

강원도 중등 과학교육 실태조사 및 중학교 과학2의 교수/학습 자료 개발: 「물질의 구성」 단원 학습지도 전략과 자료*

조희형, 이문원, 조영신, 한인숙
(강원대학교 사범대학 과학교육과)
(1991. 12. 1 받음)

I. 서 론

최근의 과학교육 연구자들은 과학의 교수 및 학습의 일반적인 이론보다는 학생들이 특정 개념과 이론을 어떻게 학습하는가 또는 그것들을 어떻게 효율적으로 가르칠 수 있는 지에 대한 문제에 주된 관심을 갖는다. 과학교육 연구자들이 이러한 문제에 그들의 관심을 집중하게 된 것은 그들의 인식론적 관점과 심리학적 견해를 각각 현대의 인식론과 심리학에 기초하고 있음을 반영한다.

전통적 인식론으로서 실증주의는 지식이란 관찰이 가능한 사실 및 사실들 사이의 관계에 한정된다는 신념으로서 오로지 과학만이 그런 사실들로 이루어진 과학지식을 제공한다는 견해를 나타낸다(Honer and Hunt, 1987). 사물의 궁극적 본질에 대한 사색이나 논의는 무의미하다는 생각이다. 행동주의는 이러한 실증주의 인식론에 기초한 대표적 심리학으로서 학습에 대한 연구를 의식세계보다는 행동의 객관적 관찰에 제한한다. 즉 행동주의는 정신적 개념을 관찰될 수 있는 행동으로 환원하고 내성이란 심리학적 연구의 대상이 될 수 없다고 본다. 이러한 견해를

바탕으로 행동주의 심리학자들은 학습을 행동의 변화로 정의하고 그것의 본성은 과학적 방법 또는 실험심리학적 접근법을 통해서 구명될 수 있다고 주장한다.

이에 비하여 현대의 인식론과 구성주의 심리학은 과학지식이란 과학자들에 의해 구성됨으로써 가변적이고 잠정적인 특성을 지니게 된다는 입장을 취한다. 현대 인식론의 일반적인 견해에 의하면 과학지식은 절대적 진리가 아니라 언제라도 변화될 수 있는 가설적 속성으로서 자연으로부터 발견된 객관적 지식이 아니라 과학자들의 주관에 따라 구성된 개념과 그 체계라는 것이다(Chalmers, 1978). 현대 인식론은 또한 과학자는 자신이 이미 가지고 있는 지식 체계를 통해서 자연을 관찰하고 해석하기 때문에 과학지식은 시대와 사회에 상대적이며 그 참가치는 당대 사회에 있어서의 실용성에 따라 결정된다고 주장한다(Richards, 1987). 구성주의 심리학은 이러한 현대 인식론을 받아 들여 학생들은 자신의 선행경험, 지식, 기대감 등을 통해서 학습내용을 보고 해석하며 그 의미를 구성한다고 가정한다(Driver, 1983). 이와 같은 현대 인식론과 구성주의 심리학의 가정에

* 이 논문은 1988년도 교육부 학술연구 조성비(대학부설연구소)의 지원으로 수행된 연구의 결과임

따르면 학습은 학습자가 학습하기 전에 이미 과지한 관련 지식의 변화로 정의될 수 있다. 이에 따라 오슈벨 등(ausubel et al. 1978)은 유의미 학습이란 학습자와 학습내용의 상호작용을 통해서 학습자의 인지구조에 학습내용이 의미있게 연결되어 인지구조가 동화·조절됨으로써 일어난다고 주장한다.

현대의 대다수 과학교육학자들은 학습에 대한 이와 같은 견해를 받아들이고 그에 따라 과학 교수모형과 학습지도 자료를 개발하고 있다. 그러나 지금까지 개발된 교수 모형과 학습지도 자료들 중에서 어느 한 가지도 모든 주제와 상황에 보편적으로 적용되지 못하고 단지 특정 주제와 상황에 한정적으로 이용되었다. 예컨대 행동주의 및 가네의 위계적 학습론에 기초한 학습지도 전략은 단순한 개념과 기술과 한정되었으며, 피아제의 지능발달 이론에 따른 상충법 또는 모순법은 학생들이 스스로 경험을 통해서 획득한 추상적 지식이 학습내용과 다를 경우에만 효과를 냈다. 또한 오슈벨의 유의미 학습 이론에 바탕한 지도법은 비교적 구체적인 개념과 그 체계에 대해서만 어느 정도 유용하게 적용될 수 있었다. 이는 학습이론의 학습될 주제와 내용에 대한 특수성에 기인한다. 이는 또한 학생들이 가지고 있는 선행지식의 본성과 학습상의 기능적 특성에서 비롯된다. 학생들이 지니는 과학지식의 속성에 대한 쿨린의 연구들(West & Pines, 1985; Osborne & Freyberg, 1985)에 의하면 학생들이 가지고 있는 개념은 과학자들의 개념에 비하여 덜 분화되어 있거나 충분히 세련되어 있지 않다. 그뿐만 아니라 어떤 개념들은 현재의 과학사회가 인정하는 과학지식과 큰 차이가 있을 만큼 그릇되게 형성되어 있다. 오늘날의 과학교육 연구자들은 이와 같은 개념들을 오인, 대체적 개념들, 선행 개념, 아동과학, 학생생각 등으로 부르고 그러한 개념들이 학생들의 인지구조에 강하게 정합되어 나름대로의 논리적인 체계를 이루기 때문에 쉽사리 버려지거나 변화되지 않는다고 지적한다.

학생들의 선행지식이 이와 같은 특징을 지닌다면 전통적 교수법은 추상적인 과학 개념을 가르칠 때 그 한계를 드러내거나 여러 가지 문제점을 수반한다. 특히 학생들의 선행 개념이 현대의 과학지식 체계와 그 의미가 다른 것일수록 그 문제는 더욱 심각해진다(조희형, 1985). 그러한 선행개념과 관련된 개념은 교수한다고 해서 쉽게 학습되는 것은 아니며 설사 학습될지라도 그릇된 선행개념에 연결되어 교사가 기대하는 바와 전혀 다른 학습결과가 얻어질

수 있다.

이 연구는 이와 같은 문제점을 감안하여 학생들의 개념을 효과적으로 변화시킬 수 있는 교수모형과 학습지도 자료를 개발하는 데 주된 목적을 두었으며, 이 목적을 달성하기 위해 3년(1988. 12~1991. 11)에 걸쳐 학생들의 선행개념을 확인하고, 그것을 기초로 교수모형 및 학습지도 자료를 개발하며, 학습지도 자료의 효율성을 실험적으로 검증하는 절차에 따라 수행되었다. 제 1차 년도에는 강원도내 중학교 과학교육의 실태 및 문제점을 분석하였고 제 2차 년도에는 제 1차 년도의 연구 결과를 근간으로 하여 중학교 2학년의 두 단원에 대한 과학 학습지도 자료를 현재의 교육적 실정에 적합한 형태로 개발하였으며, 제 3차 년도에는 그 학습지도 자료를 교육현장에 투입하여 효율성과 문제점을 분석한 다음 그 결과에 따라 다른 분야의 학습지도 자료도 개발하였다. 이 논문은 특별히 제 2차 년도와 제 3차년도의 연구 및 분석 결과를 발표하는 데 그 목적이 있다.

II. 연구 절차 및 내용

이 연구는 첫째 강원도내 중학교 과학교육 현황과 문제점을 파악하고, 둘째 현재의 제반의 교육적 실정에 적절한 학습지도 자료를 개발하여 적용하는 데 근본목적이 있었다. 제 1차 년도에는 첫째의 목적을 달성하기 위하여 수행되었으며, 제 2차 년도와 제 3차 년도에는 둘째의 목적을 달성하기 위하여 학생들이 지니고 있는 과학개념의 오인에 관한 문헌을 조사·분석하고, 「분자 운동」과 「암석의 생성과 특징」에 대한 학생들의 선행지식을 확인하며, 이 개념들을 효과적으로 교수하기 위한 전략 및 모형과 학습지도 자료의 효과를 실험적으로 조사하는 등의 과정에 따라 수행되었다. 이 연구가 3년 동안 수행되었던 과정상의 단계별 구체적인 방법과 내용은 다음과 같다.

1. 중학교 과학교육 실태 조사

중학교 과학교육의 실태 및 현황은 제 1차년도에 조사하였으며 강원도내 전 중학교를 대상으로 하여 과학 교육과정 운영, 과학교사의 배정 및 수업시간 수, 과학교과서에 제시된 실험에 필수적인 기자재의 보유 및 이용 등에 관한 영역으로 나누어 분석하였

다. 그 결과는 이미 발표하였기 때문에(조희형 외, 1989)여기서는 그에 대한 논의를 생략한다.

2. 문헌 조사

제 2차 년도에는 먼저 과학개념에 대한 학생들의 고유한 생각으로 정의되는 오인의 본질을 알아보기 위해 그 특성, 기원, 기능 등을 조사·분석하고, 특별히 「물질의 입자성」과 「암석의 생성과 특징」에 대해 학생들이 가지고 있는 생각의 종류와 특성을 세밀하게 분석하였다. 학생생각의 본성 및 그 기원과 특징은 주로 국내·외의 저서와 학술지에 발표된 논문(Pfundt and Duit, 1988)을 중심으로 조사하였으며, 특히 위 두 개념에 대한 오인은 각종 학회에서 발표된 회보(proceedings) (Novak, 1987)까지 포함하여 분석·확인하였다.

3. 오인의 확인

「분자 운동」 및 「암석의 생성과 특징」에 대하여 학생들이 가지고 있는 일반적인 생각들은 각종 문헌에 발표된 것(Driver, 1983; Driver et al., 1985; Osborne and Freyberg, 1985)을 기초로 확인하였을 뿐만 아니라 춘천 시내의 3개교 16학급을 대상으로 조사·분석하기도 하였다. 이 연구에서 위의 두 개념에 대한 오인을 조사·확인하기 위해 이용한 검사지는 이 연구의 연구진들과 네 명의 중학교 교사들에 의해서 개발되었으며, 질문에 대한 답을 선택한 후 그 답을 선택한 이유를 설명하게 하는 이 단계(two toier) 질문법 형식(Tewagust, 1988)의 문항으로 구성되었다. 「분자 운동」에 대한 검사지는 11문항으로, 「암석의 생성과 특징」에 대한 검사지는 12문항으로 구성되었다. 학생들이 오답을 선택하였으나 그 오답을 선택한 이유를 타당하게 표현하고 그들이 경험할 수 있는 범위와 상황에 비추어 결코 그릇된 생각으로 볼 수 없는 관점들을 오인으로 판정하였다.

4. 교수모형 및 학습지도 자료 개발

문헌 조사와 현장 조사 과정을 통해서 학생들의 생각을 확인한 다음 그 생각을 과학적 개념으로 변화시키기 위한 교수모형을 개발했다. 이 연구에서 개발한 교수모형은 다인수 학급, 충분하지 못한 실험실 수업의 여건, 교사들의 자질과 과학교수에 대한 인식 등 강원도내 중학교의 현실적인 상황(조희

형 외, 1989)에서 학생들이 현재 가지고 있는 선행지식과 학습내용의 상호작용을 통해서 선행지식이 동화·조절될 수 있는 교수 방법 및 전략으로 구성하였으며, 이것은 다시 학습지도 자료를 개발하는 준거로 이용하였다. 학습지도 자료는 교수모형과 학생생각을 준거로 삼고 제 2차 년도에는 중학교 과학2 교과서의 「분자 운동」단원과 「암석의 생성과정과 특징」단원을 바탕으로 개발하였다. 제 3차년도에는 이 학습 지도 자료를 현장에 투입하고 그 결과 드러난 효율성 및 문제점을 바탕으로 다른 분야의 단원에 대한 학습지도 모형과 자료도 개발하였다.

이 연구에서 특별히 「분자 운동」단원과 「암석의 생성과 특징」단원을 선택한 이유는 이 두개념 사이에 본질적 속성상의 차이가 있기 때문이다. 전자의 개념은 추상적 개념으로서 학생들이 스스로의 일상적 경험을 통해서 쉽게 이해할 수 없는 것이며, 후자는 구체적 개념으로서 학생들이 경험을 통해서 어렵지 않게 그 종류와 특징을 구분할 수 있는 성질의 것이다. 중학교 2학년 교재의 「분자 운동」과 「암석의 생성과 특징」단원은 각각 네 소단원으로 나누어져 있으며 네 시간의 수업 분량이다. 그러나 이 연구에서는 각 소단원을 「물질의 입자성」과 「암석의 종류와 특징」이라는 하나의 단원으로 통합하고 각각 세 시간의 수업을 통해서 다룰 수 있도록 학습지도 자료를 개발했다. 이 논문에서는 「암석의 종류와 특징」의 학습지도 자료는 생략하고 「물질의 입자성」단원의 것만 부록 2로 제시하였다.

5. 교수모형 및 학습지도 자료의 효과 실험

학습지도 자료는 강원도의 한 시(市)에 소재한 중학교들 중에서 두 남학교와 한 여학교를 선정하여 투입하였다. 「물질의 입자성」단원은 1990년도 5월에 「암석의 종류와 특징」단원은 6월에 투입하였다. 각 학교에서는 검사지와 이 학습지도 자료를 개발하는 데 참여한 교사가 직접 활용하였다. 이 연구에 참여한 교사 중 한 교사는 학습지도 경험이 적고(1년 미만) 이 연구의 목적 외에 학습지도 자료의 이론적 배경 및 활용 방법에 관한 정보를 충분히 제공받지 못했다. 그래서 그 교사가 속한 학교에는 둘째 단원인 「암석의 종류와 특징」의 학습지도 자료를 투입하지 않았고 다른 두 학교에서만 활용되었다. 또한 후자의 두 학교에서는 실험반 하나씩을 선정하여 「분자 운동」단원의 세 시간 수업을 비디오 테이프에

녹화하였다.

통제반과 실험반에 사용한 학습지도 보조자료와 수업내용 및 시간은 같고 다만 사용한 학습지도 자료와 그에 따른 교수방법 및 전략에만 차이를 두었다. 실험반은 이 연구에서 개발한 학습지도 자료를 이용하여 교수하였으며, 통제반에서는 교사들이 평소에 사용한 학습지도 자료와 방법으로 수업을 진행하였다. 그러나 실험에 필요한 재료 및 도구와 기구는 어느 반에서나 동일한 것을 사용했으며 오직 실험하는 순서 및 과정만이 수업의 전략과 방법에 따라 차이가 있었을 뿐이다.

사전 검사지와 사후 검사지도 어느 반에나 동일한 것을 투입했다. 사전검사지와 사후검사지는 재검사에 의한 신뢰도를 높이기 위해 동일한 문항으로 구성되었으며 사전검사는 이 연구에서 개발한 학습지도 자료를 적용하기 한 주 전에, 사후 검사지는 그 수업이 모두 끝난 다음 2~3일 후의 다음 수업시간에 투입했다.

III. 연구 결과 및 토의

이 논문은 학습내용에 관한 학생들의 사전 지식을 조사·분석하고 그 결과와 현대의 과학학습론 및 지도법에 부합되는 학습지도 자료를 개발하여 제시하는 데 일차적인 목적이 있다. 이 절에서는 물질과 암석에 관하여 학생들이 가지고 있는 오인을 제시하고, 그 중에서도 물질의 특성에 대한 오인과 교과서 내용의 기본구조를 기초로 학습지도 자료를 개발하는 방법과 절차를 논의한 다음, 개발·투입된 학습지도 자료의 효율성에 관하여 고찰한다.

1. 오인의 확인 및 그 특성에 대한 고찰

이 연구에서는 특별히 물질의 속성 및 공간의 관계, 암석의 생성 및 종류에 관한 오인을 확인하였다. 외국 문헌의 경우 주요 저서는 물론이고 학술지, 보고서, 학회의 발표문을 포함했으며, 현장 연구에서는 623명(13학년)의 중학교 2학년생들을 대상으로 조사하였다. 이 연구에서 확인된 오인은 다음과 같다.

<물질 개념의 오인>

① 이 연구에서 확인된 대표적인 오인

- 부피가 줄면 질량도 준다 : 양이 줄면 무게도 줄어든다.

- 기체의 압력은 힘을 가하는 방향으로 작용한다.
- 고체와 액체가 미치는 압력은 항상 아래쪽으로 작용한다.
- 압력을 가하면 기체의 입자가 뭉쳐진다.
- 공기는 입자들의 덩어리로 구성되어 있다.
- 압력이 늘어나도 액체의 부피는 줄어들지 않는다.

② 외국의 연구에선 확인된 대표적인 오인((Driver, 1983; Driver et al., 1985; Osborne and Freyberg, 1985; West and Pines, 1985))

- 물질은 연속적이다.
- 물질의 입자간에는 간격이 없다.
- 물질의 입자는 움직이지 않는다.
- 진공은 있을 수 없다.
- 물질은 제자리에 돌아가려고 운동한다.
- 물질의 상태가 변하면 그 물질의 본성이 변한다 : 입자의 크기에 따라 상태가 변한다
 - 물이 얼면 그 입자가 더욱 커진다.
 - 수증기가 되면 입자가 더 작아진다.
- 물에 설탕을 녹이면 설탕이 없어진다.
- 따뜻한 공기는 찬 공기보다 가볍다.
- 용기에 열을 가하면 그 용기내 공기의 양이 늘어난다.

<암석 개념의 오인>

- 암석은 성질이 다른 자갈, 모래, 흙 등으로 만들어져 있다.
- 암석은 비, 파도, 바람 등에 의해 흩어 된다.

이상에서와 같이 학생들이 파지하고 있는 오인은 그들의 직접적인 경험을 통해서 얻어진 추상적 개념이 대부분이다. 이는 물질의 속성에 대한 오인의 수가 암석의 특성에 관한 오인의 수보다 훨씬 많은 사실에 의해서도 지지된다. 물질은 경험을 통해서 쉽게 인식할 수 있으나 그것의 본질적 속성은 이론적인 개념이다. 이에 비해 암석은 그 자체가 구체적인 개념이다. 그러므로 물질 개념은 잘못 이해하는 경우가 흔히 있지만 암석의 종류 및 특성에 관해서는 아예 모르거나 전혀 틀린 답을 말할 수는 있어도 잘못 아는 경우는 매우 드물다.

위의 오인들은 또한 학생들이 현재 사용하고 있는 각종 교과서(권숙일 외, 1988; 송인명 외, 1988; 정창희 외, 1988)에 제시되어 있는 관련 개념과 그 의미가 다르다.

그러나 학생들이 경험할 수 있는 상황, 범위, 대상

등을 고려해 볼 때 이 오인들이 반드시 틀렸다고만 말할 수는 없다. 최근 오인에 관심을 가진 과학교육 연구자들은 학생들이 파지하고 있는 오인이란 그들에게 정합적이고 논리적이며, 이런 속성 때문에 관련 개념을 학습하는 데 있어서 그 효력의 관건이 된다고 한다. 그러므로 이 연구의 학습지도 자료는 학생들이 자신들의 생각을 명료화하고 그것을 바탕으로 스스로 새로운 의미의 지식을 획득할 수 있도록 구성되었다.

2. 수업모형 및 전략 개발

과학개념에 관한 학생들의 오인이 앞에서 논의한 바와 같은 특징을 지니고 있다면 과학수업의 전략 및 방법은 전통적인 것과 달라야 한다. 이 연구에서는 학습내용과 관련된 학생들의 생각을 과학자들의 개념으로 변화시키기 위한 수업모형 및 학습지도 전략을 부록 1과 같이 개발하였다. 부록 1의 수업 모형 및 학습지도 전략은 현대의 인식론적 관점과 구성주의의 심리학적 견해와도 부합된다. 이것은 또한 부록 2에 제시된 학습지도 자료를 개발하는 준거로 이용되었다.

부록 1에 제시된 바와 같이 이 연구에서 개발한 수업 모형은 학습상황 및 문제의 제시, 관념의 확인 및 견해교환, 개념의 재구성, 문제해결 및 응용, 그리고 평가의 단계로 구성되어 있다. 학습상황 및 문제를 제시하는 단계는 학습지도 과정의 첫 단계로서 선수학습 내용을 주시시키고 관련 학습상황을 조성하며 학생들이 당장의 지식으로는 쉽게 해결할 수 없는 문제를 제시하는 단계이다. 관념의 확인 및 견해교환 단계는 학생들이 자신의 생각을 밝히고 다른 학생들의 견해도 듣고 비판하는 의사소통 단계이다. 개념의 재구성 단계는 주어진 문제와 관련된 개념 및 법칙과 이론들을 강의와 실험을 통해서 설명함으로써 학생들이 스스로 자신들의 생각을 동화·조절하게 하는 단계이다. 문제해결 및 응용 단계에서는 첫 시간에 주어진 문제를 학생들로 하여금 다시 해결하도록 하고 학생들이 가지고 있는 새로운 지식을 적용하여 해결하거나 설명할 수 있는 새로운 상황과 현상이 제시된다. 그리고 마지막의 평가 단계에서는 선행개념이 분화·발달된 정도와 그것의 적용 능력을 확인하는 단계이다.

물론 이와 같은 수업모형 및 학습지도 전략이 어느 주제에나 보편적으로 적용될 수 있는 것은 아니

다. 이 모형은 학생들이 쉽게 경험할 수는 있으나 그 본질적 속성은 추상적인 개념으로서 학생들이 그와 관련된 선행지식을 파지하고 있을 때 효과적이다. 비교적 구체적인 개념이나 관련 선행 지식을 가지고 있지 않을 경우에는 다른 형태의 수업 모형과 학습 지도 전략이 적용되어야 한다는 의미이다.

3. 학습지도 자료 개발

학습 지도 자료는 부록 1의 수업모형 및 전략에 따라 학생들이 학습내용과 관련된 선행지식을 새로운 의미의 개념으로 동화하고 조절할 수 있도록 구성되었다. 이 연구에서는 학문중심적 과학지식의 교수를 지양하고 과학과 관련된 일상적인 문제를 이해하고 해결하게 하는 학습지도 자료를 개발하는 데 한 목적을 두었다. 그러므로 부록 2에 제시된 바와 같이 이 연구에서 개발한 학습지도 자료는 가능한 생활주변으로 부터 선정된 소재로 조직되었다.

이 연구에서는 또한 교과서에 제시된 개념들과 그 체계를 벗어날 수는 없었다. 따라서 학습지도 자료를 개발하기 전에 교과서의 단원목표, 개념, 법칙 또는 이론과 그것들로 구성된 단원의 전체적 구조와 체계를 철저하게 분석하였다. 그 결과 「분자 운동」 단원의 궁극적인 목적은 입자와 공간의 관계 또는 분자와 입자의 운동을 이해시키는 데 있음이 확인되었다. 그런데 단원의 궁극적인 목적이 이와 같다는 점에서 본다면 단원의 구조와 서열을 재조정할 수밖에 없었다. 그러므로 전체 구조를 소단원별로 구분하지 않고 가능한대로 통합하였다. 또한 학습지도의 전략과 방법도 전통적인 것과는 다르게 적용되었다. 예컨대 보일의 법칙과 샤를의 법칙은 이 단원의 교수목표로 생각하기보다는 입자의 운동 및 공간과의 관계로부터 나타나는 규칙적인 현상으로서 그 관계의 한 예로 취급하였다.

학습지도 자료는 연구원들과 아울러 세명의 중학교 과학교사들과 함께 개발하였다. 학습지도 자료를 개발하는 과정에서 연구원들은 주로 단원의 논리적 구조에 많은 관심을 가졌고 현장 교사들은 교수/학습의 가능성 및 현실성에 대해 관심을 표명하는 분위기가 자연스럽게 조성되었다. 그렇지만 실제로 학습지도 자료를 개발할 때 연구원들보다는 과학교사들이 더 능동적이었고 더 중추적인 역할을 하게 되었다. 따라서 이 연구 과정에서 개발된 학습지도 자료는 그들이 일상적으로 작성하는 학습지도안에 비

해 더욱 실용적인 자료로 판단되었다. 더우기 단원의 수업시수도 줄어들었다. 이 단원이 통상적으로는 네 시간에 걸쳐 교수되었으나 이 학습지도 자료를 적용함으로써 세 시간이면 충분하였다.

이 연구의 일환으로 개발한 「물질의 입자성」 단원의 학습지도 자료는 개발에 참여한 교사들 중에서 세 명이 각기 학교에서 적용하였다. 그러나 「암석의 종류와 특징」 단원의 학습지도 자료는 비교적 교수경험이 많은 두 교사의 학교에서만 활용토록 하였다. 이런 형태의 학습지도 자료를 적용함에 있어서 교사들이 패도를 작성하고 스프레이, 향수, 잉크 등 보조자료를 수집하는 데 시간과 노력이 평상시 보다 조금 더 요구된 것 외에 근본적인 문제는 없었다. 각 학교의 교장과 교감이 흔쾌히 응낙하였고, 기존의 시설 및 기자재도 충분하였다.

4. 학습지도 자료의 효과 분석

학습지도 자료의 효율성 및 실용성은 단원의 학업성취 수준에 의해서 평가하였다. 이를 위해서 시내의 세 학교(가, 나, 다 학교)를 선정하고 각 학교를 실험반과 통제반으로 나눈 다음, 실험반에만 이 연구에서 개발한 학습지도 자료를 투입하였다. 사전 검사지와 사후 검사지는 동일한 것이었으며 통제반

과 실험반에 투입한 것도 동일한 검사지였다. 「물질의 입자성」 검사지는 35문항, 「암석의 종류와 특성」 검사지는 25문항으로 구성되어 있으며 문항당 1점이 부과되었다. 각 학교에 투입된 검사지는 평상시의 수업시간과 동일한 45분 동안에 모두 답하도록 하였으며, 「물질의 입자성」에 대한 검사 결과는 표 1과 같다.

표 1에서 가와 나의 학교는 남자중학교이고 다의 학교는 여자중학교이다. 이 표로부터 알 수 있듯이 학습지도 자료의 효과는 학교마다 달랐다. 사전검사의 결과로만 본다면 어느 학교에서나 통제반과 실험반을 동질로 생각할 수 있다. 그런데 이것은 통계적인 의미일 뿐이고 실제적으로는 두 반의 동질성을 엄격하게 유지하기 어려웠다. 따라서 이 연구에서는 사후검사 점수에 의한 실험반과 통제반의 비교보다는 차이점수(사후검사 점수-사전검사 점수)에 의한 실험반과 통제반의 차이에 대한 분석에 중점을 두었다. 표 1에 나타나 있듯이 실험반과 통제반의 비교보다는 차이점수 평균의 차이는 대체로 유의하다고 볼 수 있다. 그러나 가 학교 및 나 학교의 유의수준의 의미는 다 학교의 것과 다르다. 가 학교와 나 학교에서는 통제반보다 실험반의 차이점수가 높지만 다 학교의 경우에는 이와 반대이다.

(표 1) 물질의 입자성에 대한 검사 결과

학교	실험 대상	학생 수(학급 수)	사전검사 평균(SE)	사후검사 평균(SE)	차이점수 평균(SE)
가 학교	통제반	142(3)	14.20 (0.38)	18.35 (0.48)	4.15 (0.35)
	실험반	143(3)	13.74 (0.45)	18.76 (0.49)	5.01 (0.34)
	F의 유의수준		0.438	0.352	0.077
나 학교	통제반	100(2)	13.84 (0.50)	17.07 (0.56)	3.23 (0.32)
	실험반	99(2)	13.98 (0.65)	20.25 (0.65)	6.27 (0.58)
	F의 유의수준		0.626	0.004	0.000
다 학교	통제반	51(1)	12.35 (0.61)	19.20 (0.74)	6.84 (0.65)
	실험반	87(2)	13.35 (0.47)	17.93 (0.50)	4.59 (0.50)
	F의 유의수준		0.200	0.148	0.007

그렇다고 이와 같은 학교별 효과의 차이가 학생들의 성(性)의 차이로부터 생겨났음을 의미하지는 않는다. 가 학교와 나 학교(모두 남학교)의 교사들(각각 남교사와 여교사)은 학습지도 자료를 개발하는 과정에 직접 참여함은 물론 이 연구의 목적과 방법 그리고 인식론적 배경 및 심리학적 이론에 관하여 10여회 이상의 토론회와 연수 모임을 가졌다. 이에 비해 다 학교(여학교)의 교사는 3회에 걸쳐 이 연구의 목적 및 방법에 관한 정보만이 주어졌다. 그러나 다른 학교에서와 마찬가지로 다 학교의 실험반에서도 이 연구에서 개발한 학습지도 자료가 적용되었으며 그것을 이용하여 수업을 진행하는 데 필요한 보조자료 및 도구와 기구 등이 충분히 제공되었다. 이런 점에서 본다면 학습지도 자료의 효과는 교사가 적용하는 교수 전략의 본성 및 그에 대한 능숙도와 기술로부터 나왔다고 말할 수 있다.

이 연구에서는 동일한 교수 전략과 학습과정을 적용할지라도 학습지도 자료의 효과는 주제 및 내용에 따라 다를 것으로 가정하였다. 따라서 추상적이고

이론적인 특징을 띠는 「물질의 입자성」 학습지도 자료의 효과가 비교적 구체적이고 개념적인 속성을 지니는 「암석의 종류와 특징」자료의 그것과는 다를 것으로 추정되었다. 「암석의 종류와 특징」에 대한 학습지도 자료의 적용 결과는 표 2와 같다.

표 2로부터 알 수 있듯이 가 학교의 경우 차이점수의 차이가 유의하지 않지만 나 학교에서는 유의하였다. 그러나 가 학교와 나 학교의 결과가 서로 엇갈린다. 통계학적으로는 유의하지 않지만 가 학교에서는 실험반보다 통제반의 차이점수가 오히려 더 높다. 그러므로 표 3에 기술된 바와 같이 두 학교의 자료를 통합하여 분석했을 때 통제반과 실험반 사이에 유의한 차이가 없는 것으로 나타난다. 이는 「암석의 종류와 특징」에 대한 학습지도 자료의 효과가 없음을 시사한다. 이 결과는 또한 표 1에 나타난 결과와 더불어 이론적이고 추상적인 개념과 구체적인 개념의 학습지도 전략 및 자료가 달라야 함을 암시한다.

〈표 2〉 암석의 종류와 특징에 대한 평가 결과

학교	실험대상	학생수(반)	사전검사 평균(SE)	사후검사 평균(SE)	차이점수 평균(SE)
가 학교	통제반	144(3)	11.14 (0.33)	15.13 (0.40)	3.99 (0.30)
	실험반	146(3)	11.45 (0.34)	14.77 (0.39)	3.33 (0.28)
	F의 유의수준		0.517	0.526	0.106
나 학교	통제반	102(2)	13.19 (0.43)	14.29 (0.49)	1.11 (0.38)
	실험반	101(2)	11.89 (0.42)	14.81 (0.49)	2.92 (0.40)
	F의 유의수준		0.032	0.457	0.001

〈표 3〉 암석의 종류와 특징에 대한 실험대상 전체의 평가 결과

실험대상	학생수(반)	사전검사평균(SE)	사후검사평균(SE)	차이점수평균(SE)
통제반	246(5)	11.99 (0.27)	14.78 (0.31)	2.79 (0.25)
실험반	247(5)	11.63 (0.26)	14.79 (0.30)	3.16 (0.23)
F의 유의수준		0.339	0.983	0.277

IV. 연구 결과의 시사점 및 제언

이 연구에서 개발한 학습지도 자료를 적용한 결과 몇 가지의 효과적인 학습지도 전략과 방법을 확인할 수 있었다. 먼저 특정 단원에 대한 수업시간 수를 줄일 수 있었다. 이것은 시범실험이나 학생들의 토의과정을 통한 수업이 현재의 보편적인 수업형식에 비해 더 많은 시간이 소요될 것이라는 통념과 상반된다. 현재 대부분의 과학수업은 과학지식을 이루는 개념들의 논리적인 체계에 의해 결정된 서열에 따라 이루어지고 있다. 그러나 이 연구에서 개발한 학습지도 자료는 구체적이고 단편적인 개념을 차례대로 교수하는 수업보다는 「물질의 입자성」과 같은 기본적인 통합적인 개념의 이해를 위한 수업이 진행되도록 조직되어 있다. 예컨대 보일의 법칙이나 샤를의 법칙이 교과서에는 「분자 운동」 단원에서 학습해야 할 주요한 개념들인 양 기술되어 있지만 이 연구의 학습지도 자료에서는 「물질의 입자성」에 의해 나타나는 규칙적인 현상의 한 예로 취급한다. 이러한 학습지도 전략과 자료를 이용함으로써 통상적으로는 네 시간에 걸쳐 다루어야 할 분량을 세 시간의 수업으로 충분하였으며, 비록 더 짧은 시간의 수업이었지만 성취도는 더욱 높았다.

이러한 결과는 통합과학의 학습지도 가능성을 시사하기도 한다. 현행 중학교 과학 2교과서에는 「분자 운동」 단원이 「원자 모형」 및 「분자 모형」 단원과 아울러 「원자와 분자」라는 대단원을 이루고 있다. 그런데 부록 2의 학습지도 자료의 기본 개념인 물질의 입자적 본성과 물질 및 입자의 운동은 비단 「분자 운동」 단원만이 아니라 그 대단원에도 기초적이고 기본적인 개념이다. 따라서 대단원을 이와 같은 기본개념을 중심으로 교수할 때 한 시간 이상의 수업 시수가 줄어들 것으로 판단된다. 또한 통합 개념을 중심으로 교수함으로써 학생들은 단편적인 개념은 물론 그것들의 통합적인 의미도 효과적으로 이해할 수 있을 것으로 생각된다.

이 연구 과정을 통해서 아동중심의 과학 학습지도 방법 및 자료의 효율성이 확인됨으로써 그 본질도 충분히 이해할 수 있었다. 학습할 내용과 관련된 현상을 주고 학생들 스스로 그 문제를 해결하게 하였을 때 비록 추상적인 개념일지라도 만족스런 해답에 이르는 것이 관찰되었다. 가령 멀리 떨어져 있는 학생들도 얼마후에는 향수 냄새를 맡을 수 있는 이유

를 물었을 때 그들은 「바람이나 공기에 의해서 향수 분자가 움직인다→ 병에 들어있는 물에는 공기가 없어도 잉크 분자가 움직이는 것을 볼 때 바람이 없어도 향수 분자가 움직일 것이다. → 바람이 없는 방안에서 엄마 화장대 위에 있는 향수의 냄새를 맡을 수 있다. → 향수 분자가 스스로 움직일 것이다.」와 같은 같은 과정을 통해서 결국 「입자는 스스로 움직인다」와 같은 개념으로 일반화하고, 그 개념을 바탕으로 「진공에서도 향수의 냄새를 맡을 수 있을 것이다」는 명제를 추론하였다. 이런 과정은 비단 물질 개념이 인식되는 과정을 보여 줄 뿐만 아니라 이 개념에 대한 학습지도 방법과 자료도 제공한다. 즉 이는 물질 개념의 본성을 관련 개념들의 단순한 나열이 아니라 논리적인 과정을 통해서 교수될 수 있음을 보인다. 이는 또한 학습지도 소재의 다양성의 폭도 넓혀준다. 교과서만을 충실히 따르는 과학교사라면 위의 과정에 나타난 바와 같은 합리적 과정과 그 과정이 전개되는 상황 및 그 과정에 이용되는 소재를 생각하기 어렵다.

이 연구의 일환으로 진행된 수업에 대해서 각계의 견해가 긍정적이었다. 수업을 참관한 교감이 만족스러움을 표시했으며, 담당 교사의 말을 빌리자면 학생들도 능동적으로 수업에 임하고 상당한 호응을 얻을 수 있었다고 한다. 담당교사 자신들의 반응은 특히 긍정적이었다. 자신들이 지금까지 수행한 수업이 사실은 자신들 위주였고, 그 때문에 학생들에 대해 미안한 마음을 금할 수 없었다는 것을 실토할 정도였다. 그들은 대체로 이 수업을 통해서 이런 형식의 수업에는 더 많은 시간과 노력이 요구된다는 편견을 불식하고 학생들의 관점을 중심으로 과학을 가르칠 수 있다는 자신감을 얻었다는 견해를 표명한다.

이 연구는 학습지도의 평가 내용 및 방법에 대해서도 의미있는 시사점을 제공한다. 학습할 내용과 관련된 학생들의 선행지식을 조사·분석하는 과정에서 그들은 자신들 나름대로의 합리적인 생각을 가지고 있음에도 불구하고 그것을 문제해결에 적용하지 않고 교사가 가르친 지식에 의해 그 교사가 기대하는 답을 선택하는 경향이 관찰되었다. 이를테면 옛날의 석수장이들이 겨울에 큰 바위를 쪼개기 위해 구멍을 뚫고 물을 부었던 이유를 물었을 때 물이 얼면서 부피가 늘어나 바위를 금하게 할 것이라는 옳은 답을 선택하였지만 물이 얼 때는 압력이 낮은 위로 솟아올라 실제로는 효과가 없을 것이라는 생각을 갖고 있었다. 이는 이에 대한 진정한 의미의 학습이

일어나지 않았으며, 그런 학습은 교사가 가르친 내용이 아니라 학습자들이 학습한 실제 내용이 평가되어야 함을 시사한다.

물론 이와 같은 특성의 과학수업이 누구에 의해서나 쉽게 적용될 수 있는 것은 아니다. 이런 형태의 과학수업이 원만히 진행되기 위해서는 무엇보다도 과학수업에 대한 교사들의 인식의 전환이 필요했다. 학습지도 자료를 개발하는 과정에 나타난 바에 의하면 아동중심의 과학교육에 관한 과학교사들의 인식이 미흡하고 그런 교육을 위해서는 어느 정도의 도전적이고 과감한 용기가 요구되었다. 특히 교육 경력이 많은 교사일수록 그런 인식의 전환이 어려웠고 새로운 교수법과 그에 따른 학습지도 자료를 이용하려는 의욕이 부족함을 알 수 있었다.

이와 같은 결과에 따라 이 연구에서는 「분자 운동」단원 외의 학습 지도 자료도 개발했다. 특별히 「분자 운동」과 마찬가지로 과학적 법칙 및 이론과 추상적인 개념들로 구성된 「화합물과 원소」, 「원자와 분자」, 「전기」단원, 그리고 생물 분야의 「영양물」에 관한 학습지도 자료를 개발하였으며 이 연구에 참여한 교사들이 내년부터 현장에서 적용하기로 계획되어 있다. 앞으로 이와 같은 학습지도 자료의 실제 효과와 문제점의 확인이 필요하며, 대체로 구체적인 개념들로 이루어진 과학지식의 학습지도를 위한 방법과 자료의 개발이 요구된다.

〈감사의 말〉

이 연구에 적극적으로 참여하여 학습지도 자료를 개발하고 그것을 현장에 적용하는 데 애써 주신 춘천 중학교 경동현 선생님과 양혜정 선생님, 남춘천 중학교 박선엽 선생님, 사내 중학교 유희균 선생님께서 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 권숙일 외, (199). 중학교 과학2, 동아출판사.
- 송인명 외, (1998). 중학교 과학 2, 교학사.
- 정창희 외, (1988). 중학교 과학2, 교학사.
- 조희형, (1985). 과학개념의 선입관 및 오인파 과학교육 및 과학교사 교육과의 관계, 과학교육 연구논총(서울대학교 과학교육 연구소), 제 10권 제 1호, 121~130.
- 조희형, 이문원, 조영신, 한인숙, (1989). 강원도 중등 과학교육 실태 조사 및 중학교 과학 2의 교수/학습 자료 개발 : 중학교 과학교육 실태 조사, 한국과학교육학회지, 제9권 2호 81~87.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., and Hanesian, H.(1978). Educational psychology : a Cognitive view, 2nd ed. NY : Holt, Rinehart and winston.
- Chalmers, A. F. (1978). What is this thing called science? 2nd ed. Milton Keynes; Open University Press.
- Driver, R.(1983). the Pupil as scientist? Milton Keynes : Open University Press.
- Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A.(eds.)(1985) Children's ideas in science. Milton Keynes : Open University Press.
- Honer, S. M. and Hunt, T. C.(1987). Invitation to Philosophy : Issues and options, 5th ed. Belmont, CA : Wadsworth Publishing Co.
- Novak, J. D. (1987)/ Misconceptions and educational strategies in science and mathematics, Proceedings of the 2nd International seminar. July 26~29, 1987. Cornell University.
- Osborne, R. and Freyberg, P.(eds.) (1985). Learning in science : the Implications of children's science. London : Heinemann.
- Pfundt, H. and Duit, R. (1988). Bibliography : Students' alternative frameworks and science education, 2nd ed. IPN.
- Richards, S.(1987). Philosophy & sociology of science : an Introduction. Oxford : Basil Blackwell Ltd.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. International Journal of Science Education, Vol. 10(2), 159~169.
- West, Leo H. T. and Pines, A. L.(eds.) (1985). Cognitive structure and conceptual change. NY : Academic Press, Inc.

ABSTRACT

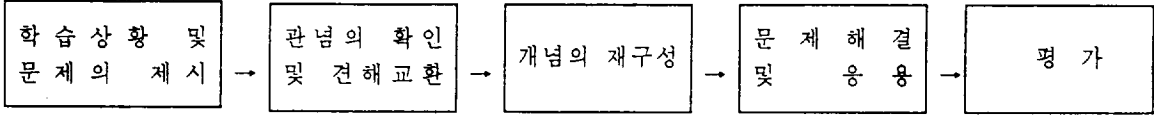
A Status survey of the Secondary Science Education in the Kangwon Province and Development of Teaching/Learning Materials for Middle School Science 2: An Instructional Model and Materials for the Unit of the Molecular Motion

Hee-Hyung Cho, Moon-Won Lee, Young-Sin Cho, In-Sook Han
(Kangwon National University)

There is now a large body of research which investigate the preconceptions held by the students in a variety of school levels ranging from the elementary schools to the universities. A problem exists, however, in applying the findings of the research to the practices of science education. Meanwhile the field of science education is in urgent need of the new instructional theories. One viable means of improving such problematic situation as this is to develop the teaching/learning materials which incorporate the suggestions implied by the results of the research. A procedure for developing an instructional material and the application of the material in the naturalistic classes are described. Also described in this article are the analyses of the effectiveness of the materials and the implications of this developmental study for the teaching strategies of science.

부록 1. 수업모형 및 학습지도 전략

I. 수업모형과 단계



II. 단계별 학습지도 활동

1. 학습상황 및 문제의 제시

- 선수학습 주지
 - 전시간에 학습한 내용을 요약해서 설명한다.
 - 학생들이 배운 내용을 기억하거나 회상하는 것을 도와준다.
- 학습상황 제시
 - 전시간까지 학습한 지식으로는 이해하고 설명하기 어려운 현상을 제시한다.
 - 가능한대로 생활 주변에서 일어나는 현상을 제시한다.
- 문제제시
 - 앞에서 제시한 현상과 관련된 문제를 제기한다.
 - 가능한 한 학생들이 이해하기 쉬운 용어를 사용한다.

2. 관념의 확인 및 견해교환

- 문제에 대한 조별 토의 및 발표
 - 6~7명을 한 조로 하여 각자의 견해를 밝히고 합의점에 이르게 한다.
 - 조별로 합의된 견해를 조대표가 전체 학생에게 발표하도록 한다.
- 문제에 대한 전체 토론
 - 조별 견해에 대해 학생들이 비판·토의하도록 교사가 수업을 진행한다.

3. 개념의 재구성

- 전시간에 제시된 현상 및 문제와 관련된 개념을 정의하고 설명한다.
 - 실험을 통해 개념의 타당성을 확인하거나 입증할 수도 있다.
 - 교사와 학생간의 토의를 통해서 학생들의 생각을 명료화하거나 새로운 의미의 생각을 구성하게 한다.
- 기존의 생각과 새로운 생각을 비교·검토한다.

4. 문제해결 및 응용

- 첫 시간에 주어진 문제를 기존에 생각과 새로운 생각에 의해 설명하거나 해결하게 하고 그 결과를 비교하게 한다.
- 기존의 생각과 새로운 생각의 공통점 및 차이점을 비교하게 한다.
- 새로운 상황의 문제를 제시하여 해결하도록 한다.

5. 평가

- 선행 개념의 새로운 의미의 개념으로 분화·발달된 정도를 확인하게 한다.
- 새로운 관념의 응용 능력을 검토하게 한다.

부록 2. 학습지도 자료 : 물질의 입자성

I. 단원의 기본 개념

1. 입자와 공간의 관계
2. 분자 또는 입자의 운동

II. 교과서의 주요 개념

1. 분자의 운동

- 기체의 분자들은 정지하여 있지 않고 항상 스스로 움직이며 운동한다.
- 확산 : 분자들은 스스로 운동하며 기체나 액체 속으로 퍼져 나간다.
- 작고 가벼운 기체 분자일수록 더 빠르게 확산한다.

2. 물질의 상태

- 물질은 기체, 액체, 고체의 상태를 나타낸다.
- 기체 상태에서는 분자들이 멀리 떨어져서 자유롭게 활발히 움직인다.
- 기체는 일정한 부피를 갖지 않으며 담은 그릇을 가득 채운다.

3. 기체의 압력과 부피

- 압력은 어떤 면의 단위 넓이에 작용하는 힘이다.
- 기체의 압력은 모든 방향으로 작용한다.
- 보일의 법칙 : 일정한 온도에서 일정량의 기체의 부피는 압력에 반비례한다.

4. 기체의 온도와 부피

- 온도가 증가하면 분자 운동이 활발하여 분자의 속도가 빨라진다.
- 기체 분자간의 간격은 온도가 올라가면 넓어지고, 내려가면 좁아진다.
- 샤를의 법칙 : 기체의 부피는 일정한 압력에서 온도가 1°C일 때 그 기체가 차지했던 부피의 1/273씩 증가한다.

III. 학습지도 절차 및 내용

가. 학습상황 및 문제의 제시

1. 선수학습 주지

- 1) 전시간에 학습한 내용 중에서 다음 사항을 다시 설명한다.
 - 원자의 성질, 배수비례의 법칙
 - 분자의 성질, 크기, 질량
- 2) 원자와 분자의 입자성 또는 물질성을 강조한다.
- 3) 원자와 분자의 구조 및 운동에 대한 특성을 묻고 이런 입자는 항상 운동하고 있음을 설명한다.

2. 학습상황 제시

- 원자나 분자(이하 입자로 통칭)가 운동하기 때문에 일어나는 현상, 즉 선수학습 내용으로는 쉽게 설명할 수 없는 현상을 보이며 질문을 통해 사고를 유도한다.

- 1) 잉크가 확산되는 현상을 보임
 - 물이 든 비이커에 잉크 한 방울을 떨어뜨린 다음 어느 정도 퍼질 때까지 기다린다.
 - 왜 잉크가 퍼지는 지에 관하여 묻는다.
- 2) 향수를 확산 실험
 - 향수를 약간 묻힌 종이를 보이며 멀리 떨어진 학생도 향수 냄새를 맡을 수 있는 이유를 묻는다.
- 3) 주사기의 실험
 - 주사기의 끝을 손가락으로 막고 피스톤을 누른다.
 - 주사기에 물을 넣고 다시 시도해 본다.
 - 주사기에 물이 들어있을 때 더 힘든 이유를 질문한다.
- 4) 이 세가지의 질문을 적은 패도를 칠판에 걸어둔다.

3. 문제 제시

- 위의 질문을 다시 구체적으로 설명하고 각자가 노트에 답을 적게 한다.

나. 관념의 확인 및 견해교환

1. 토의 조 구성

- 6명 1조로 조를 짜게 한다.
- 4절지의 백지와 매직펜을 제공한다.
- 토의 진행자, 기록자를 선정하게 한다.

2. 조별 토의

- 자신들의 생각을 발표하게 한다.
- 다른 학생들의 생각을 적거나 필요하면 그리게 한다.
 - 한 주제의 생각을 한 장에 적게 한다.
- 4절지 용지와 매직펜을 사용하여 위 질문에 대한 답을 적거나 표현하게 한다.

3. 조 대표의 발표

- 조의 대표가 나와서 발표하게 한다.
- 조별 합의 내용을 후판에 붙여 둔다.

4. 전체 토의

- 다른 조의 의견을 비판하거나 자기 조의 의견을 옹호 또는 설득하게 한다.
- 각자가 다음 시간까지 더 생각해 보게 한다.
- ※ 개인 또는 조별 발표에 대해 즉시 평가하지 말 것.

5. 차시예고

- 위 질문에 관한 내용을 공부할 것이라는 것을 예고한다.
- 첫째 수업의 종료

다. 개념의 재구성

학습 주제	교수 / 학습 활동
· 전시학습 정리	· 전시 학습에 제기된 문제를 간략히 설명하고 그 문제를 해결하기 위한 내용을 공부할 것이라는 것을 다시 소개한다.
1. 물질과 공간	가. 큰 물체간의 공간에 대한 토의
1) 공간의 의미	· 교사와 학생들 또는 학생과 학생은 사이에 존재하는 것이 무엇인지 묻고 그 것이 공간임을 설명한다.
· 무한하게 퍼져 있는 빈 곳	나. 작은 물체간의 공간에 대한 토의
2) 큰 물체간의 공간	· 탁구공과 정구공 4~5개를 문쳐들고 그 사이에 무엇이 있는지를 묻고 크기가 다른 공간이 있다는 것을 보인다.
· 물체와 물체사이에는 공간이 있다.	· 모든 물질사이에는 공간이 있다는 사실을 일반화하고 공간의 의미를 정의한다.
3) 물질입자간의 공간	다. 원자 또는 분자 사이의 공간에 대한 토의
· 입자간에는 반드시 공간이 있다.	· 「수소+산소→물」의 관계를 회상한다.
· 액체, 기체, 고체의 구성 입자간에 공간이 존재한다.	· 원자와 분자의 입자성 또는 물질성을 강조한다.
	· 원자와 분자간에 공간이 있을지를 묻는다.
	· 물 분자간에 공간이 있다는 것을 추론한다.
	· 분필과 나무는 물론 비커도 입자로 구성되어 있음을 예시한다.
	· 작은 입자간에 공간이 있다는 것을 보이기 위한 방법을 묻고 솜사탕을 예로 들어 설명한다.
2. 기체의 성질	가. 스프레이 살포
1) 확산의 의미와 특성	· 학생들이 앞 또는 옆에서 스프레이를 뿌린다.
· 입자들이 기체나 액체 속을 퍼져 나가는 현상	· 멀리 떨어진 학생도 냄새를 맡게되는 이유를 묻는다
· 분자 운동에 의해서 일어난다.	· 물질 입자의 자유운동을 설명한다.
· 확산에 영향을 미치는 요인	- 충돌
- 매질의 농도	- 염화수소 기체와 암모니아 기체 분자가 염화암모늄 고체로 뭉친다.
- 온도	· 확산의 개념을 정의한다.
- 입자의 무게	- 입자는 스스로 운동하여 그 밀도가 고르게 퍼진다.
	- 입자가 고유한 위치를 찾아가기 위해 움직이는 것이 아니다.
	- 기체는 고체 및 액체와 같은 덩어리를 이루지 않는다
	· 확산에 영향을 미치는 요인을 생각하게 하고 설명한다.
	- 매질의 농도 : 교실안의 책걸상 수
	- 온도 : 겨울과 여름에 부엌에서 요리되는 음식의 냄새
	- 무게와 크기 : 풍보와 훌쭉야의 움직임
2) 기체의 특성	나. 풍선의 모양 바꾸기
· 공기와 같이 일정한 모양이나 부피가 없는 물질	· 바람이 약간 들어 있는 풍선을 손으로 눌러 그 모양을 바꾸어 기체의 부피와 모양은 용기의 모양에 따라 변함을 보인다.
· 기체는 담는 그릇에 따라 부피와 모양이 달라진다.	· 기체가 용기에 따라 부피와 모양을 쉽게 바꾸는 이유를 묻고 분자의 활발한 운동으로 그 원인을 설명한다.
· 기체의 입자가 고체나 액체의 입자보다 더 활발하게 스스로 운동한다.	- 큰 풍선 안의 공기를 작은 병에 모두 집어 넣을 수 있는지를 묻고 설명한다.
	· 밀폐된 용기 안의 기체 입자의 무게와 수의 변화를 예측하게 하고 보존된다는 것을 설명한다.

학습 주제	교 구 / 학습 활동
3. 기체의 압력과 부피	가. 단위면적에 따른 압력의 크기 측정
1) 압력의 정의 ·단위넓이에 작용하는 힘 [작용하는 힘]	·볼펜이나 연필의 위와 아래 끝을 손등 위에 놓고 약간 눌러보고 어느 방법이 더 아픈지, 왜 그런지 묻는다.
·압력 = $\frac{\text{힘을 받는 면의 넓이}}$	·압력의 정의, 공식, 단위 등을 설명한다.
·압력의 단위 : N/m ² 또는 N/cm ²	·기체와 액체가 작용하는 압력의 의미를 묻고 비교·설명한다.
·기체와 액체의 압력: 기체와 액체 입자가 미치는 힘	·지면에 닿는 면적이 10cm ² 이고 그 무게가 90N인 물체의 압력은?
2) 기체 압력의 방향 ·기체의 압력은 기체 분자가 그릇의 벽에 충돌하는 힘에 의해서 생긴다. ·기체의 압력은 모든 방향으로 작용한다.	나. 기체의 압력이 작용하는 방향을 알아보기 ·풍선을 위에서 눌러보고 왜 더 팽팽해지는지 묻고 기체의 압력이 생기는 이유를 설명한다. ·기체의 압력이 작용하는 방향을 묻고 설명한다. -기체의 압력은 힘의 방향으로만 작용하지 않는다. ·분필을 위에서 누르면서 그 압력이 미치는 방향을 묻고 설명한다. ·액체의 압력이 작용하는 방향을 묻고 설명한다.
cf)고체가 미치는 압력은 항상 아래 방향으로 작용한다.	
3) 압력과 부피 (1) 일정량의 기체가 압력이 증가하면 그 부피가 줄어든다. ·부피가 줄더라도 기체 입자의 크기와 수에는 변함이 없기 때문에 무게도 변함이 없다. · 부피가 줄면 입자간의 간격이 작아져 충돌회수가 늘어나 압력이 커진다.	다. 기체의 압력과 부피의 관계를 알아 보기 ·기체분자 운동 모형의 궤도를 보여 주며 압력과 부피의 관계를 묻고 설명한다. ·기체의 압력과 입자의 크기 및 수의 관계를 묻고 설명한다. -입자가 뭉치거나 작아지지 않는다. ·입자들 간의 간격과 충돌의 회수에 관한 묻고 압력이 늘어나는 이유를 설명한다. -입자가 산산조각으로 깨어지거나 찢어지지 않는다.
(2) 보일의 법칙 ·같은 온도에서 일정량의 기체의 부피는 압력에 반비례한다. ·압력×부피의 값은 항상 일정하다.	라. 보일의 법칙 설명 ·보일의 법칙을 나타낸 그래프를 보여주며 기체의 압력과 부피의 관계를 일반화하게 하고 설명한다. ·4기압에서 100cm ³ 인 기체를 2기압의 압력으로 낮출 때 그 기체의 부피는?
4) 차시예고	·오늘 공부한 내용을 입자의 성질, 기체의 특성, 압력과 부피의 관계를 중심으로 요약·정리하고, 다음 시간에는 기체의 또다른 특성인 온도와 부피의 관계를 공부한 다음 첫 시간에 제기된 문제를 다시 논의할 예정임을 알린다. ·둘째 수업의 종료

4. 기체의 온도와 부피

·전시학습 정리

·전시학습 내용을 간략히 설명하고 오늘의 학습 내용을 소개한다.

1) 온도와 부피

·기체는 온도가 오르면 기체 분자의 운동이 활발해져서 분자간의 간격이 넓어지기 때문에 그 부피가 더 늘어난다.

·온도가 내려가면 기체 분자간의 거리가 좁아진다.

·온도가 올라가면 기체 분자의 운동이 더욱 활발해진다.

2) 샤를의 법칙

·기체의 부피는 일정한 압력에서 온도 1°C 오를 때마다, 0°C때 그 기체가 차지했던 부피의 1/273씩 증가한다.

가. 온도에 따른 부피변화의 관찰

·전도된 삼각 플라스크의 주둥이에 고무 풍선을 끼우고 전열기로 가열하면서 고무 풍선의 부피 변화를 예측하게 한다.

·부피가 늘어난 원인을 제시하게 하고 설명한다.

·부피가 늘더라도 입자의 수, 크기, 무게에는 변함이 없다는 것을 강조한다.
- 입자의 수와 크기에 변함이 없기 때문에 일정하다.

나. 샤를의 법칙 설명

·패도를 보이며 온도와 부피의 관계를 일반화하게 하고 설명한다.

·샤를의 법칙 응용 : 0°C대 546cm³의 기체가 40°C이면 그 부피는?

라. 문제해결 및 응용

1. 문제해결

1) 액체의 확산의 재인식

- 조별로 발표된 내용을 다시 토의하고 설명하게 한다.
- 액체가 확산하는 원인을 잉크 분자의 운동에 의해서 설명한다.
- 입자는 스스로 움직여 끌고루 퍼진다.

2) 기체 확산 현상의 재토의 및 설명

- 향수의 확산에 관하여 조별로 발표한 내용을 다시 지지하고 옹호하며 비판하게 한다.
- 기체의 확산이 일어나는 원인을 제시하게 하고 설명한다.
- 입자가 스스로 운동하여 기체 속으로 퍼져 나가는 현상
- 액체와 기체의 확산 속도를 비교하게 하고 그 밖의 요인을 제시하게 한다.
-액체보다 기체의 확산 속도가 더 빠르다.

3) 기체의 압력에 대한 재토의

- 조별로 발표된 주제를 다시 토의하고 설명하게 한다.
- 주사기의 기체와 액체가 피스톤에 작용하는 압력의 원인을 제시한다.
- 기체는 액체나 고체보다 입자간의 간격이 크다.
- 그 밖의 온도와 부피, 그리고 압력의 관계를 설명한다.
- 온도가 올라가면 분자들의 운동이 활발해져 압력이 커지고 부피가 늘어난다.

2. 응용

1) 공간 개념의 적용

- 물 속에 공간이 있는가?
- 납 덩어리 속에 공간이 있는가?

2) 확산과 분자 운동의 개념 적용

- 얼음에 잉크 한 방울을 떨어뜨렸을 때 잉크 입자가 얼음 속으로 스며들 수 있는가? 그 이유는?

3) 공기와 진공에 대한 토의

- 공기가 무엇인지를 묻고 설명한다.
 - 지구를 둘러싸고 있는 맛이나 빛이 없는 기체
- 공기의 구성입자를 묻고 설명한다.
 - 공기는 여러 가지 물질, 즉 작은 입자로 구성된다.
- 진공이 무엇인지를 묻고 설명한다.
- 공기와 진공의 특성상의 차이를 묻고 설명한다.
 - 대기권 밖과 진공의 관계에 대해 묻고 설명한다.

4) 압력 개념의 적용

- 구멍을 뚫기 위해 송곳의 끝을 가늘게 하는 이유를 묻는다.
- 공기가 들어있는 주사기의 피스톤을 누를 때 압력이 작용하는 방향은?
- 진공에서도 압력이 작용할 수 있겠는가를 묻는다.

5) 압력과 부피의 관계 적용

- 밀폐된 용기 안의 수소 기체에 압력을 가하면 그 부피가 줄어든다. 그 이유는?
- 위의 문제에 수소 분자의 수, 크기, 질량은?

6) 입자의 불변성 인식

- 같은 압력을 유지하면서 산소가 든 용기를 가열할 때 그 용기의 부피가 늘어나는데 그 이유는?
- 물의 수증기 또는 얼음이 될 때 물 입자의 크기와 수는?

바. 평가

- 첫 시간에 주어진 세 가지 문제에 대한 학생들의 생각이 새로운 의미로 바뀌어졌는 지를 확인한다.
 - 잉크 분자가 확산되는 원인에 대한 견해가 어떻게 변화되었는지에 관해 조별로 발표하게 한다.
 - 멀리서도 향수 냄새를 맡을 수 있는 이유를 조장으로 하여금 다시 설명하게 한다.
 - 학생들로 하여금 주사기의 실험 결과를 다시 해석하게 한다.
- 새로운 의미로 구성된 생각을 새로운 상황에 적용할 수 있는 정도를 평가한다.
 - 쓰레기 통에서 겨울보다 여름에 냄새가 더 나는 이유를 묻는다.
 - 작은 용기에 들어 있는 공기를 그보다 세 배나 큰 용기에 넣었을 때 분포되는 공기의 상태에 관하여 예측하게 한다.