

효과적인 실험계획과 물리교육의 발전

— 독일 Gymnasium 의 물리교육 —

尹 志 洪*

Physics Education of Gymnasium in West Germany

Yoon Zi-hong

I. 독일의 학제(Schulsystem)

독일의 학제는 학생의 진로에 따라서 다양하게 편성되어 있는데 지방자치단체별로 약간의 차이는 있으나 대표적인 제도는 <표 1>에 나타나 있는 것과 같다.

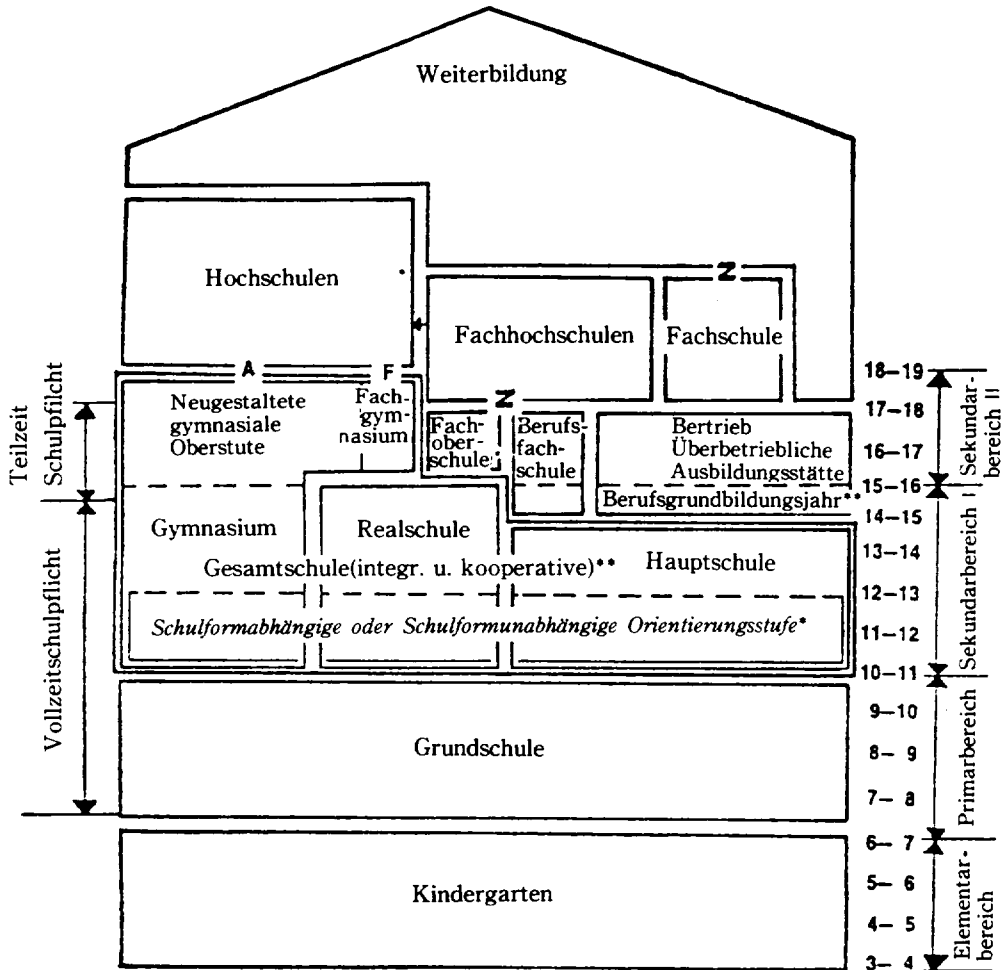
학업연령별로 단계를 크게 나누어 우리나라의 유치원에 해당하는 Elementarbereich, 국민학교 1~4학년에 해당하는 Primarbereich, 국민학교 5, 6학년과 중학교과정에 해당하는 Sekundarbereich I, 고등학교에 해당하는 Sekundarbereich II로 구분된다.

Grundschule의 4학년에서 학생의 적성을 고려한 진로의 선택이 교사, 학부모, 아동의 의논에 의하여 결정된다. 5, 6학년 과정은 Orientierungsstufe로서 학교형태(Real-, Hauptschule, Gymnasium)에 따라 다르게 편성되기도 한다.

대학에 진학하기 위한 학생은 주로 Gymnasium을 택하게 되는데 Gymnasium은 우리나라의 중학교와 인문계고등학교 과정과 비슷하나 중학교에 해당하는 Sekundarbereich I가 4년으로 되어 있기 때문에 13학년에서 Gymnasium 과정이 끝난다. 대학교에서는 교양과정이 특별히 개설되지 않으며 바로 Vordiplom 과정이 시작된다. Vordiplom 과정은 4학기에 해당하는 학점을 이수한 후 Diplomvorprüfung으로 마치게 되며 이 시험에 통과하면 Hauptstudium이 시작된다. Hauptstudium은 4학기에 해당하는 주전공과목을 이수해야 하며 그 과정의 끝에 Diplompraktikum, diplomarbeit가 포함된다. 이 과정이 끝나면 우리나라의 석사에 해당하는 Diplom을 받게 된다.

*사범대학 과학교육과

< 표 1 > 독일의 학교제도



A = allgemeine Hochschulreife

F = fachgebundene Hochschulreife

Z = Fachhochschulreife

* nicht in allen Bundesländern ; z. T. Schulversuche

** für einen Teil der Schüler bzw. der Auszubildenden ; z. T. Schulversuche

〈표 2〉 학년별 물리수업시간 배정(주당 배정시간)

Klasse	Hauptschule	Realschule	Gymnasium	
6	2	2	2	
7	1	1	-	
8	1	1	2	
9	1	1	2	
10		1	2	
			G. K.	L. K.
11			3	3
12			3	5
13			3	5

II. 물리교육을 위한 시간배정

물리수업을 위한 각급 학교별 시간배정은 지방별로 약간의 차이가 있으나 〈표 2〉에 나타난 것과 비슷하다.

1983년도의 자료에 의하면 서독의 Gymnasium 은 3,500여개가 있으며 물리과목은 학생의 진로에 따라 선택, 혹은 필수로 부과된다. 전체 수업시수에 대한 물리과목의 시수비율은 11~13학년의 경우 9~12%에 해당하는데 전체 물리수업시수의 30~40%를 실험에 할당하고 있다.

III. 각급 학년별 단원의 구성

가. Orientierungsstufe

Orientierungsstufe 의 경우 물리교과는 전기, 열, 역학의 일부를 다룬다.

전기단원은(Elektrizitätslehre)

- 1) 간단한 회로
- 2) 도체와 절연체
- 3) 2 개의 전구를 직렬, 병렬 연결하기

- 4) 개폐기
- 5) und/oder(and/or) 계 폐기

열 (Wärmelehre) 단원은

- 1) 금속의 팽창
- 2) 바이메탈
- 3) 액체의 팽창
- 4) 액체온도계
- 5) 물의 응고와 팽창력
- 6) 기체의 팽창

역학 (Mechanik) 은

- 1) 일
 - 2) 에너지
 - 3) 에너지의 변환
 - 4) 에너지변환의 계통
- 등으로 구성되어 있다.

나. Gymnasium 의 7~10

Gymnasium 의 7~10학년의 내용 및 시간배정은 <표 3>과 같다.

각 단원별 내용을 간단히 소개하면 다음과 같다.

<표 3> Sekundarbereich I 의 물리교과 편성 및 시간배정 (빈 칸은 교사가 자유로이 물리교과 내용을 선택하여 가르치는 시간이다).

7	Optik I	Elektrizitätslehre I			
8	Mechanik I	Elektrizitätslehre II	Optik II		
9	Elektrizitätslehre III	Mechanik II			
10	Mechanik III	Energie	Kernphysik		

- 1) 광학 I (Optik I) : 빛의 전파와 반사
광원 — 빛의 전파 — 그림자의 생성 — 반사
- 2) 전기학 I (Elektrizitätslehre I) : 전하와 전류
전류의 열작용 — 전류의 자기작용 — 전류계의 원리 — 전하전달체의 모델
- 3) 역학 I (Mechanik I) : 힘, 일, 에너지
힘과 질량 — 후크의 법칙 — 간단한 기체에 의한 일 — 위치 에너지
- 4) 전기학 II : 직류회로의 법칙
전압 — 옴의 법칙 — 저항 — 키르히호프의 법칙
- 5) 광학 II : 빛의 굴절, 광학기구, 색분산
굴절 — 렌즈 — 광학기구 — 스펙트럼색
- 6) 전기학 II : 전자기 유도
자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘 — 직류전동기 — 유도기전력의 생성 — 발
전기 — 변압기
- 7) 역학 II : 정유체와 기체의 역학
수압 — 공기의 압력 — 부력
- 8) 역학 III : 운동학
속도 — 가속도 — 운동에너지
- 9) 에너지 : 전기에너지, 열, 에너지의 변환
역학적에너지 — 전기에너지와 일률 — 열 — 비열 — 기화열 — 용해열 — 에너지의 변환
- 10) 핵물리학(Kernphysik) : 방사능, 핵에너지
이온화작용 — 이온화방사선의 검출장치 — 흡수 방사선 방호 — 핵분열, 연쇄반응 — 핵발
진소

Sekundarbereich I 에서 물리수업에 할당되는 시간은 약180시간 정도이다.

자유선택 주제를 제공하는 경우도 있는데 그 주제의 내용은

가) 전자공학, 나) 음향학, 다) 조종방법 등이 있으며, 학생의 흥미여하에 따라
진공관 속의 전자, 비행의 원리, 기상에 관한 것 등이 학생연구의 대상으로 주어지기도
한다.

다. Gymnasium 의 11학년에서 13학년과정의 물리교육내용은 다음과 같이 구성되어
있다.

- 1) 역 학
- M1. 직선운동

- M 2. 직선운동의 역학
- M 3. 일과 에너지
- M 4. 포사체의 운동
- M 5. 원운동
- M 6. 강체의 회전운동
- M 7. 역학적인 진동
- M 8. 1 차원 및 2 차원 파동
- M 9. 음파
- M10. 만유인력
- M11. 중력장
- M12. 물질의 열적인 성질
- M13. 기체운동의 특성
- M14. 내부에너지, 열과 일
- 2) 전 기
 - E 1. 전하와 전기장
 - E 2. 운동하는 전하와 자기장
 - E 3. 전자기장에서 전하담체의 운동
 - E 4. 전자기유도의 기초
 - E 5. 자체유도
 - E 6. 유도의 기술적인 이용
 - E 7. 교류회로
 - E 8. 전자기적인 진동
 - E 9. 전자기파의 발생과 전파
 - E10. 빛
 - E11. 전류
 - E12. 전자공학
- 3) 원 자
 - A 1. 광양자
 - A 2. 원자의 에너지준위
 - A 3. 물질파
 - A 4. 원자의 모형
 - A 5. 원자의 구성과 주기율

A 6. 핵변환

A 7. 핵의 모형

A 8. 핵에너지와 그 이용

A 9. 소립자와 그 본질

11학년의 경우 주당 2 내지 3 시간, 12, 13학년의 경우 기초과정(Grundkurs) 주당 3 시간, 강화과정(Leistungskurs) 주당 5 시간씩 물리수업을 하게 되어 있다.

소단원 중-E10, 빛 — 을 예로서 세부적인 내용을 다음과 같이 나열할 수 있다.

가) 빛의 속도측정

나) 반사와 굴절, 입자모델과 파동모델

다) 간섭과 회절, 파장의 측정

라) 분해능

마) 편광

바) 편광면의 회전, 복굴절

사) 분산, 위상속도와 군속도

아) 그레이팅과 프리즘에 의한 스펙트럼

자) 적외선과 자외선

차) 복사의 법칙

카) 레이저, 홀로그래피

위의 내용에 덧붙여 모델의 역사적인 발전, 가설과 모델의 검증, 강도분산의 벡터다이아그램, 자연상수들 사이의 연관성, 측정의 정밀화, 눈의 생리 등을 취급하는 것을 권장한다.

IV. 물리수업의 형태

물리수업의 형태는 여러가지의 정평있는 학습형태 및 그들의 조합에 의한 적절한 변화를 요구한다. 수업의 내용은 탐구 및 발견지향적이거나 문제지향적인 수업형태를 택한다. 물리수업의 주요 관심사는 물리학의 사고방법과 전개방법을 소개하고 연습하는 것이다. 학생들은 책에 있는 내용이나 특히 공식으로 되어 있는 결과를 단지 외우기만 하는 복사형태의 학습은 하지 않아야 한다. 실험현상과 작업과정을 수행하고 적합한 물리적인 해석을 학생 스스로 하게 된다. 학교에서의 물리수업은 주로 실험수업으로 이루어져 있으며 실험은 다음과 같은 중요한 것들을 제공한다.

- 가. 학생들의 동기를 유발하고 학생으로 하여금 학습내용을 스스로 형성하게 한다.
- 나. 가정을 다시 검사하는데 그 가정은 어떠한 현상을 설명하기 위하여 설정된 것이다.
- 다. 측정치를 기록하고 정량적인 법칙을 유도하며 적합한 개념을 형성한다.

실험은 시범실험과 학생탐구실험을 통하여 수행하게 되는데 방법적인 단조로움을 방지하기 위하여 시범실험과 학생실험을 계속하여 교환해가는 것이 바람직하다. 원칙적으로 학생실험을 통한 강력한 동기유발을 꾀하고 그로 인하여 적절한 학습진도를 학생이 선택할 수 있으며 거듭되는 연습을 통하여 자신의 실험조작기술을 발전시켜 나간다. 일반적인 탐구계획과 측정치 기록의 성실성이나 특수한 활동에 관한 평가는 교수학습의 목표가 되는 중요한 것이다.

가설을 다시 검사하기 위한 실험은 학생들의 창의성을 일깨우게 되며 학생들은 새로운 문제해결을 위한 실험을 계획하게 된다. 이러한 실험의 결과는 이미 공식화된 가설이나 추정을 수용하기 위한 “자연의 판정”에 해당한다. 측정치에 관한 논의에서 세밀하게 구별할 수 있는 개념의 정의를 위한 적절한 법칙을 이끌어 낼 수 있다. 법칙은 해당하는 좌표계에서 특별한 그래프의 진행을 나타내고 개념의 인식은 이 그래프를 이용하여 정의할 수 있다. 개념의 정의가 적합한지의 여부에 따라 자유로운 조작에 관한 사항이 결정될 수 있다.

물리수업에서는 실험이 핵심적인 역할을 하지만 적절한 시청각매체를 사용함으로써 현상의 기술적인 분석을 가능케 할 수 있다. 그러나 불가피한 경우를 제외하고는 수업에서 시청각매체가 수행할 수 있는 탐구를 대행해서는 안된다. 다만, 함축성 있게 보충하는 것이 요구되며 학생의 자율적인 학습을 항상 우위에 두어야 한다.

적절한 가정학습과제를 부과하여 수업에서 취급한 내용을 확고히 하고 심화한다. 물리교육에서 사려 깊은 가정학습과제는 다음과 같은 효과를 가져온다.

- 가. 본래의 탐구결과를 더욱 심화하고 완전하게 한다.
- 나. 실험에서 얻은 측정치를 이용할 수 있게 한다.
- 다. 응용분야의 과제를 해결하게 된다.
- 라. 반복된 짧은 논평을 가함으로 작업의 단계를 마무리 해나간다.
- 마. 짧은 보고서를 작성한다.
- 바. 수업을 준비한다.

철저한 준비를 통한 견학여행도 수업에 이용될 수 있으며 학생들의 가능성을 일깨워 주고 물리학의 응용분야에 대하여 살펴보게 하는데 도움이 된다.

V. 摘 要

독일의 물리교육은 실험을 중요시하는 시범실험, 학생실험, 시청각매체의 사용, 견학 등이 적절하게 편성된 수업방법을 강조하고 있다. 고등학교를 졸업할 때까지의 물리수업 시간은 Leistungskurs의 경우 약 600시간, Grundkurs의 경우 약 480시간 정도이다. 학력평가는 주로 실험의 과정이 강조되는 필기고사 및 구술고사를 병행하여 확실한 물리개념의 형성정도를 평가하고 있다. 물리교재의 내용에도 컴퓨터프로그래밍, 물리의 역사 등이 첨부되어 다양한 자극을 줌으로써 학습효과를 높이려 하고 있다. 물리교육을 위한 연구도 매우 활발하며 특히 물리교육을 위한 역사적, 철학적인 면의 연구에 많은 노력을 기울이고 있다.

참 고 문 헌

1. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz ; Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung, Physik. Hermann Luchterhand Verlag GmbH & Co KG 1981.
2. Gernot Born, Rolf Wickihalder, Physikunterricht in Europa. Physik, Theorie -Experiment-Geschichte-Didaktik. AULIS VERLAG DEUBNER & CO KG. Köln, 1984.
3. Die Schule in Nordrhein-Westfalen Eine Schriftenreihe des Kultusministers, Gymnasiale Oberstufe, Physik. Greven Verlag Köln, 1981.
4. Das Bildungswesen in der Bundesrepublik Deutschland. Beltz Verlag. Weinheim und Basel. 1979.
5. Erhard Meyer, Die Lehrpläne für den Physikunterricht der Sekundarstufe 1 in Hamburg, der Physikunterricht 1980, p. 2 59~66.
6. Helmut Bergold, Der Curriculare Lehrplan für den Physikunterricht der Sekundarstufe 1 in Bayern Der Physikunterricht, 1980, p. 1 23~29.
7. Rahmenrichtlinien für das Gymnasium, der niedersächsische Kultusminister. Hannover, 1981.
8. Klaus schmitz, Geschichte der Schule, Verlag W. Kohlhammer Stuttgart Berlin Köln Mainz, 1980.
9. Studienführer Physik (Diplom), Fachbereich Physik der Universität Hannover, 1985.