

効率的인 實驗授業을 爲한 改善方案에 對한 研究

金 昌 珍* · 金 奎 用

A Reserach on Efficient Improvement Scheme for Experiment Teaching

Attaching Importance to Physics of High School

Kim Cháng-jin · Kim Kyu-yong

Summary

So for there have been a lot of difficulties in the experiment teaching because of several problems. So this thesis deals with the analysis of the problems and research for the improvement scheme.

The main causes of obstacles to the experiment teaching are pointed out as follows, One is the deficiency of time allotment for the experiment, and the other is the overwork for the experiment.

This thesis persents the several improvement schemes. They are the classifying of various kinds of experiments, the reformation of experiment, an assisstant-teacher by a student, the appropriata evaluation for students' experiment activities, and the establishment of the good model in all procedures of experiment teaching.

The improvement schemes have the following effects.

1. The reformation of experiment method was helpful to the reduce of experiment time.
2. Experiment evaluation standard enabled to have and experiment evaluation in a short time in an hour or so a class.
3. The students' concern about physics increased from 39.2% to 52.7% after the model experiment teaching.

The discussion about the normalization of this experiment teaching should be continued.

* 제주세일고등학교 교사

I. 緒 論

물리학은 우주의 사물과 현상을 이해하고 설명하려는 지속적인 탐구 활동이라고 할 때 탐구 과정으로서의 물리 학습은 부단히 강조되어야 한다. 그런데도 부실한 실험기구, 부족한 실험시설, 교과서 분량에 비해 모자라는 시간, 과학 교사의 업무과다 등으로 실험 수업의 정상적인 운영에는 어려움이 많다.

이러한 문제점을 해결하는 방안은 여러 가지 방법으로 연구, 제시되고 있지만 이들 대부분은 정책 당국의 과감한 배려가 없으면 단 시간내에 해결할 수 없는 성질의 것으로 기존의 이론 중심의 물리 교육 형태는 아직도 크게 달라진 것이 없다.

그러나 이러한 이유로 실험 교육을 소홀히 할 수는 없다. 미비한 여건속이지만 실현 가능한 실제적 개선 방안을 모색하여 보다 바람직한 물리 교육이 이루어지도록 하는 것이 절실하다.

J.S.Bruner는 “과학자나 학생이나 기본적으로는 비슷한 사고를 한다”고 말한 바와 같이 과학자가 하는 탐구의 과정과 학생이 법칙을 인식하는 과정은 근본적으로 일치한다고 하겠다.

이렇듯 과학 교육의 가장 핵심적인 부분인 실험 교육의 정상화를 위하여 고교물리교과를 중심으로 장애 요인을 분석하고 실현 가능한 개선 방안을 모색하는데 목적이 있다.

본 연구의 주요 부분은 현행 실험 교육상의 문제점 분석과 이로부터 실제적 개선방안을 모색하고 이 방안에 의한 시행 결과에 대해 고찰해 보는 것이다.

문제점 분석은 신·구 교육 과정상의 실험 내용과 실험 빈도, 시설 현황, 교사 현황등을 대상으로 실험 교육상에 문제가 되는 부분을 추출하였다.

실제적 개선 방안에서는 여러 문제점 중 일선 과학 교사의 시간 부족 해소 방안을 모색하고 이에 의한 실험 수업상의 제과정에 대한 실예를 제시한다.

시행 결과의 분석은 개선안에 의해 시행할 때 소요되는 시간을 측정·분석하고 아울러 개선 방안에 의해 실험 평가를 병행한 실험 수업을 실시할 때의 학생들의 흥미도 변화를 분석함으로써 이 안에 대한 타당도를 고찰하였다.

II. 理論的 背景

1. 物理科 教育課程의 構成方向

새 교육과정의 기본 과정은 국민정신 교육의 체계화, 전인교육의 충실, 과학·기술 교육의 강화로 요약된다. 智·德·體의 균형뿐만 아니라 智 자체의 균형도 필요하다. 더우기 과학 문명 사회에서는 교양으로서의 물리 교육이 필요하다.

한편 국가 경제 발전을 고려할 때 과학·기술 인력을 양성하는 기초로서의 물리 교육도 절실히 필요하다. 이러한 필요성과 물리과의 성격을 살려 물리과 교육 과정 구성 방향이 설정되었으며 이는 다음과 같이 요약된다.

가. 물리과 교육 과정은 공통 필수로 이수되는 물리 I 과 이에 이어 자연 과정에서 반드시 이수(직업 과정 및 실업계는 선택)하게 되는 물리 II로 구성.

나. 물리 I에서는 교양적인 성격을 살려 물리학의 윤곽을 보여줄 수 있도록 구성.

다. 물리 II에서는 물리 I을 보충 심화하여 자연 과정이나 직업 및 실업계 학생들이 과학·기술 전문 분야의 학업을 계속하거나 직업에 종사할 때 그 기초가 될 수 있도록 구성.

라. 물리학의 기본 개념과 탐구 과정을 조화시켜 구성.

마. 과학적 사고력과 태도가 배양될 수 있도록 구성.

2. 物理科의 教育目標

새 교육 과정에 의한 물리 I, 물리 II의 교육 목표는 다음과 같다.

1) 물리 I

가. 물리 현상에 관한 기본 개념을 체계적으로 이해하게 한다.

나. 물리 현상을 과학적으로 탐구하는 능력을 배양시킨다.

다. 물리학의 여러 개념들은 계속 발전하고 있음을 깨닫게 한다.

라. 물리학에서 학습한 지식과 방법을 문제 해결에 활용하려는 태도를 가지게 한다.

마. 물리학의 발달이 인류 사회에 큰 영향을 끼치고 있음을 깨닫게 한다.

2) 물리 II

가. 물리 현상에 관한 기본 개념을 체계적으로 이해하게 하여 자연의 규칙성을 탐구하는데 필요한 기초 지식을 가지게 한다.

- 나. 물리 현상을 과학적으로 탐구하는 능력을 신장시킨다.
- 다. 물리학의 여러 개념들을 계속 발전하고 있음을 깨닫게 한다.
- 라. 물리학에서 학습한 지식과 방법을 문제 해결에 활용하려는 태도를 가지게 한다.
- 마. 물리학의 탐구 과정에서 즐거움을 느끼고 물리학을 계속 학습하려는 태도를 가지게 한다.

3. 物理教科 配當 單位數

신·구 교육 과정에 따른 물리 교과와 배당 단위 기준은 <표-1>과 같다.

<표-1> 물리교과 배당 단위수
(신 교육 과정)

| 과 학 과 목 | 보 통 교 과 | | | |
|--------------|---------|---------------|---------|---------------------|
| | 공통필수 | 일 반 계 고 교 선 택 | | 실업계 및 기타 계 열 고 교 |
| | | 인문·사회과정 | 자 연 과 정 | |
| 물 리 (I, II) | 4 - 6 | * 택 2 | 4 | 택 1 ~ 2 4 ~ 12 |
| 화 학 (I, II) | 4 - 6 | | 4 | |
| 생 물 (I, II) | 4 - 6 | | 4 | |
| 지구과학 (I, II) | 4 - 6 | | 4 | |

(구 교육 과정)

| 과학과목 | 단 위 수 | 필수 및 필수선택교과목단위수 | 자 연 과 정 |
|------|--------|-----------------|--------------------------|
| 물 리 | 8 - 10 | * 택 2) 16 ~ 20 | 공통에서 제외된 2 과목 16 ~ 20 |
| 생 물 | 8 - 10 | | |
| 화 학 | 8 - 10 | | |
| 지 학 | 8 - 10 | | |

4. 物理實驗의 形態

학교 실험의 형태는 지도 형태와 활동 형태에 따라서 두가지로 분류할 수 있다. 지도 형태에 따른 구분은 인도 실험, 반인도 실험, 개방형 실험으로 분류할 수 있으며 활동 형

태에 따른 구분은 개별 실험, 분단 실험, 대표 실험, 시범 실험, 시청각 실험으로 분류할 수 있다.

실험 활동을 일률적인 형태로 고정시킬 수는 없으나, 현실적인 여건으로 보아 중·고등학교에서의 활동은 지도 형태로 보면 반인도 실험, 활동 형태로 보면 분단 실험이 바람직하다고 볼 수 있다. 그러나 학교의 여건, 학생의 능력, 학습 목표에 따라 융통성있게 선택하여 지도해야 한다.

5. 實驗 評價

교육 목표가 바뀌지면 그에 따라 교육의 내용과 방법이 변하고 평가도 따라서 영향을 받게 된다. 평가는 교육과정 속에 중요한 일부분으로 의미있게 자리 잡아야 하기 때문에 진단·형성·종합평가를 해야하고, 전인교육을 위해서는 지적·정의적·신체적 영역의 평가가 이루어져야 하며, 또한 타당하고 신빙성있는 측정을 위해서는 지필검사 뿐 아니라 관찰 실험을 실시해야 한다.

우리의 교육 과정도 평가를 중요시하여 다음과 같이 물리 I 과정의 평가에 대한 유의사항을 기술하고 있다.

(가) 지식뿐만 아니라 탐구 능력과 태도 등도 평가하도록 한다.

(나) 지식, 탐구 능력, 태도의 평가에는 다음과 같은 방법을 활용할 수 있다.

- ① 지식의 평가 : 지필 검사, 보고서 검토 등의 방법.
- ② 탐구 능력의 평가 : 실기 검사, 관찰 보고서 검토 등의 방법.
- ③ 태도의 평가 : 관찰, 면담, 과학 서적의 독후감 검토 등의 방법.

Ⅲ. 現行 實驗授業上의 問題點

1. 實驗 內容

1) 舊敎育 과정에 의한 물리 敎과서 실험 種목수

舊敎育 과정에 의한 5 種의 물리 敎과서에 실려 있는 실험 種목수를 <표-2>에 나타냈다. 편의상 각敎과서를 A, B, C, D, E로 표시한다.

<표-2>

舊敎育 課程의 實驗種目

| 교 과 서 단 원 | 박영사 ^A | 문운당 ^B | 동아출판사 ^C | 교학사 ^D | 보진재 ^E |
|--------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|
| I. 힘과 운동 | 4 | 8 | 6 | 6 | 6 |
| II. 에너지와 열 | 0 | 2 | 2 | 5 | 0 |
| III. 파동과 빛 | 11 | 4 | 5 | 11 | 11 |
| IV. 전기와 자기 | 2 | 4 | 7 | 10 | 11 |
| V. 원자와 원자핵 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 합 계 | 17 | 18 | 21 | 33 | 29 |

2) 신敎育 과정에 의한 물리 敎과서의 실험 種목수

'84 학년도 입학생 (현 2 학년) 부터 시행되는 고등학교 신敎育 과정에 의거 개편된 4 種의 물리 敎과서에 실려있는 실험 種목들을 살펴보면 <표-3>, <표-4>와 같다. 편의상 이들 敎과서를 F, G, H, I로 각각 표시하기로 한다.

여기서 F의 경우 “관찰”과 “연구” G의 경우 “해보기”중에서 타 敎과서에 실험으로 나와 있거나 시범 실험의 성격이 있는 種목에 한하여 ()를 사용하여 표시했다. 합계는 실험種목수의 합이고 사선친 ()속의 숫자는 “관찰”, “연구”, “해보기” 중의 실험種목까지 포함한 값이다.

<표-3>

新教育 課程 물리 I 실험종목

| 대단원 | 소단원 | 실험 | 교과서 페이지 | | | | |
|------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------------|------------------|------------------------|-----|
| | | | 교학사 ^F | 금성 ^G 교과서 | 연구사 ^H | 동아 ^I 출판사 | |
| I. 힘과 운동 | 1. 운동의 법칙 | 1. 속력과 가속도 | 7 | 16 | 17 | | |
| | | 2. 세힘의 평형 | | | | 26 | |
| | 3. 힘과 가속도 질량과 가속도 | 18 | 32 | 28 | 20.22 | | |
| 2. 힘과 에너지 | 4. 자유낙하운동 | 5. 마찰력의 성질 | (44) | (22) | 43 | 30 | |
| | | 6. 역학적 에너지의 보존 | 38 | 65 | | | |
| | | 7. 단진자의 주기측정 | 50 | | 49 | 55 | |
| 소 계 | | | 4/(5) | 4/(5) | 4 | 4 | |
| II. 전자기 | 1. 전하와 전류 | 8. 마찰전기 | (57) | (76) | 67 | 60 | |
| | | 9. 전하와 전기력 | | 78 | | | |
| | | 10. 도체와 부도체 | (59) | | 68 | | |
| | | 11. 정전기 유도 | (61) | | 70 | 63 | |
| | | 12. 대전체 사이의 전기력 측정 | 63 | | | | |
| | | 13. 전압과 전류의 관계 | | 87 | 85 | 83 | |
| | 2. 전류와 자기장 | 14. 전지의 단자전압 | 15. 전류의 자기작용 (1) | (94) | 104 | | |
| | | | 16. 전류의 자기작용 (2) | 98 | | | |
| | | | 17. 전류가 자기장에서 받는 힘 | (103) | (108) | 106 | 101 |
| | | | 18. 멀티테스터 | | 113 | | |
| 소 계 | | | 2/(7) | 4/(6) | 6 | 5 | |
| III. 파동과 빛 | 1. 파동 | 19. 수면파의 발생 | | (122) | | 114 | |
| | | 20. 파동의 전파 | (113) | (126) | | 122 | |
| | | 21. 수면파의 반사 | (121) | 127 | 123 | | |
| | | 22. 파동이 반사될때의 위상 | | (134) | 124 | | |
| | | 23. 펄스의 중첩 | | (131) | 129 | 123 | |
| | | 24. 수면파의 굴절 | 122 | 128 | 126 | 132 | |

| 대단원 | 소단원 | 실 험 | 교 과 서 페 이 지 | | | |
|-----|---------|----------------|-------------|---------|-----|-----|
| | | | F | G | H | I |
| | | 25. 수면파의 간섭 | (130) | (150) | 134 | 136 |
| | | 26. 수면파의 회절 | | 135 | 137 | 135 |
| | | 27. 빛의 파장 측정 | 147 | 147 | 148 | |
| | 2. 빛 | 28. 빛의 반사 | | | 154 | |
| | | 29. 오목거울에 의한 상 | (160) | (158) | | |
| | | 30. 빛의 굴절 | (154) | 155 | 159 | |
| | 소 | 계 | 2/(7) | 5/(11) | 9 | 6 |
| 2 | 물질과 에너지 | 31. 광전효과 | (190) | | 187 | |
| | | 소 | 계 | 0/(1) | 1 | |
| 총 | | | 8/(20) | 13/(22) | 20 | 15 |

< 표 - 4 >

신교육 과정 물리Ⅱ 실험종목

| 대단원 | 소단원 | 실 험 | 교 과 서 페 이 지 | | | |
|-----------|---------------|-------------------|-------------|------|----|----|
| | | | F | G | H | I |
| Ⅰ. 운동에너지와 | 운동량의 보존 | 1. 이차원 충돌실험 | (7) | 24 | | |
| | | 2. 운동량의 보존 | 14 | (23) | 25 | 19 |
| | 역학적 에너지와 그 보존 | 3. 역학적 에너지의 보존(1) | 35 | | | |
| | | 4. 역학적 에너지의 보존(2) | | | 42 | |
| | | 5. 탄성 및 중력위치에너지 | | 35 | | |
| Ⅱ. 천체의 운동 | 원운동 | 6. 구심력 | 43 | 51 | 56 | 50 |
| | | 7. 원심력 | | | | 54 |
| | | 8. 중력가속도의 측정 | | 54 | | |
| | 케플러의 법칙 | 9. 면적속도 | (56) | | | |
| Ⅲ. 분자운동과 | 열현상 | 10. 비열의 측정 (1) | 76 | 79 | 75 | |
| | | 11. 비열의 측정 (2) | | (94) | | 76 |
| | 기체의 분자운동 | 12. 기체의 압력과 부피 | | | 82 | |
| | | 13. 보일-샤를의 법칙 | | | | 84 |

| 대 단 원 | 소 단 원 | 실 험 | 교 과 서 페 이 지 | | | |
|------------------|---------|-------------------|-------------|--------|-----|-----|
| | | | F | G | H | I |
| IV. 열학법역의치 | 에너지의 보존 | 14. 열의 일당량 측정 (1) | 98 | 106 | | |
| | | 15. 열의 일당량 측정 (2) | | | | |
| V. 전자기유도와 | 전자기 유도 | 16. 전자기 유도 (1) | (115) | (130) | 116 | 122 |
| | | 17. 전자기 유도 (2) | | 132 | | |
| | | 18. 자체유도 | | (135) | | |
| | 교 류 | 19. 교류회로 | (129) | 148 | 130 | |
| 20. LC회로의 전자기 진동 | | | | | | |
| VI. | 양자가설 | 21. 광전효과와 광전류 | | | 149 | |
| | | 22. 분광실험 | | | | |
| 총 계 | | | 5/(10) | 9/(13) | 8 | 7 |

2. 實 驗 頻 度

각 교과서에 실려 있는 실험 종목수로 부터 실험 빈도(실험 1회당 강의 시간수)를 산·구교육 과정 교과서별로 다음과 같이 분석할 수 있다. 여기서 수업일수 산정은 학교 행사, 평가등에 소요되는 일수를 감안한 실질 수업일수로서 34주-학기당 17주-로 계산하였다.

1) 구교육과정 교과서의 실험빈도

〈표-5〉 구교육과정 교과서 실험빈도

| 교 과 서 | | A | B | C | D | E | 평 균 |
|-----------|---------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 실 험 종 목 수 | | 17 | 18 | 21 | 33 | 29 | 24 |
| 실험빈도 | 8 단 위 (총 136시간) | 8.0 | 7.6 | 6.5 | 4.1 | 4.7 | 6.2 |
| | 10 단 위 (총 170시간) | 10.0 | 9.4 | 8.1 | 5.4 | 5.9 | 7.8 |

〈표-5〉에 의하면 8~10 단위를 주당 2~3 시간씩 2년에 마친다면 3주에 1회(8단위), 또는 4주에 1회(10단위) 정도로 실험을 하게 되었다. 그러나 실제로 대다수의 학교가 1학년과 3학년, 2학년과 3학년에 걸쳐 물리 과목을 이수하도록 되어 있는 실정을 감안한다면 임시준비 관계로 실질적인 교과서 수업일수는 보다 감소되어 구교

과서내의 모든 실험 종목에 대해 실험을 실시하려면 3주에 1회 또는 2주에 1회꼴로 실시해야 된다는 분석을 할 수 있다.

2) 신교육과정 교과서의 분단실험 빈도

개정된 신교과서에 대한 실험 빈도를 보다 구체적으로 분석해 보기 위해 각 교과서내의 실험 종목(F : 관찰·연구, G : 해보기 포함)을 실험 형태별로 분류하고 이로부터 각 교과서별 분단실험 빈도를 <표-6>과 <표-7>에 나타내었다.

<표-6> 신교과서의 실험종류별 분류

| 교과서 실험종류 | F | | G | | H | | I | |
|-------------|------------|-----------|-------------|-------------|----|----|----|----|
| | I | II | I | II | I | II | I | II |
| 분 단 실험 | 14 | 9 | 13 | 9 | 20 | 8 | 15 | 7 |
| 시범·대표실험 | 5 | 1 | 10 | 8 | | | | |
| 과 제 실험 | 4 | | 9 | 9 | | | | |
| 비 고 | <관찰> 15 | <관찰> 5 | <해보기> 19 | <해보기> 17 | | | | |

<표-7> 신교과서 분단실험빈도

| 교과서 구 분 | F | | G | | H | | I | | 평 균 | | |
|------------|------------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|
| | I | II | I | II | I | II | I | II | I | II | |
| 분 단 실험 수 | 14 | 9 | 13 | 9 | 20 | 8 | 15 | 7 | 15.5 | 8.3 | |
| 실험빈도 | 4 단위 ; 68 시간 | 4.9 | 7.6 (4.9) | 5.2 | 7.6 (4.9) | 3.4 | 8.5 (5.5) | 4.5 | 9.7 (6.3) | 4.4 | 8.2 (5.3) |
| | 6 단위 ; 102 시간 | 7.3 | | 7.8 | | 5.1 | | 6.8 | | 6.7 | |

(1 단위=주당 50 분 수업 1 시간×17 주)

가. 물리 I의 경우

문교부 기준 단위는 4~6단위로서 4단위인 경우는 평균 4.4시간당 1시간 정도이고 6단위인 경우는 6.7시간당 1시간은 분단실험을 해야한다. 실례로 제주도내 인문계 고등학교(17개교)의 경우 모든 학교가 최저단위인 4단위를 채택하고 있는데 이는 거의 전국적인 현상이라고 본다.

따라서 물리 I의 경우 분단실험 빈도는 4.4시간당 1시간 정도 다시 말해서 2주에 1

번정도는 분단 실험을 실시해야 하는 실정이다.

나. 물리Ⅱ의 경우

기준 단위는 4단위로 고정되어 있다. 이로부터 8.3시간당 1시간의 분단실험 빈도가 계산이 되나 실제로 대다수의 학교가 3학년에서 이수하도록 책정된 상황을 감안하면 학력고사 시행 준비관계로 교과서 수업은 늦어도 9월말까지는 끝내야 하므로 실제 교과서 수업일은 학기당 11주(4단위 환산 44시간) 정도에 불과하다. 따라서 물리Ⅱ의 경우 각 교과서에서 요구되는 분단실험시간은 2.5주당 1시간이라고 분석할 수 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 구교육 과정시 물리실험 실시상의 주요 난점으로 제기되었던 「배당시간의 부족」 「교사의 업무과다」 등의 문제점은 실험 빈도에 대한 분석으로 미루어 보아 신교육 과정에서도 역시 중요한 문제점이라 할 수 있다.

3. 實驗施設

전국에 있는 인문계 고등학교를 대상으로 1981년도에 宋寅命·李春雨에 의해 조사한 자료에 의하면 물리 실험실 보유율은 대상학교 76개교중 71개교로 93.4%에 달하고 실험 기구도 시설 기준령에 정해진 것의 80% 이상을 보유한 학교가 84.2% (64개교)로 실험 시설에 대한 통계 현황은 양호한 편이라 할 수 있다. 그러나 실상은 시설의 노후·교구의 불량으로 실험 수업에 큰 어려움을 초래하고 있다.

4. 實驗評價

문교부의 과학 기술 교육 진흥 방안에 의하면 과학 과목 성적 산출은 고등학교의 경우 지필검사 70%, 실험 30%의 비율로 산출하도록 하여 실험 평가를 중요시하고 있다. 그러나 실제에 있어서는 실험 평가시 업무량 과다, 실험·실습 평가 기준안의 미비로 인하여 반영 비율이 낮거나 아예 반영을 하지 않는 경우가 많다.

5. 教師現況

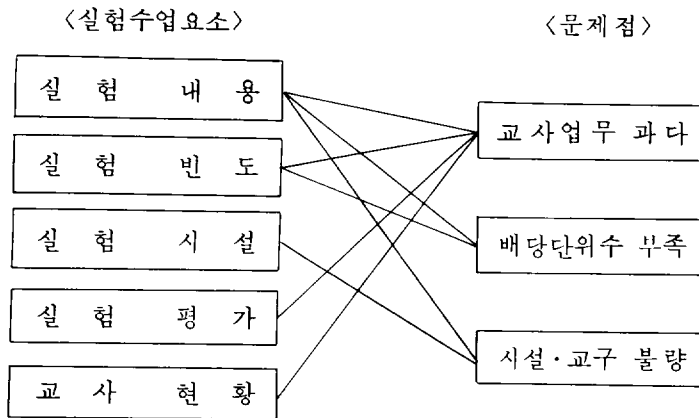
물리교사 자격증을 갖고 있는 교사에 대해 실제담당 과목 현황을 살펴 보면 제주도의 경우, 인문·실업계 고등학교에 근무하는 18명의 교사중 타과목을 담당하거나 지원하는 교사는 6명으로 전체의 33.3%에 해당한다.

또한 宋·李에 의한 전국 조사 자료에 의하면 전체 23.1%에 이르는 상당수의 물리 교사가 타과목을 지원하거나 담당하고 있으며 주당 담당 수업시수도 부담이 큰 편이다.

과학교사의 특수 상황을 전혀 고려하지 않은 이러한 업무 과다 역시 실험 수업 실시상의 큰 장애 요인이 되고 있다.

이상과 같이 각 실험 수업 요소를 분석한 결과를 <그림-1>과 같이 나타낼 수 있다.

<그림-1> 실험수업상의 문제점



실험 수업상의 문제점은 교사 업무 과다, 배당 시수 부족, 시설·교구의 불량 등 3가지로 부각되는데 실험 수업을 포함한 전반적인 물리 교육 개선 방안들이 제시되고 있는 여러 연구들에 의하면 그 개선방안으로서 다음과 같은 제안을 하고 있다.

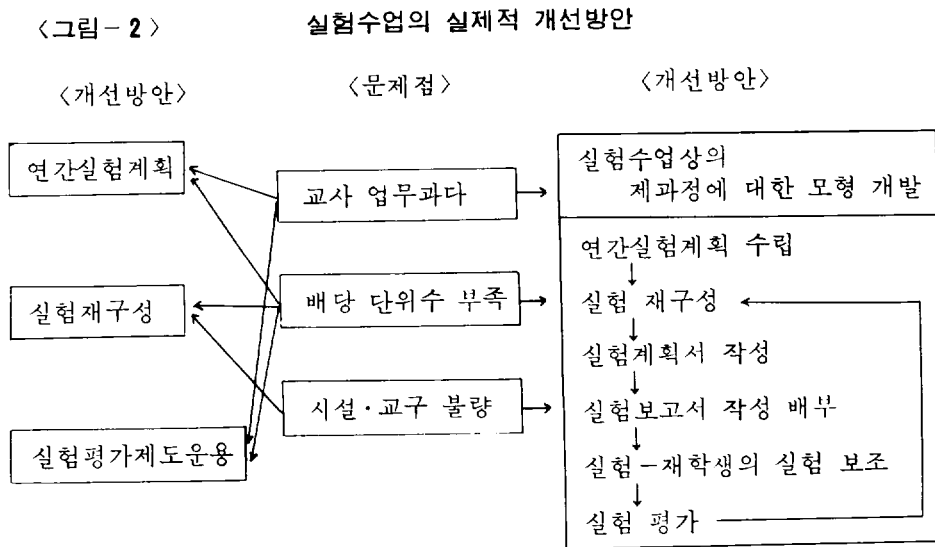
- ① 물리교사의 우대와 업무량 감소
- ② 실험조교의 배치
- ③ 시설·기구의 보원을 위한 집중투자
- ④ 과학기구의 생산·보급 체제의 정비
- ⑤ 입시제도의 개선
- ⑥ 물리 교과에 대한 배당 단위수 고려

그러나, 이러한 방안들은 모두 정책적으로 과감한 배려 내지는 투자가 없으면 실현이 불가능한 것으로 부분적으로 개선되고 있지만, 전체적으로는 아직도 요원한 실정이다. 때문에 보다 조속한 실험 교육의 정상화를 위해서는 현시점에서 실현가능한 실제적인 방안이 강구되어야 하겠다.

IV. 實驗授業 正常化를 爲한 實際的 改善方案

물리과목에 대한 실험수업을 진행하는 데 장애가 되는 것은 교사의 업무과다, 배당 단위수 부족, 시설·교구의 불량 등의 3가지가 주요인이 된다. 이러한 문제점으로부터 실현 가능한 방안을 모색하는데 있어서 “실험을 할 시간이 없다”하는 현실적으로 꼭 극복해야할 과제가 생긴다.

이러한 점에 비추어 실질적 개선 방안을 모색하는데 있어서 실험 수업에 대한 교사의 부담을 보다 줄이는 관점에서 실현 가능한 개선 방안을 제시할 수 있다. 즉〈그림-2〉와 같이 도식화하여 연간 실험 계획, 실험 재구성, 적절한 실험평가 제도 운용 그리고 일련의 실험수업에 필요한 제과정에 대한 모형을 개발함으로써 필요한 실험을 엄선하여 효과적으로 실시하고, 아울러 합리적인 실험평가의 운용에 의한 실험수업의 정상화를 꾀하고자 한다.



1. 年間實驗計劃 樹立 - 實驗種目 分類

학생들은 대부분이 스스로 실험에 참가할 수 있는 형태의 학습 방법을 원하고, 또 가능하다면 그러한 방법으로 지도하는 것이 탐구 학습을 위한 전제 조건이 될 것이다. 그러나 문제점에서 살펴본 것처럼 각 교과서에 실려있는 분단실험을 전부 실시하려면 물리 I의

경우 평균 4.4 시간당 1 시간 (4 단위 채택시), 물리Ⅱ의 경우는 5.3 시간당 1 시간 꼴로 실시하여야 하나 이는 현실적으로 불가능하다.

따라서 각 실험종목 중에서 취사 선택하여 실시하여야 하는데 무계획한 임시 방편의 선별보다는 연간 실험계획에 의해 기본 필수 실험, 시범실험, 이론실험 등으로 구분하여 시행하는 것이 보다 바람직하다.

실제적인 예로 기본 필수 실험의 선정 기준은 다음과 같은 것이 있을 수 있겠다.

- 가. 4개 교과서중 3개 이상의 교과서에 실린 종목.
- 나. 기본개념 습득에 반드시 필요한 종목
- 다. 실험 기구의 성능이나 구입이 양호한 종목.
- 라. 필요 이상의 시간이 많이 소요되지 않는 종목

2. 實驗 內容의 再構成

1) 필요성

- 가. 학교의 교구 및 시설이 같지 않다.
- 나. 학생의 수준 경험이 다르다.
- 다. 다양한 실험 방법의 제시 또는 과제를 줌으로써 학생들의 창의력 신장을 기할 수 있다.
- 라. 교과서의 실험 방법을 보다 효과적으로 진행시켜 필요없는 시간의 낭비를 방지한다.

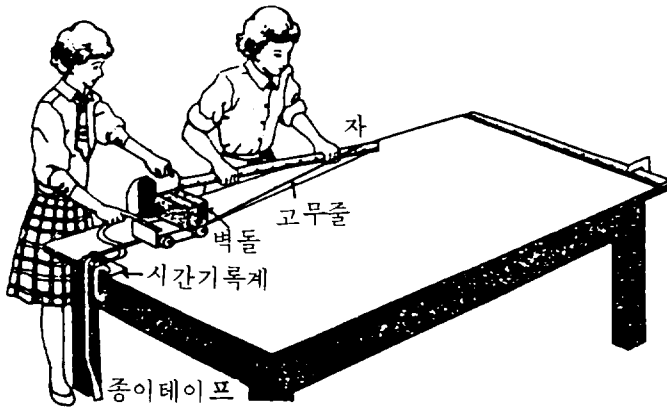
2) 실험재구성의 원칙

실험을 재구성하는 데는 꼭 일정한 원칙이 있을 수 없으나 사전 실험을 충분히하여 문제점이 있는 교과서내의 실험에 한하여 다음과 같은 사항을 고려하여 실험내용을 수정·보완 재구성한다.

- 가. 학생의 사고 수준을 고려할 것.
- 나. 학교의 실정에 맞게 실험 기구를 구성할 것.
- 다. 학생의 참여도를 극대화 시킬 수 있도록 할 것.
- 라. 시범 실험의 경우, 주의 집중이 용이하게 할 것.

3) 실험재구성의 예 (두 종목만 수록함)

- 가. 힘, 질량, 가속도에 관한 실험 - 실험 방법의 재구성



〈그림-3〉 힘, 질량, 가속도 실험

〈힘-가속도〉, 〈질량-가속도〉의 관계를 〈그림-3〉과 같은 장치를 써서 운동의 제 2법칙의 정량적 관계를 탐구해 내는 실험 방법을 요약해 보면,

① 일정한 힘을 작용하는 방법으로서 고무줄을 일정 길이로 늘어나게 가하고

② 고무줄을 2개, 3개... 증가시킴으로써 힘을 2배, 3배... 증가시키고

③ 고무줄이 일정하게 늘어나도록 힘을 가하면서 수레위에 벽돌을 2개, 3개... 얹어 놓아 물체의 질량을 변하게 하면서 각 경우에서의 가속도를 기록 타이머로 측정한다.

그러나 이러한 실험 방법은 고무줄을 일정하게 늘어나게 함으로써 힘을 일정하게 가한다는 것이 가장 핵심적인 부분인데도 실험학습자가 쉽게 숙달하지 못하여 많은 시간을 허비하게 하고, 또한 대부분의 실험 오차가 이로 인해 생긴다.

이러한 점을 개선하기 위해 다음과 방법을 생각해 볼 수 있다.



〈그림-4〉 힘, 질량, 가속도 개선실험

<그림-4>와 같이 물체의 일정한 무게를 이용하는 것이다. 이 방법은

- ① 수레에 부착한 용수철 저울의 눈금으로 작용한 힘을 구한다.
- ② 역학추를 증가시켜 힘을 변화시킨다.
- ③ 저울 눈금이 일정하도록 추를 조정하며 일정한 힘일 때의 <질량-가속도> 관계를 측정한다.

이 방법은 후술되겠지만 상당한 시간 절약과 더불어 실험 오차를 줄일 수 있는 방법이다.

나. 기록타이머-실험기구의 재구성

신·구교육 과정을 막론하고 고교 물리 과정에서는 기록 타이머를 이용한 실험을 주로 하여 탐구학습에 의해 운동학의 기본 개념인 속도·가속도·등속 운동·등가속도 운동, 그리고 운동의 법칙 (힘-질량, 질량-가속도) 등을 학습하도록 구성되어 있어 실험기구로서의 기록 타이머의 역할은 절대적이다.

그러나 시판되는 기록 타이머의 기능은 여러 가지 면에서 미흡한 면이 많은데 특히 타점 간격이 너무 짧아 (보통 30~50 Hz) 다음과 같은 결점이 있다.

- ① 운동 속도가 느리면 타점 간격이 좁아서 타점을 구별하기가 어렵다.
- ② 빠른 속도로 종이 테이프를 움직여야 하므로 종이 테이프의 낭비가 심하다.
- ③ 타점 시간 간격을 개별적인 실험에 의해 산출해 내기가 거의 불가능하다.

본 장치*가 갖는 특징으로 인하여 실제 실험 학습시

- ① 느린 운동체 (빠른 걸음 속도)의 운동 기록 타점, 분석이 가능하다.
- ② 타점시간 간격을 실험에 의해 직접 계산해 낼 수 있다.
- ③ 실험실에서 시계대용으로 사용할 수 있는 등의 이점을 갖고 있다.

3. 適切한 實驗評價 制度의 運用

1) 필요성

실험을 하되 실험 평가를 실시하지 않는다면 자칫 실험을 위한 실험이 되기 쉽다. 그러나 일선 교사들이 과학적 탐구 능력을 종합적으로 측정·평가해야 함을 알면서도 실제에 있어서는 실행하지 못하는 데는 평가의 객관적 타당성, 신뢰성, 정확한 측정 방법의 제시가 없는 데도 그 원인이 있지만 교육 환경적 조건 특히 과학 교사의 업무 과중

* 제 6회 전국 학생 과학 발명품 경진대회 동상 수상 작품 (출품자; 제주제일고등학교 강승훈, 지도교사; 김창진), 1984.

도 큰 이유가 된다. 즉,

가. 실험 평가시 뒤따르는 제반 업무가 과다하다.

나. 과학 교사의 특수한 상황을 전혀 고려하지 않아 개인별 담당 시수가 과중하다.

다. 실험·실습 결과를 점수화할 기준이 없어 평가에 반영하지 못하고 있다.

등의 이유로 적절한 평가 기준과 아울러 평가 방법의 간편성을 고려한 실험 평가 제도를 개발 운용할 필요가 있다.

2) 실험평가 방법의 예

가. 실험 평가

실험평가는 실습 평가와 보고서 평가로 나눈다.

① 실험 평가

학생들의 실험실 활동에서 태도·기능·관찰 방법 등을 평가한다.

② 보고서 평가

학생들이 제출한 보고서를 보고 지도 교사가 평가한다.

③ 평가 배점 비율

평가배점은 일정한 기준은 없으나 실험 배점의 30%인 경우 실습:보고서 = 15:15의 비율이 적당하다.

나. 실험평가 항목과 평가 요소의 추출

① 실험평가 항목

실험 평가 항목은 과학 교육 평가 목표에 의해 다음과 같은 평가 항목으로 분류·선정할 수 있다.

<표-8>

실험평가 항목

| | 실 습 평 가 | 보 고 서 평 가 |
|------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 평 가 항 목 | 1. 실험과정 2. 실험태도 3. 기구취급 4. 준 비 물 | 1. 실험 과정의 기술·타당성 2. 측정의 정당성 3. 측정값의 표현, Graph 4. 실험결과, 사실에 대한 예측 |

② 실험 평가 요소

그러나 이러한 모든 영역의 항목을 빠짐없이 평가하기는 쉬운 일이 아니다. 따라서 각 실험에 대하여 실험 목적과 관련된 항목이나 그의 실험상 교사가 특별히 필요하다고 생각되는 항목에 대한 평가 요소를 구체적으로 추출하고 이의 도달 정도를 A(3점), B(2점), C(1점) 등급으로 평가한다.

다. 실험 계획서 작성

분단 실험 내용에 한해 각 실험별로 실험목표, 준비물, 실험방법, 실험시 유의점 그리고 해당 실험 평가요소를 기입 정리한 실험 계획서를 작성하면 실험 지도안과 평가기준안의 기능을 겸해 유용하게 사용할 수 있다.

〈그림 - 5〉 실험계획서

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------|-----|----|---|---|---|-----------|---|---|---|----|----|----|
| 실험제목 | | | | | | | | | | | | | |
| 실험형태 | 분단·개별 | 교과서 | p. | | | | | | | | | | |
| 실험목표 | | | | | | | | | | | | | |
| 준비물 | | | | | | | | | | | | | |
| 실험내용 및 방법 | ~~~~~ | | | | | | | | | | | | |
| 실험시 주의사항 | | | | | | | | | | | | | |
| 구분 | 실 습 평 가 | | | | | | 보 고 서 평 가 | | | | | | |
| 평가 요소 | | | | | | | | | | | | | |
| 실험계획 일자 | 반 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 일시 | | | | | | | | | | | | |

라. 실험 평가

① 실습평가지를 이용한 조별 평가와 개인별 평가

학급 인원의 과다와 시간 부족으로 각 개인에 대해 평가 요소 도달 수준을 측정하기는 불가능한 일이다. 따라서 <그림-6>과 같은 실습 평가지를 이용하여 각 평가 요소에 대한 조별 평가를 우선으로 하되 각 조원중에서 우수한 학생이나 특히 불량한 학생의 개인 번호를 비교란에 기록하였다가 해당 조별 등급 점수에서 +1, 0, -1을 가감하여 평가하는 것이 바람직하다.

<그림-6> 실습평가지

| | | 실험명 ; | | | | | | | | | | 학년 | 반 |
|------|-----------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|---|
| 평가요소 | 조 | 1 조 | 2 조 | 3 조 | 4 조 | 5 조 | 6 조 | 7 조 | 8 조 | 9 조 | 10 조 | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 총 | 점 | | | | | | | | | | | | |
| | 조별평균 / 등급 | | | | | | | | | | | | |
| 비 | 고 | | | | | | | | | | | | |

② 실험보고서 개발

실험보고서 평가는 측정값, Graph 표현, 실험 결과기술 등의 항목에 따른 구체적인 실험별 평가요소에 의해 평가할 수 있으나 보다 객관적인 평가를 위해서 실험 보고서에 평가 문항을 두는 것도 필요하다.

③ 실험평가 기록부

실습평가와 보고서 평가에 의해 실험 점수가 개인별로 결정되는데 <그림-7>과 같은 실험 평가 기록부를 이용한다.

<그림-7>

실험평가기록부

실험평가기록부

| 번 호 | 학년도 | | 학기 | | 제 | | | | | | | | | | 학년 | | | | 반 | | | | | | | |
|--------|-----|----|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|--|----|--|--------|--------|---|--------|-------------|--|--|--|--|--|
| | 구분 | 실험 | 실습평가 (15%) | | | | | | | | | | 보고서 평가 (15%) | | | | 총 점 | 평 균 | | 평 어 | 환 산 점 | | | | | |
| | | | 소 계 | 평 균 | 소 계 | 평 균 | 소 계 | 평 균 | 소 계 | 평 균 | 소 계 | 평 균 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 성명 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4. 在學生을 이용한 實驗 授業 補助

실험 수업에 따르는 교사의 과중한 업무를 해소하기 위해서는 자격을 갖춘 유급 조교가 반드시 필요하다고 하겠으나 현실적으로는 요원한 일이다. 따라서 제한적인 보조밖에 할 수 없지만 고등학교 물리 실험에 관해서는 재학생을 이용하여 다음 방법으로 제도화하여 시행하면 교사의 업무 부담을 줄일 수 있다. 즉,

- ① 소속 학급의 실험 수업시 시간 전에 필요한 교구를 준비
- ② 시간 중에 필요한 실험 재료 등의 분배.
- ③ 시간이 끝난 후의 교구 정돈.
- ④ 상황이 허락할 시의 사전 실험의 보조.

V. 結 果

제시된 개선 방안에 의해 실험 수업을 실시한 결과를 측정·평가하려면 조사기간, 실험군과 비교군의 비교, 학생들의 성취도 분석 등 필요로 하는 것이 많으나 신교육 과정 시행시기, 연구기간 등의 이유로 전반적인 교육적 측정에 어려움이 있었다. 이로 인해 여러면에서 한정적이지만 학생들의 흥미도 변화와 실험 재구성에 의한 소요시간 비교 그리고 예시된 실험 평가 방법에 의한 소요 시간을 측정해 봄으로써 그 타당성에 대해 고찰해 보도록 하겠다.

- 1) 물리 과목에 대한 학생들의 흥미도 변화를 다음과 같이 조사하였다.
- 1) 조사 기간 : 84년 5월 (1차), 12월 (2차)
- 2) 조사 대상 : 제주 시내 소재 제주 제일 고등학교 2학년 자연반 6개학급 370명
- 3) 조사 방법 : 설문지법

조사 결과는 <표-11> 과 같이 나타낼 수 있는데 1차 조사 결과 보통 이상의 흥미를 갖는 인원이 39.2%였던 것이 2차 조사 결과는 52.7%로 크게 증가하였으며, 2차 조사시 보통 이상의 흥미를 갖는 학생들의 의견은 <표-12> 에 나타난 것처럼 65.8%에 달하는 인원이 실험 수업 실시에 그 이유를 두고 있다.

결국 지적인 강의만을 위주로 하는 수업보다는 실질적으로 기구를 다루고 자연을 관찰하는 탐구력에 대한 흥미가 이해에 한층 도움이 된다는 것을 나타내고 있으며 이로부터 실험수업 및 실험평가 실시등의 필요성을 구체적으로 제시할 수 있겠다.

<표-11> 물리과목에 대한 흥미도

| 흥 미 도 | 1 차 | | 2 차 | | |
|------------|-----|------|-----|------|------|
| | 인 원 | % | 인 원 | % | |
| 매우 흥미가 있다. | 11 | 3.0 | 16 | 4.4 | 52.7 |
| 약간 흥미가 있다. | 25 | 6.8 | 37 | 10.1 | |
| 보통이다. | 109 | 29.5 | 140 | 38.3 | 47.3 |
| 별로 흥미가 없다. | 120 | 32.4 | 98 | 26.8 | |
| 전혀 흥미가 없다. | 105 | 28.4 | 75 | 20.5 | |
| 계 | 370 | | 366 | | 100 |

아무리 많은 시간도 부족할 것이다.

제시된 실험 평가 방법은 교사들의 업무 과다 등에 의한 실험 평가 실시의 어려움을 극복하는 측면에서 주로 모색되었는데 전술한〈힘, 질량, 가속도 관계〉실험에 대한 평가를 실제로 실시한 결과 실습, 평가, 소요 시간은 각 조별 평가와 개인별 평가를 병행하여 실험 수업 시간중에 끝마칠 수 있어 별도의 시간이 필요하지 않았고, 보고서 평가는 제출한 개인별 실험 보고서를 보고서 평가 요소별로 평가하였더니 한 학급 57명을 기준으로 할때 34.2분이 소요되었다. 또한 실습 평가지와 실험 보고서 평가 결과를 종합하여 실험 평가 기록부에 기재하는데 학급당 29분이 소요되었다.

적용한 실험 내용에 국한되어야 하겠지만 실험 평가에 소요되는 시간은 학급당 63.2분으로 약 1시간이 되는데 이 결과는 실험 내용이 설사 달라도 크게 차이가 없다. 또한, 이 정도의 시간이 실험 평가에 소요된다면 교사들의 부담은 크게 적어지리라 생각된다.

VI. 結 論

실험 교육의 직접적 장애가 되는 점을 분석해 본 결과 배당 시수의 부족, 시행시 뒤 따르는 업무 과다가 가장 절실한 문제점으로 대두되었는데 이를 감안한 실험 수업 정상화를 위한 실제적 방안으로써 연간 실험 계획에 의한 실험 종목 분류, 실험 재구성 재학생의 실험 조교 운용, 적절한 실험 평가 실시 그리고 실험 수업상의 제과정에 대한 모형의 확립을 통해 제시할 수 있다. 실제로 이러한 방안에 의해 시행해 본 결과는 다음과 같다.

1. 실험 방법을 재구성하여 실시한 경우 교과서 방법으로 약 73분이 소요되었던 것이 약 38분으로 절반 정도의 시간의 절감 효과가 있어 그 필요성을 구체적으로 측정할 수 있었다.

2. 제시된 형태의 실험 평가 방법으로는 학급당 1시간 정도로 평가할 수 있어 업무의 부담을 최소화할 수 있다.

3. 개선 방안에 의한 실험 수업 실시로 물리 교과에 대한 학생들의 흥미도가 보통 이상인 학생이 39.2%였던 것이 52.7%로 증가하였다는 사실은 그 조사 대상들이 비록 한정적이지만 주목할 만한 일이다.

이상의 것들은 하나의 안에 대한 논의에 불과하지만 실험 수업의 정상화를 위한 노력은 비단 일선 교사 뿐 아니라 물리 교육 연구자 물리학자 모두의 관심이 되어야 할 것이라는 생각이 든다.

參 考 文 獻

1. 고운석, 신희명, 「물리」, 박영사, 1979.
2. 공구영외 4인, 「물리 I, II」, 연구사, 1984.
3. 권숙일, 강우형, 김재혁, 「물리」, 동아출판사, 서울, 1979.
4. 권숙일, 이민호, 김종권, 「물리 I, II」, 동아출판사, 1984.
5. 박승재외 4인, 「물리 I, II」, 연구사, 1984.
6. 박행신, 김규용, 「제주도 중등학교 과학과 교육계획 및 과정에 관한 분석」, 제주 사대과학교육연구소, 과학교육 (권. 1), pp. 6~7, 1984.
7. 문교부, 「고등학교 새교육과정 개요」, 문교부, pp. 89~98, 1982.
8. 송인명, 김종성, 「물리」, 교학사, 서울, 1979
9. 송인명, 이춘우, 「물리 I, II」, 교학사, 1984.
10. 공주사범대학편, 「중등학교 물리교육의 실태조사 연구」, 공주사대논문집 (자연과학편) 19집, pp. 65~77, 1981.
11. 신희명, 「학교에서의 물리실험」, 물리교육 제 1 권, 1 호, pp. 104 ~ 107, 1982.
12. 인천직할시 교육위원회, 「고등학교 과학과 실험실습 길잡이」, pp. 353 ~ 357. 1984.
13. 정연태, 최종락, 박재호, 「물리」, 보진재, 서울, 1979.
14. 제주도 교육위원회, 「제주교육통계년보 (16집)」, pp. 194 ~ 197, 1984
15. 조순탁, 조성호, 박봉상, 「물리」, 동아출판사, 1979.
16. 최종락외 3인, 「과학교육신강」, 경북대학교 출판부, p. 170, 1976.
17. 최종락외 4인, 「과학교육의 현황과 개선방안」, 교육대학원 논문집 6, 7집 (경북대학교), pp. 119 ~ 142, 1976.