

고등학교 물리 프로그램을 위한 AAPT의 지침

(AAPT Guidelines for High School Physics Programs)

번역: 권재술 · 이성왕
한국 교원대학교 물리교육과
(1986년 11월 10일 받음)

미국의 물리교사협회(American Association of physics Teachers)는 고등학교 수준의 질 높은 물리교육 지원을 위임받았다.

다음과 같은 전문적 지침은 고등학교 교장 및 과학 교사들이 물리교육을 위한 합리적인 표준을 설정 또는 개발하는 데 도움이 되도록 준비되었다.

이 지침은 미국물리교사협회의 지역대의원을 대표하여 설립된 실무담당반에 의해 개발되었다.

초안은 평가와 개선을 위하여 물리교육전문가들에 회람되었다. 이 지침은 미국 물리교사협회의 의회에서 사무적으로 채택되었다. 이는 고등학교 물리교육을 위한 최소의 표준으로 공헌하게 될 것이다. 이 지침은 중등학교의 질 높은 물리교육에 관심을 쏟고 있는 고등학교 물리교육위원회(Committee on Physics in High School)가 정기적으로 재검토하게 된다.

몇가지 모범적인 프로그램이 "Place where Things Are Right!" (Jack Wilson & Tim Ingoldsby, Physics Today 39(9), 1983.9)에 소개되어 있다.

전문 (Preamble)

고등학교 물리교육계획의 질은 적절한 예산 시설 지원 아래 교사의 업무와 수업준비의 질에 의해 부분적으로 결정된다. 물리교사들은 질 높은 물리교수와 학습을 위한 최적의 환경을 창출하기 위해서는 여러

가지 일을 잘 해야 한다. 물리교육의 기본요소 중의 하나는 물리에 대한 경험과 활동에 학생들이 참여하는 것이다. 교사와 교장은 그런 식의 학생들의 참여가 당연히 뒤따르는 것이 아님을 알아야 한다. 그것은 전문적 발전과 성장의 기회가 교사의 전문성을 북돋워주기 위해 가용될 수 있을 경우에만 나타나게 될 것이다. 교사들은 그들의 전문성을 확대하고 증진시킬 수 있는 기회를 추구해야 한다. 단적으로 말하여 이러한 요소들 없이는 물리교육계획은 효과적인 수 없다.

고등학교 물리 교육의 질을 완전하게 정의할 수는 없지만 미국물리교사협회는 어떤 요소들을 기본적인 것으로 다루려 한다.

- 전적으로 상급수학에 의존하지 않고 널리 흥미를 자아내게 하는 물리교육 과정이 보통 수준의 학생들에게 제공되어야 한다.
- 물리 개념의 이해도를 높이기 위하여 학생들이 직접 조작해보는 경험을 가지게 하는 실험활동이 필요하다.
- 모든 고등학교에서는 특별한 계획과 특별활동을 통하여 영재 학생들의 과학적 능력을 발전시키는 기회를 마련하여야 한다.
- 교사들이 최선의 지식을 습득하도록 하기 위해 전문적 성장을 돕는 지원이 필요하다.
- 근무조건은 교사의 전문적 요구를 충족시켜 줄 수 있는 정도가 되어야 한다.

학습지도업무 (Teaching Load)

지침 1 : 한 교사가 두 종류의 과학과목을 5학급이상 담당해서는 안 된다.

한 교사가 여러 과목을 담당해야 하는 작은 학교에서 물리 교사는 두 종류 과학 과목을 초과해서는 안되며 여기에 첨가하여 부과되는 과목은 수학과 같은 관련 영역의 과목이어야 한다.

물리 교사가 효과적으로 직무를 수행하기 위해서는 실험에 충분한 시간을 할당받아야 한다. 시범실험, 사전실험, 실험수업설계, 기구의 관리 및 과제검사, 시험 실험보고서 검사 등에 시간을 할애하여야 한다.

지침 2 : 지도할 최대 학생수는 교사의 담당 과목수에 따라 달라져야 한다.

실험준비와 평가를 해야 하는 교사가 한 학기 동안 125명 이상의 학생을 가르쳐야 한다면 학생을 가르치고 평가하는 일을 적절히 할 수 없다. 실험활동이 그 구성에 있어 다양하다면 이러한 학생수는 감소되어야 한다. 예를 들어 만일 하루종일 물리교육에만 전념하는 한 교사에게 125명의 학생이 적절하다면 그 교사가 물리와 화학 두 과목을 가르쳐야 될 경우에는 100명 정도의 학생이 타당할 것이다. 학생들의 연구계획 및 다른 과학활동의 지도 등도 전반적인 업무할당에 고려하여야 한다.

지침 3 : 학급당 학생수는 실험할 수 있는 위치의 수(Laboratory Stations)를 초과해서는 안 된다.

물리수업에 최적의 학생수는 교사의 업무부담뿐 아니라 시설이나 안전에 따라 달라져야 한다. 전형적인 고등학교 물리수업은 실험할 수 있는 위치수와 교실의 설계에 절대적 제한을 받는다.

전통적 한계는 24개의 실험할 수 있는 위치수이다. 실험수업에서 학급규모에 대한 다른 제한적 요소로는 실험과정에서 효과적인 학생지도와 안전한 실습을 위한 엄격한 통제를 할 수 있어야 한다는 점이다. 유능한 실험조교의 도움을 받고 사용할 실험장소와 장치가 마련되어 있다면 더많은 학생들을 적절히 관리 지도할 수 있다.

지침 4 : 실험실, 실험기구, 시설 등을 관리하는 부가적인 업무는 한 시간의 수업시간과 동일하게 평가되어야 한다.

실험을 할 경우에는 실험수업시간수 만큼 실험준비 또는 과외시간을 요한다. 실험수업은 기구의 장치 및 분해, 실험과정의 검사, 실험보고서의 평가 등의 시간이 요구된다. 실험기구는 항상 그것들을 보관하고 수리하는 일이 필요하다. 대부분의 실험수업에 따르는 업무는 학교에서 이루어져야만 되는 것으로 방과 후 집에 가져가서 해도 될 성질의 것이 아니다. 물리교사의 이러한 책임과 요구사항들이 교사의 업무 및 과외업무 배당에 있어서 고려되어야 할 사항이다.

지침 5 : 효과적으로 가르치는 물리교사는 교실수업에서도 시범실험을 병행한다.

시범실험은 물리현상을 설명하는데 효과적인 수단이다. 시범실험을 하는 데에도 계획, 준비, 뒷정리가 필요하다.

교사의 업무분담에 있어 이러한 교수기술적인 측면도 고려되어야 한다.

지침 6 : 학교에서는 조교와 믿을 만한 학생을 채용하여 교사의 교수효율성을 증대시킬 수 있도록 해야 한다.

조교는 물리교사를 돕기 위해 채용된 전문가의 보조자로 정의되며 비서직 조교와 실험조교를 포함한다. 교실 및 실험학습경험을 제공하는 데 교사를 도울 학생이나 보조인력자원의 채용을 위한 모든 노력은 학교가 해야 한다. 활발한 실험 및 과제지향적 프로그램의 지원에 학생조교의 활용이 효과적이다.

별일없이 자습실에 있으려는 학생들도 과학프로그램에 현저하게 공헌할 수 있으며 계속 과학프로그램을 접함으로써 이익을 얻게 된다. 이러한 조교의 임무는 기구를 장치하고 정리 보관하며 약간 손상된 기구를 수리도 한다. 특히 교실수업에 사용할 교육자료를 제작하는 교사에게는 사무적인 도움도 필요하다.

예산안, 물품명세서, 이러한 자료들에 관한 타자에 이런 종류의 도움이 필요할 수 있다. 교육구(School District)는 물리교사를 여름방학 동안 고용하여 교육과정의 개정, 실험기구의 수리, 실험장치의 조립, 새 물리교육자료를 준비하도록 해야 한다. 이러한 일은

학년도내내 전시간수업과 과의활동을 지도하는 물리 교사에게는 무리일 정도로 많은 시간을 요한다.

학습자료의 개발과 생산에 교사를 도울 전문가를 보조하는 인력이 여름방학 동안 채용되어야 한다. 지원자를 찾아보는 것도 매우 좋은 일이다. 퇴직한 사람들을 정식으로 활용하는 것도 유용하고 효과적이다. 종종 비서직 조교와 과학조교는 고등학교 수준의 학교지원자 기구에서 구할 수도 있을 것이다.

교육과정 (Curriculum)

지침 1: 많은 학생들에게 흥미를 자아내게 하는 다양한 물리와 관련된 내용이 제공되어야 한다.

과학 학습 경험을 확고히 하는 것과 학생들의 졸업 후 자기목표에 따라 과학에 관한 학생의 관심과 성장 발전은 큰 영향을 받는다. 특히 물리에 있어서는 더욱 그러하다. 우리의 사회는 점점 기술의존적 사회로 변화하기 때문에 각 학교는 적어도 대부분의 학생들에게 개방되고 잘 알고 있는 시민이 되게 하며 폭넓게 흥미를 유발시키는 하나의 물리교육과정을 제공할 의무가 있다.

이 물리교육과정은 고급수학에 기초한 것이 아니며 생물, 화학에 연결되는 3학년 과학과정으로 제공되어야 한다.

수학적인 면을 줄이고 실험경험을 크게 강조하며 물리를 선택한 학생들이 평가등급에서 손해를 보지 않도록 하는 교육과정은 많은 학생들이 물리를 선택할 수 있게 할 것이다. 대학에 진학하여 과학이나 공학을 전공하고자 하여 높이 동기화되고 학습준비가 잘 되어 있는 학생들을 위해서 제2의 새로운 물리교육과정이 제공되어야 한다. 학교가 원한다면 수학을 많이 사용하는 제3의 교육과정, 즉 고급물리과정이 제공될 수도 있다. 시간이 문제가 되어 하나 또는 두 종류의 물리교육과정을 개설한 학교에서 물리교사는 성격이 서로 다른 집단들의 필요에 따라 개별화 수업을 할 수 있다.

지침 2: 교사는 교육과정을 결정할 기본적인 책임이 있다.

물리교사는 교과서 선정에 강력한 발언권을 가져야 한다. 물리교사는 학과의 전문가로서 교육과정연

구 및 결정에 발언권이 주어져야 하고 의견이 존중되어야 한다. 교과서, 교수자료, 기구들은 최신판을 사용해야 한다. 모든 자료와 기구는 최소한 5년마다 검토 평가되어야 한다. 자료의 조사 평가시 교사는 미국의 물리교육 프로그램과 물리교사협회의 출판물 등을 신중하게 검토해야 한다.

이러한 자료들 각각은 고등학교 물리 교수 및 학습에 독특한 특징을 부여한다. 많은 상업적인 교과서 및 프로그램은 우량의 교수자료이다. 교수기술 및 학습양식도 정기적으로 조사하여야 한다. 현직교육을 실시하거나 신규교사를 임용할 때에 교장은 이런 점을 명심해야 한다. 교사는 새 교과서, 참고서적 및 교수자료를 조사함으로써 교수내용과 방법을 알 수 있을 것이다. 전문학회의 회원이 되고 미국 물리교사협회의 물리교사(The Physics Teacher of the American Association of physics Teachers), 미국 과학교사협회의 과학교사(The Science Teacher of a National Science Teachers Association), 미국화학협회의 화학교육잡지(The Journal of Chemical Education of the American chemical Society) 등의 출판물을 받아봄으로써 물리교사는 최근의 교육과정개발, 교수절차, 교수자료, 교과서, 실험기구에 대한 정보를 얻게 될 것이다. 교육구 및 그 행정가들은 전문학술지가 학생과 교사를 위하여 학교에 비치되어 있다는 점을 인식해야 한다.

교사 연수 (Workshop)

미국 물리교사협회는 교사가 접하는 새로운 교육과정의 변화 및 학생들이 직면하고 있는 학습방법에 답을 위해 공동연수회를 구성했다.

공동연수회에 관한 소식을 알고자 하는 사람은 미국 물리교사협회 사무실에 연락하시기 바랍니다.

(연수 내용)

- Computer Game-Paddle-Port Laboratory Interfacing
- Computer Programming in Basic and Pascal
- Computational Methods used in Physics
- Current Research in Teaching and Learning Physics
- Lecture-Demonstration Technique
- Developing Student Confidence in Physics

- Laboratory Skills and Techniques
- Industrial-High School Cooperative Ventures
- Leadership Skill and Workshop Management
- Instructional Media in Physic Teaching
- Materials for the Underprepared Teacher
- Laboratory Experiments Using Photovoltaic Cells
- Special Topics Tutorials
- 전문성의 신장(Professional Growth)

지침 1 : 교사의 학과지식과 교수절차에 도움이 될 수 있는 광범위한 현직 교육계획이 개발되어야 한다.

모든 물리교사는 때때로 새로운 교육계획 및 교수절차의 개발에 도움이 필요하다. 많은 물리교사는 물리 이외의 다른 영역에서 소양을 가지고 있다. 초보교사와 함께 이러한 교사들도 문제해결에 있어 수석교사(Master Teacher)나 과학고문의 도움이 필요하다. PSSC나 Project Physics와 같은 물리과정의 도입과 효과적 실행에는 특별연수가 요구된다. 실험실 교실에서 컴퓨터나 비디오텍 사용 등의 현대의 기술은 연수와 교육과정 개발에 새로운 영역을 제공하고 있다. 교육행정가들은 현직연수에 필요한 자원인사와 연수기회를 제공해야 한다. PTRAs(Physics Teaching Resource Agents)는 물리교육 자원인사를 연수하여 교수기술 및 내용지식의 개선에 관한 영역의 공동연수회(workshop)의 지도자로 미국 물리교사협회(AATP)의 인정을 받아왔다.

지침 2 : 연구에 필요한 여행에도 경비가 책정되어야 한다.

전문성의 신장은 과학분야에서 가장 중요한 것이다. 학회나 교과, 교수방법에 관한 연수에 참가하는 교사에게는 시간적 배려와 경제적 도움이 있어야 한다. 이러한 배려는 물리교사들이 전문적인 물리학자나 다른 물리교사와의 접촉이 재약을 받는 학교에서는 극히 중요하다.

교사가 물리내용의 급격한 변화와 물리교수에 있어 시대에 뒤지지 않으려면 전문적 회합에 참석하는 것이 중요하다. 모든 교사는 국가 또는 지역적인 회합에 참여할 기회를 가져야 한다.

물리교사들은 방문할 수 있는 지리적으로 제한된 범위내에서라도 모여서 수업에 관한 아이디어를 교환하고 교육계획 실행 및 새로운 자료교안에 함께 노력

할 수 있도록 배려해 주어야 한다.

각 학교의 예산에는 과학교사의 발전을 위한 전문적 활동에 참여하고자 하는 물리교사가 요하는 경비가 포함되어야 한다. 전문적 회회에 참가하고자 하는 어떤 교사도 경비를 스스로 지불하도록 해서는 안된다.

교육시설(Teaching Facilities)

지침 : 물리교육에는 교사가 수업준비를 할 때뿐 아니라 수업시간에도 이용할 수 있는 다양한 시설이 요구된다.

고등학교 수준에서 효과적인 물리교육에는 형식적인 교실수업활동에 더하여 실험활동에 활발하고 뜻있는 참여가 요구된다. 물리는 실험과학이다. 그러므로 물리교수 및 학습에 있어서 실험시설은 절대불가결한 것이다. AATP는 몇몇 지역에서 물리를 실험과학으로 생각지 않고 있다는 사실을 알고 있다. 신체적 운동을 하지 않는 체육교육계획이나 노래나 악기를 연주하지 않는 음악교육과 비교될 수 있는 것이다.

AATP는 질 높은 고등학교 물리교육계획에 최소한 필요로 하는 교수시설에 관한 다음과 같은 지침을 제공한다.

모든 교실, 실험실 참고자료실, 특별연구실 등은 해당교사의 관리하에 두어야 한다.

* 교실에 대한 지침

교실과 관련실은 완전한 시청각시설을 갖추어야 한다. 오늘날 많은 시청각자료들은 교수학습과정에 절대적으로 필요하다. 이러한 자료들은 사용하기 어렵도록 교실에서 멀리 떨어진 곳에 보관해서는 안된다. 교실에는 적합한 칠판과 과학포스터, 과학소식, 직업정보, 과학관계소책자 등을 게시할 게시판이 있어야 한다.

* 실험기구에 대한 지침

대부분의 물리 교수 및 학습은 적당한 실험기구없이 불가능하다.

학생들에게 실험실에서 실험장치를 주어 그들이 실험할 수 있는 기회를 주는 것은 기본적으로 필요한 것이다. 기구의 구입비 및 안전관제로 학생들의 직접

실험이 제한을 받는 경우에는 교실에서 교사가 시범 실험을 할 수 있는 여건이 마련되어야 한다. 교실은 모든 학생이 교사의 시범을 잘 볼 수 있도록 고안되어야 한다. 교실에는 시범실험에 적당한 공간이 마련되어야 하고 전기, 가스, 물 등을 사용할 수 있도록 하여야 한다. 시범실험은 현재 보유하고 있는 기구를 활용함에 있어서 두번째로 중요한 일이다.

* 장비의 현대화에 대한 지침

오래되어서 시대에 뒤진 것이 될 수 있지만 대부분의 물리장비들은 견고하여 반영구적이다. 오래된 기구를 물리교육에 적절히 사용할 수 있지만 예산이 허락하면 현대식 기구도 있어야 한다. 현대식 기구가 부족하면 학생들이 물리수업을 기피하는 태도를 보일 수도 있다.

이런 현상은 디지털 눈금을 가지는 고체상태회로를 사용하는 현대식 측정의 경우에 특히 그러하다.

오래된 기구는 보수되어야 하며 보수할 수 없는 것은 필요한 때에 대체되어야 한다.

* 실험실에 대한 지침

- 이용가능한 장소내에서 제한되고 독립되어 있는 적당한 실험공간이 있어야 한다.

- 계획·준비하는 동안 교사가 이용할 수 있어야 한다.

- 정규물리시간 이외에도 특별한 프로젝트, 실험 활동 등을 위해서 학생들이 이용할 수 있어야 한다.

집중적으로 장기간을 요하는 프로젝트를 수행하여야 한다면 그것을 위한 기구가 장치된 대로 놓아둘 수 있는 독립된 장소가 필요하다. 실험실을 다른 형태의 수업과 공동으로 사용하려면 그 공유하는 과정은 다음 물리시간까지 기구가 장치된 대로 놓아두어도 무방한 수학과 같은 비실험학과이어야 한다.

실험실 및 조건에 대한 좀더 완전한 지침은 December, 1974, The Physics Teacher, (Gibson and Layman)의 "The ideal Introductory Physics Laboratory"를 참고하기 바란다.

강의실이 아닌 독립된 실험실은 기구나 학생들의 안전에 매우 도움이 된다.

* 실험실의 물리적 조건에 대한 제언

- 실험실의 크기는 모든 학생들이 실제로 참여하

여 조작활동을 할 수 있을 만큼 충분히 커야 한다.

- 천정은 기구를 매어달 수 있을 정도의 높이어야 한다.

- 실험대는 역학실험을 위해 평평한 것이어야 한다.

- 하수조, 수도, 가스, 전기 등은 실험대에서 편리하고 안전한 실험실내의 주변에 있어야 한다.

- 밝기를 조절할 수 있는 조명장치가 있어야 한다.

- 안전기구의 필요는 화학처럼 엄격하지는 않지만 소화기와 안전보호안경은 있어야 한다. 같은 실험실에서 과학강의도 해야 한다면 이러한 것은 매우 중요하다.

모든 실험실에는 응급처치용 의약품이 있어야 한다.

- 물리실험실에서는 안전검사절차가 개발되어 있어야 한다. 안전검사는 전기기구, 천정에 매달려 있는 기구, 레이저, 방사능, 방사능 조정장치 등을 포함하여야 하며 최소 2년에 한번은 실시해야 한다.

• 특별실에 대한 지침

교실 및 실험실과 분리하여 특별실을 둘 필요가 있다.

밝은 조명도 할 수 있는 암실은 매우 유용하다. 공작실이 있으면 기구의 제작 및 수리에 도움이 된다. 이 공작실은 일반적인 역학적 작업과 전기 전자 작업의 두 종류의 작업을 할 수 있게 고안되어야 한다. 기본연장들은 항상 사용할 수 있도록 잘 관리되어야 한다. 기본적 물품은 비축되어 있어야 한다. 기구 및 자료를 보관하는 적당한 창고가 있어야 한다.

적당한 창고는 불필요한 파손을 피하고 즉시 이용할 수 있게 한다.

어떤 유형의 과제해결을 위한 장소는 특별한 경험을 얻기 위해서 있어야 한다. 만일 그러한 장소를 얻기 어려우면 창고의 일부를 이 목적을 위하여 사용할 수도 있다.

학생조수와 조교는 작업할 만한 특별 장소를 가져야 하며 교사도 그곳을 이용할 수 있어야 한다.

계산기, 시청각자료와 기구 및 컴퓨터터미널 등의 교수·학습자료는 수화 화학교사와 공동으로 사용할 수 있다. 회의실과 소규모 작업장소는 이곳에 둘 수 있다.

인쇄물

지침 : 물리와 관련되는 자료들의 방대한 컴퓨터 배열이 교사 및 학생을 위하여 개발되었다.

교실이나 도서관에서 찾을 수 있는 인쇄물의 몇가지 예를 들면 다음과 같다.

〈교사를 위한 것〉

- Demonstration Handbook for Physics, Freier & Anderson(AAPT)
- Teaching Physics Safely, Peterson(AAPT)
- Resource kit for the New Physics Teacher, (AAPT)
- Teaching Introductory Physics, (AAPT)
- Products Catalog, (AAPT)
- The Physics Teacher, (monthly publication-AAPT)
- The Science Teacher, (monthly publication-NSTA)
- "An Evaluation of High School Physics Laboratory Manuals," Ernest Kuehl, et al, The Physics Teacher, 32(4), 1984
- "On Selecting a New Text-A Symposium," The Physics Teacher, 20(8) 1982
- "Physics Texts:An Evaluative View," Jean Bratton, et al, The Physics Teacher 20(8), 1982
- "A Curriculum Survey of High School Physics Courses," Will Pfeifferberger and Gerald Wheeler, The Physics Teacher, 22(9), 1984

〈학생을 위한 것〉

- Physics of Technology Modules, (AAPT)
The Bicycle,
The Laser
- Issue-oriented Modules, (AAPT)
The Physics of Weather Modification
Fission Reactor
- Scientific American(Monthly Publication)
- Discover(Monthly Publication)
- Science 86(Monthly Publication)

예산

지침 1 : 교사에게 적절한 예산이 책정되어야 한다.

개개의 교사에게 학습활동이나 현재 진행하고 있는 연구활동을 보충해 줄 기구의 구입 및 물리장비의 지속적인 유지활용에 쓸 예산이 책정되어야 한다.

교사는 정해진 범위내에서 기구나 자료의 구입에 쓸 예산이 얼마나 책정되었는지 알 필요가 있다. 물리는 실험의 과정으로 적절한 실험경험 없이는 학습이 이루어질 수 없다. AAPT는 최소한 필요되는 예산의 기준을 제시하고 있다. 기구가 전혀 없는 물리실험실의 경우에는 우선 기본적인 기구들의 목록과 가격이 수록된 목록을 조사해보면 된다. 종종 교사용 물리실험 지침서에 필요한 기구 및 물품목록이 있다. 대부분의 주(States)에는 새 실험실 설립을 돕는 과학자문인사가 있다. 첫째 예산은 기본기구 구입비보다 상당히 많아야 한다.

지침 2 : 기구 및 물품 구입을 위한 최소한의 예산은 현행 기본구매력과 학생수당의 경비를 합산해서 책정되어야 한다.

AAPT는 1년간의 최소 지출을 \$1000로 하고 25명을 초과하는 경우에는 한 학생 초과당 9\$씩 증가시킬 것을 제안한다. 125명의 학생을 수용할 물리실험실은 \$1650의 예산이 책정되어야 한다. 이것이 최소의 예산이다. 좀더 적합하게 잡으면 학생당 \$20을 기초로 하면 된다. 이러한 경비지출은 물품 및 기구의 관리보관을 위해서 기본적인 기구 및 장비 구입비에 첨가하여 책정해야 할 예산이다. 1986년도 학생의 교과서대금은 약 \$30이다. 실험지침서와 노트를 구입하기 위해서 \$10이 더 필요하다. AAPT는 실험경험은 이 정도의 예산을 더 지출한다 해도 그만큼 가치가 있다고 믿는다.

지침 3 : 예산의 우선순위는 교사가 결정해야 한다.

물리교사는 학교예산처리 책임자와 함께 예산항목을 설정해야 한다. 이렇게 함으로써 실험에 절대적으로 필요한 물품구입이 가능해진다. 어떤 자료가 구입될 것인지 알아야 교사는 실험계획을 좀더 잘 세울 수 있다.

지침 4: 예산의 우선순위는 교사의 협조 아래서만 변경될 수 있다.

교사의 협조 아래 예산이 변경되어야만 구입 취소된 항목이 어떤 영향을 미치게 되는지 알 수 있다. 장비의 작동을 위해 필요한 보조기구나 대치부품이 구입 취소되었다면 값비싼 장비가 쓸모없게 될 수도 있다.

지침 5: 지역에서 수시로 구입할 수 있는 소규모 예산이 포함되지 않은 예산은 완전하다고 할 수 없다.

많은 항목은 그 해당 지역에서 싼 가격에 구입될 수 있다. 연료나 필름 등과 같이 당장 필요한 몇가지 항

목은 근처의 가게에서 구입되어야 한다.

소규모 구입을 위한 경비가 과학예산의 일부로 포함되어 교사의 책임아래 소규모 구입을 할 수 있게 하여야 한다.

지침 6: 예기치 않았던 장비의 보수에 필요한 예산도 책정되어야 한다.

해당 학년도에 파손된 장비의 보수를 위한 경비는 물리교사의 예산중 일부이어야 한다. 보수할 경비가 없어 전자저울을 사용하지 않고 방치해두는 것이 좋지 못하다. 기구는 사용하기 위해 구입하였고 따라서 예산의 일부는 그것들을 사용하는데 쓰이도록 책정되어야 한다. 