을 발휘 할 수 없기 때문이다.

단계별로 보면 초등학교 과학 영재는 가정의 영향을 절대적으로 받는다고 볼 수 있다. 특히 아버지의 영향이 강하다. 중등학교 과정에서는 학교의 영향이 절대적이다. 이 기간은 과학 영재들이 과학의 기초 지식을 습득하는 과정이므로 동질 집단이 모여서 속진을 하는 것이 효과적이다. 따라서 학교의 환경이 학구적인 풍토가 되어 있지 못하면 과학적인 지식을 습득할 수 없게 된다. 대학에서는 사회적인 분위기나 학문적인 토양이 중요하다. 대학의 과학 영재는 연구를 통해서 과학을 발전시켜야 하기 때문이다. 따라서 사회 분위기가 자유로운 사고를 용납하지 못하면 새로운 과학은 생산될 수 없기 때문이다. 또한 학문적 토양이 조성되어 있지 못하면 영재성을 지니고 있다 해도 업적을 낼 수가 없다. 학문은 혼자서 이룩할 수 없는 것이기 때문이다. 다시 말하면 초등학교에서는 아버지가 중요한 역할을 해야 하고, 중등학교에서는 학교가 중요하고, 대학에서는 사회적인 환경이 중요하다고 볼 수 있다.

과학 영재에게 미치는 교육환경의 영향을 그림으로 표시하면 다음과 같다.

과학 영재의 교육환경



V. 요약 및 결론

이 연구는 과학 영재의 교육과정 구성을 위한 기초 연구다. 과학자의 생애를 통하여 그들이 어떤 방법으로 학습을 하였고, 어떤 교육을 받았으며, 어떤 환경에 의해서 영향을 받았는가를 알아보고, 그 결과를 토대로 과학 영재 교육과정 구성의 방향을 설정하여보려는 것이다. 이 연구를 위하여 아인슈타인, 하이젠베르크, 슈뢰딩거, 뉴턴, 갈릴레이, 다윈, 찰스피어, 파인만의 자서전을 읽고 그들의 학습방법과 교육환경, 그리고 교육방법의 공통점을 초등학교, 중등학교, 대학의 세 단계로 구분하여 밝혀보았다.

첫째, 과학 영재는 어떤 내용을 학습하였는가 하는 문제다. 초등학교 단계에서는 음악, 미술, 실기 등의 공통과목을 공부하였고, 중등학교 단계에서는 물리, 화학, 수학, 기하 등의 과학의 기초 지식과 철학 등의 전공 교과를 공부하였다. 대학의 과정에서는 연구와 실험이 중심이 되는 탐구 교과가 학습내용이었다.



둘째, 과학 영재는 어떤 방법으로 학습을 하였고, 어떤 방법으로 교육을 받았는가의 문제다. 초등학교 단계에서는 자연에 대한 호기심을 갖고 자연 현상을 관찰하는 방법으로 학습을 하였고, 중등학교 단계에서는 실험과 토론에 의해서 과학의 원리를 발견하려고 노력하였으며, 대학에서는 논문을 통하여 새로운 이론을 생산하는 방법으로 과학을 공부하였다. 그리고 교수 방법에서는 동일 집단이나 이질 집단이나, 속진법이나 심화법이나, 그리고 프로젝트 수업이나 교과 내용 중심 수업이나가 문제가 된다. 초등학교 단계에서는 과학적 마인드를 형성하는 과정이므로 이질 집단 속에서 다양한 경험을 갖도록 하고, 심화법과 프로젝트 수업을 통하여 관찰과 흥미를 양성하도록 한다. 중등학교 단계는 과학적 기초 지식을 학습하는 과정이므로 동질 집단 속에서 속진을 통하여 경쟁하고, 프로젝트 수업과 교과 내용 수업을 병행하게 한다. 대학의 과정은 동질 집단 속에서 연구를 하므로 프로젝트와 심화학습을 하게 된다.

셋째, 과학 영재는 어떤 환경의 영향을 받았는가의 문제다. 환경의 영향을 가정, 학교, 사회로 보았을 때에 초등학교 과정에서는 가정의 영향이 가장 컸고, 중등학교 과정에서는 학교의 영향이 가장 컸으며, 대학의 과정에서는 사회적인 환경의 영향이 가장 컸다.

그렇게 본다면 과학 영재 교육과정은 초등학교, 중등학교, 대학교가 각기 다른 방향에서 구성되어야 한다. 초등학교 단계에서는 과학적 마인드를 양성하는 방향으로, 중등학교 과정에서는 과학의 기초 지식과 방법을 교육하는 방향으로, 그리고 대학에서는 과학 지식의 발전과 창의에 역점을 두고 교육과정이 구성되어야 한다.

## 참 고 문 헌

- R. 듀보스, 주 충노 역. 빠스퇴르와 현대과학. 서울 : 현대과학 신서 20, 1974, pp 11-17  
요하네스 비케르트, 안 미현 역. 뉴턴. 서울 : 한길사, 1998. pp. 13-25  
요하네스 험레벤, 안 인희 역. 갈릴레이. 서울 : 한길사, 1998. pp. 20-31  
P.A.Schilpp, 아인슈타인 자서전, 세계대표 회고록 전집 7. 서울 : 대우출판사, 1980.  
pp. 465-466  
Elliot Eisner. "The Role of Arts in Cognition and Curriculum"  
앨리스 칼라프라이스 엮음, 강 애나. 이 여명 역. 아인슈타인 혹은 그 광기에 대한 묵상.  
서울: 정신문화사, 1996. pp.256-257  
A. 헤르만, 이 필렬 역. 하이젠베르크. 서울: 미래사, 1991, pp. 37-39  
윌터 무어, 전 대호 역. 슈뢰딩거의 삶. 서울: 사이언스 북스, 1997. pp.26-36  
리차드 파인만, 홍 승우 역. 미스터 파인만. 서울: 사이언스 북스, 1997. p.26  
Abraham Pais, 이 용원 역. 신화는 계속되고-아인슈타인의 삶과 사상-. 서울 : 범한서적 주  
식회사, 1996. pp.175-191  
베네슈 호푸만, 최 혁순 역. 철학 속의 과학 여행-아인슈타인-. 서울: 도서출판 동아,  
1989, pp.41-51  
NHK, 현 문식 역. 천재 과학자의 초상-아인슈타인의 세계-. 서울 : 고려원 미디어, 1993.  
pp.56-57  
하이젠베르크, 김 용준 역. 부분과 전체. 서울 : 지식산업사, 1998. pp.47-70  
요하네스 험레벤, 권 세훈 역. 다윈. 서울 : 한길사, 1999. pp. 100-101  
E. N. da. C. Anrade, 고 윤석 역. 아이작 뉴턴- 그의 생애와 업적-. 서울 : 현대과학 총서,  
1973. pp. 12-30