

중학교 과학과 토의 학습을 위한 자료개발과 적용 효과 - 힘과 운동 개념을 중심으로 -

최경희 · 조희형* · 김대식** · 김성원
(이화여자대학교) · *(강원대학교) · **(충북대학교)

The Effects and the Development of Learning Materials for the Discussion in Science Classes of the Secondary School - Focussing on the Concepts of Force and Motion -

Kyung-hee Choi · Hee-Hyung Cho* · Dai-Shik Kim** · Sung-Won Kim
(Ewha Womans University) · *(Kangwon National University) ·
**(Chungbuk National University)

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop learning materials for the discussion and examine the effects of the discussion learning over the students' conceptual change on force and motion. The subjects consisted of 360 middle school students, comprising of 5 discussion groups of 185 students and 5 traditional learning groups of 175 students.

The results indicated that students in the discussion groups showed higher achievement than those in the traditional learning groups. Therefore this study supported the importance of discussion in conceptual change. However further research should be conducted to examine other educational effects of discussion.

Key words : discussion, learning material, conceptual change, force, motion

I. 서 론

토의는 어떤 사물에 대하여 각자의 의견을 내걸어 검토하고 협의하는 일로서(이희승, 1994) 일단의 사람이 지정된 시간에 지정된 장소에 모여 언어적·비언어적, 또는 청취적 재과정을 통해, 상호작용적으로 의사소통을 하면서 여러 교수 목표를 달성하고자 할 때 발생한다(변홍규, 1997). 이에 비추어, 토의법은 집

단의 성원 상호간의 토의에 의한 지식과 경험의 교류를 통하여 교육의 목표를 달성하려는 교육적 지도법의 하나로 특징지을 수 있다(이희승, 1994). 더 구체적으로 말하면, 토의법은 학생들이 각자의 생각이나 경험을 발표하거나, 남의 생각이나 경험을 받아들임으로써, 다면적으로 사물을 보고 심층적으로 본질을 추구하는 역동적인 수업상황 또는 수업 방법으로서 강의법과 대비된다(서울대학교 교육연구소, 1994).

• 2000년 2월 16일 받음.
• 이 연구는 1997년 교육부 학술연구조성비에 의하여 수행되었음.

일반적으로, 토의법은 통상적인 경험에서 시작되고, 참여자 누구나 상대적인 장점을 판단하지 않고 생각을 제시할 수 있으며, 생각의 평가·기각·선택이 관련되어 있고, 참여자에 의해 생각이 바뀌어지는 특징을 지닌다(Bentley & Watts, 1989). 이런 특성 때문에, 토의법은 문제해결 능력처럼 인지적 목표를 달성하고(Kulik & Kulik, 1979), 사고를 자극하고 태도와 신념을 신장시키는 데는 강의법보다 더 효과적이며(Kauchak & Eggen, 1989), 특히 사회적 학습에 중요한 학습 지도법이다(Solomon, 1989).

토의는 학생들이 생각할 수 있는 여유와 시간을 주는 유용한 학습지도 방법으로서 학생들의 탐구력을 길러주는데 좋은 학습법이다. 토의수업에서는 교사가 학생들에게 질문을 던져주면, 학생들은 그 질문을 생각해보고 답하며, 그 과정을 통해서 획득한 지식을 평가하고 분석하며 종합하는 능력을 키우게 된다. 토의는 또한 사고와 의사소통 기술을 바탕으로 하기 때문에, 과학은 그런 토의 과정을 통하여 보다 더 자세하고 깊게 이해할 수 있으며 지적 기능을 기르는 데 필수적인 수단이기도 하다. 오늘날 과학교육은 산물로서의 과학 못지 않게 과정으로서의 과학 또는 탐구로서의 과학을 중시하고 학습자의 인지구조를 변화시키는 데에 궁극적인 목적을 두고 있다. 과정으로서의 과학 학습지도는 학생들의 능동적인 사고활동을 요구한다(조희형과 박승재, 1995). 탐구 활동 역시 밖으로 나타나는 형식에 있는 것이 아니라 학습자의 머리 속에서 어떤 의미 있는 인지적 활동이 이루어지느냐에 달려있다(김창식 등, 1991).

토의학습법은 교사가 피드백을 얻는 데에도 효과적인 학습지도 전략이다. 교사는 학생들이 토의하는 과정을 지켜봄으로써 그들이 무엇을, 어떻게, 어느 정도 알고 있는지 명확하게 파악할 수 있다. 또한 학생들이 자유롭게 의견을 나누는 토의과정을 관찰함으로써 보다 효율적인 토의수업의 개선에 필요한 자료도 얻을 수 있다. 교사는 학생들이 학습주제를 인지하고 있는 정도를 파악하게 되면 토의토론 속도를 조절할 수도 있다. 토의를 통해 추구하는 궁극적인 목적 가운데 하나는 학생들이 수업에 능동적으로 참여하게 하는 데 있다. 토의토론을 통하여 교사와 학생간의

그리고 학생과 학생간의 상호작용이 증가하고 과학과에 대한 태도도 기르며, 학습에 대한 내재적 보상도 받음에 따라함에 따라 수업에 참여하려는 의욕은 더욱 증가하게 될 것이다. 이처럼 토의학습은 과학적 탐구과정을 이해하게 하고, 문제해결력을 향상시킬 수 있으며, 학생들의 학습의욕을 자극하는 수단으로서, 또한 교사가 피드백을 얻을 수 있는 학습방법으로서 과학 학습지도에서 매우 효과적인 전략이라 할 수 있다. 그러나 우리나라의 과학교육 현장에서는 거의 활성화되지 못하고 있는 실정이다. 이는 토의학습에 대한 본질이 잘 이해되지 않고 있을 뿐 아니라 학습지도 방법 혹은 학습 모형과 자료에 대한 연구가 미흡했기 때문이라고 생각된다(조희형과 박승재, 1995).

이 연구에서는 중학교 과학과에서 활용할 수 있는 토의수업을 위한 적절한 학습자료를 개발하고 개발된 학습자료를 이용하였을 때의 수업효과를 검증하여 현장교사들이 활용할 수 있도록 함으로써 토의토론 수업을 활성화하는 데 그 목적이 있다. 이러한 연구목적에 따라 Driver와 Oldham(1987)의 과학개념 수업모형을 기반으로 토의학습 진행을 위한 자료를 개발하였다. Driver와 Oldham의 과학개념 수업모형은 대부분의 물리·화학적 지식처럼 학생들이 추상적이고 가설적인 개념이나 이론에 대한 대체적 개념들을 가지고 있을 때 효과적으로 적용될 수 있는 수업모형이다. 토의학습을 하였을 때의 학생들의 개념이해에 대한 효과를 검증하기 위하여 실험반과 통제반으로 구분하였으며, 실험반에는 Driver와 Oldham의 수업모형을 엄두에 두고 개발한 자료를 적용하였으며 통제반은 교과서와 교사 강의 중심의 전통적인 수업으로 진행하였다. 연구단원으로는 중학교 1학년 '과학'의 단원 'IV. 힘과 운동' 중에서 중단원 '힘과 운동'에 관한 내용을 선정하였다.

II. 연구방법 및 내용

1. 연구 대상 및 연구 설계

이 연구에서는 서울 양천구에 위치한 신월중학교(S

middle school) 1학년 6학급 남·여학생 185명과 충북 청주시에 위치한 청주중학교(C middle school) 1학년 4학급 남학생 175명을 대상으로 하였다(Table 1). 위의 두 학교를 선택한 이유는 지역적으로 연구자들의 참여가 용이했기 때문이며, 수업을 실시하는 교사와의 상호작용을 강화하기 위해서였다.

이 연구는 사전-사후 검사 통제집단 설계(pre-test and post-test control group design)에 기초하여 설계되었으며, 토의학습을 실시하는 학급을 실험반, 교과서와 강의 중심의 전통적인 학습으로 진행되는 학급을 통제반으로 규정하였다. 학생들의 과학개념 변화와 이해에 관련된 토의학습의 효과를 알아보기 위하여 실험반과 통제반에 대하여 각각 사전검사 및 사후검사를 실시하였다.

2 연구 단위 및 절차

중학교 1학년 '과학'의 마지막 단원인 '힘과 운동' 중에서 '힘을 받는 물체의 운동'과 '힘을 받지 않는 물체의 운동'을 연구단위로 선정하였다. 이는 교과과정상 가장 끝부분에 있는 단원으로서, 학사일정 등으로 인하여 학습이 미비해지기 쉬운 단원인 동시에 역학개념의 기초가 되는 중요한 내용이므로 연구단위로 선정하였다.

수업을 실시하기 전에 힘과 운동에 관한 검사지를 이용하여 연구 대상 학급에 대하여 학생들의 힘과 운동에 관한 개념조사를 실시하였다. 검사시간은 연구 대상 학급이 아닌 다른 학급학생을 대상으로 실시한 결과에 따라, 문제를 풀기에 적절하다고 생각한 30분

으로 하였다. 청주중학교에서는 과학시간을 이용하여 검사를 실시하였고, 신월중학교에서는 H·R시간을 이용하여 실시하였다. 이후 실험반과 통제반으로 나누어 각각 학생들이 쉽게 경험하거나 이해할 수 있는 문제 상황을 중심으로 힘을 받는 물체의 운동에 대하여 2차시, 힘을 받지 않는 물체의 운동에 대해 1차시의 총 3차시 학습을 하고 난 후 사전 검사지와 같은 검사지로 학생들의 학습 후 힘과 운동에 관한 개념변화에 대해 조사하였다. 수업 후 두 학교 모두 과학수업 시간을 이용하여 사전검사와 같은 문항지를 가지고 사후검사를 실시하였다. 이러한 연구절차를 Fig 1

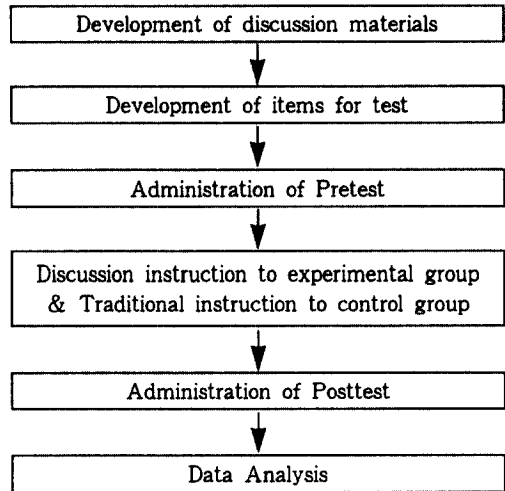


Fig. 1. Research Procedure

Table 1. Numbers and schools of subjects

| | Control | Experimental |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| C middle school (boys) | two classes(92) | two classes(83) |
| S middle school (girls & boys) | three classes (boys 58, girls 35) | three classes (boys 57, girls 35) |
| Total | 185 | 175 |

에 간단히 나타내었다.

3. 토의 학습자료 개발 및 내용

연구자 4명과 수업을 실시할 과학교사 2명이 함께 토의 학습자료를 개발하였으며, 개발된 자료에 대해서는 교과 내용 전문가와 함께 내용 타당도를 검증하였다. 연구 수업실시 중에도 계속하여 연구자들은 수업실시 교사와 의사소통을 하면서 연구를 진행하였다.

개발된 토의 학습지의 내용은 교과내용과 연관되며 학교 실험실이나 주변에서 쉽게 만질 수 있거나 경험할 수 있는 소재를 이용하였으며, 각 차시마다 도입 단계와 정리단계에서 토의 학습지를 나누어주고 조별 토의를 통하여 학습지의 문제를 해결하도록 하였다. 〈부록〉에 1차시 도입 및 정리 토의 학습지를 제시하였다.

‘힘과 속력의 변화’에 관한 1차시의 수업 도입단계에서는 ‘물체가 운동하는 동안 물체에 힘이 작용하면 물체의 운동은 어떻게 될까?’라는 질문에서 시작하여, 위에서 아래로 떨어지는 공의 운동은 어떻게 될 것인가를 예측하고 직접 실험을 통하여 알아보도록 하였다. 정리단계에서 학생들에게 나누어주는 토의 학습지는 물체의 속력에 영향을 주는 것에 대한 내용이다. 빈수레와 나무토막을 얹은 수레를 밀었을 때 나타나는 속력의 변화를 예측해보고 친구들과 협동하여 실험하도록 하였다. 또한 물체가 운동할 때 그 물체의 질량과 운동 상태의 변화와의 관계를 예측하고 토의하여 정리하도록 하였다.

2차시 학습은 운동 방향과 나란하지 않은 방향으로 힘을 받을 때 물체의 운동방향과 속력은 변한다는 내용이다. 먼저 우리 주변에서 운동하는 물체가 운동방향과는 다른 방향으로 힘을 받는 경우를 생각해 보도록 하였으며, 학습지에서 책상 끝에 공을 두고 손끝으로 밀 때 공에 작용하는 힘이 무엇이며 이 힘의 방향이 어느 방향인지 공이 날아가는 방향과 어떻게 다른지 예측하고 실험해 보도록 하였다. 그리고 실험결과와 그 이유에 대해 토의해 보도록 하였다. 정리단계의 학습지에서는 공의 한 끝은 실로 묶고 다른 끝

은 용수철 저울로 묶은 후 공을 돌렸을 때의 용수철 저울의 눈금을 예측하도록 하였다. 마찬가지로 예측 후 실험을 통하여 운동방향이 변하는 물체의 운동을 관찰하고 그 때 작용한 힘의 방향에 대하여 토의하도록 하였다.

3차시 학습은 힘의 작용이 없을 때의 운동에 관한 내용이다. 도입단계의 학습지에서 나무도막을 얹은 역학용 수레를 갑자기 밀었을 때와, 갑자기 정지시켰을 때 일어날 수 있는 현상에 대하여 예상하고 실험을 하게 하였다. 또한 나무도막이 움직인 이유에 대하여 토의하게 하였다. 정리단계에서 나누어주는 학습지에서는 관성에 대하여 설명하고 갑자기 출발하거나 정지할 때 버스에 타고 있는 사람들에게 일어나는 상황을 토의하게 하였으며, 또한 자전거를 하고 있던 지구가 갑자기 멈출 때 일어나는 현상을 생각해 보게 하였다.

4. 검사문항 및 내용

이 연구에서 사용한 사전·사후 검사지는 총 8문항의 선다형으로 구성되어 있으며, 학생들은 응답과 응답에 대한 간단한 이유를 함께 적도록 하였다.

검사지의 1번 문항은 관성의 법칙에 관한 것으로 학생들이 일상생활에서 경험할 수 있는 급출발 상황에 관한 것이다. 2번 문항 역시 관성의 법칙에 관한 것이나 1번 문항과 동일한 상황은 아니다.

3번에서 8번까지의 문항은 Force Concept Inventory(FCI)에 수록된 문항을 수정하거나 응용한 것이다. Force Concept Inventory는 고등학생과 대학생 대상으로 학생들의 개념에 대한 이해를 조사하기 위해 개발된 것으로서(Hestenes, etc., 1992) 그 타당도와 신뢰도가 인정되었으며, 이를 학생들의 수준에 맞게 수정한 검사지는 이미 우리나라의 초등학교 및 중학교 학생들의 힘과 운동에 관한 개념변화 조사에 활용되었다(김대식과 이강영, 1995, 진희경과 최경희, 1997). 특히 이 연구에서는 선정한 FCI의 문제들을 학생들의 수준에 맞도록 다시 변형하였으며, 사전검사를 실시하기 전에 연구 대상이 아닌 1학년 학생들에게 실시하여 문항의 이해도를 확인하였다.

3번과 4번 문항은 마찰이 없는 면 위에서 등속 운동하던 공에 충격력이 작용했을 때 공의 움직임의 변화에 관한 것이다. 3번 문항은 공의 경로, 4번 문항은 공의 빠르기에 관한 문항이다. 5번과 6번 문항은 우주 공간에서 등속 운동하던 로켓에 추진력이 작용하는 동안 로켓의 움직임의 변화에 관한 것으로서, 5번 문항은 공의 경로, 6번 문항은 공의 빠르기에 관한 문항이다. 3번과 4번 문항에서 물체에 작용하는 힘은 순간적으로 작용하는 반면 5번과 6번 문항에서 물체에 작용하는 힘은 지속적으로 작용한다는 점에서 다르다. 7번 문항은 포물선 궤도에서의 속도 벡터 합에 관한 것이며, 8번 문항은 Force Concept Inventory에서 비행기에서 볼링 공을 떨어뜨리는 상황으로 제시되어 있으나 신월중학교에서 사용하는 교과서에 삽입된 그림과 매우 유사한 관계로 비행기 대신 버스에서 공을 떨어뜨리는 것으로 수정하여 사용하였다.

교과서의 내용과 교사의 강의 중심으로 수업이 이루어진 통제반 학생들에 비하여, 개발한 학습지를 사용하여 토의 중심으로 수업이 이루어진 실험반 학생들의 힘과 운동에 대한 개념 이해에 차이가 있었는지에 대하여 알아보기 위하여 사전검사 및 사후검사를 실시하였다. 연구 결과는 아래와 같다.

1. 사전검사 결과

실험반과 통제반의 사전검사의 평균, 표준편차, 변량분석(ANOVA) 결과를 Table 2에 나타내었다. 각 문항당 정답 1점, 오답은 0점 처리하였다. 총 문항수가 8문항이었으므로 8점 만점이었다. 분석 결과, 문항 5와 문항 7에서 실험반과 통제반의 평균값이 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 총합에 대한 평균에서는 실험반이 통제반보다 292 높아 유의수준 .05에서 유의한 차이를 보였다.

III. 연구결과 및 논의

Table 2. The results of pre-test and post-test about the concepts of force and motion

| Question | Group | Pre-test(S school+C school) | | | Pre-test(S school+C school) | | |
|----------|--------------|-----------------------------|-------|---------|-----------------------------|-------|---------|
| | | M | SD | F | M | SD | F |
| 1 | Experimental | .881 | .325 | 1.783 | .908 | .290 | .467 |
| | Control | .832 | .374 | | .886 | .318 | |
| 2 | Experimental | .681 | .467 | .012 | .746 | .437 | 1.335 |
| | Control | .686 | .465 | | .692 | .463 | |
| 3 | Experimental | .286 | .453 | .013 | .335 | .473 | .196 |
| | Control | .292 | .456 | | .314 | .465 | |
| 4 | Experimental | .259 | .440 | .526 | .259 | .440 | .952 |
| | Control | .227 | .420 | | .216 | .413 | |
| 5 | Experimental | .389 | .489 | 7.204** | .378 | .486 | 3.115 |
| | Control | .259 | .440 | | .292 | .456 | |
| 6 | Experimental | .168 | .374 | .167 | .211 | .409 | 2.207 |
| | Control | .184 | .388 | | .151 | .359 | |
| 7 | Experimental | .362 | .482 | 4.587* | .335 | .473 | .012 |
| | Control | .259 | .440 | | .330 | .471 | |
| 8 | Experimental | .222 | .416 | .016 | .346 | .477 | 9.331** |
| | Control | .216 | .413 | | .205 | .405 | |
| Total | Experimental | 3.249 | 1.415 | 4.406* | 3.519 | 1.547 | 8.758** |
| | Control | 2.957 | 1.255 | | 3.086 | 1.248 | |

*p<.05 **p<.01 ***p<.001

Table 3. ANCOVA results of post-test

| | SS | df | MS | F |
|---------------------------------|---------|-----|---------|-----------|
| Covariate (pretest score) | 234.828 | 1 | 234.828 | 171.341 |
| Main effect (posttest score) | 6.285 | 1 | 6.285 | 4.586 |
| Explained | 241.113 | 2 | 120.556 | 87.963*** |
| Residual | 502.984 | 367 | 1.371 | |
| 계 | 744.097 | 369 | 2.017 | |

2. 사후검사 결과

실험반과 통제반 사후검사의 평균, 표준편차, 변량 분석(ANOVA) 결과는 Table 2에 나타난 바와 같다. 사후검사 결과, 실험반의 사후 평균 점수는 사전 평균 점수보다 .270점, 통제반 사후 평균 점수는 사전 평균 점수보다 .129 향상되었다. 이러한 점수가 통계적으로 유의미한지를 알아보기 위하여 사전검사를 공변량으로 한 공변량 분석 결과, .001 수준에서 유의미한 차이를 보였다(Table 3). 즉 토의 학습이 강의중심 수업보다 힘과 운동에 대한 개념이해에 효과적임을 알 수 있었다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 토의 학습이 학생들의 과학 개념이해에 효과적인가를 알아보았다. 이를 위하여 서울과 청주에서 각각 1개 학교, 1학년 학생들을 대상으로 실험반과 통제반을 임의로 선정하였다. 실험반에서는 본 연구에서 개발한 토의 학습자료를 이용하여 토의 수업을 진행하였으며 통제반은 교과서 내용에 따라 강의중심으로 수업을 진행하였다.

중학교 1학년 과학 단원 'IV. 힘과 운동' 중에서 중단원 '힘과 운동'을 연구단원으로 선정하였으며, 수업전과 수업후에 힘과 운동에 관련된 개념 8문항으로 이루어진 사전검사와 사후검사를 실시하였다.

검사결과 토의 학습을 실험반 학생들의 사후 검사 평균 점수가 통제반의 학생들의 사후 검사 평균 점수보다 높았다. 따라서 토의학습이 과학 개념이해에 전

통적 학습보다 효과가 있음을 알 수 있었다.

그러나 본 연구는 2개 중학교에서 힘과 운동의 내용에 한정되었으므로 다른 지역과 내용영역에 따른 토의학습의 알아보려는 후속연구가 필요하다. 또한 교사들의 수업계획과 진행에 도움이 되며 학생들이 체계적인 토의 학습을 할 수 있는 다양한 학습자료 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

- 김대식, 이강영(1995). 역학개념의 문제상황에 따른 학생들의 이해 - 국민학생과 중학생을 중심으로. 물리교육, 12(2), 73-86.
- 김창식, 이화국, 권재술, 김영수, 김찬중(1991). 과학학습 평가. 서울: 교육과학사.
- 변홍규(1997). 능률적 토의수업의 기법-교사의 토의 능력 훈련프로그램-. 교육과학사.
- 서울대학교 교육연구소(1994). 교육학용어사전, 전정판. 하우.
- 이희승(1994). 국어대사전. 민중서림.
- 진희경, 최경희(1997). 중학생의 장독립/장의존 인지 양식과 역학문제 해결 능력과의관계. 물리교육, 15(2), 100-109.
- 조희형, 박승재(1995). 과학학습지도, 서울: 교육과학사.
- Bentley, D., & Watts, M. (Eds.) (1989). *Learning and teaching in school science: Practiccal alternatives*. Milton Heynes: Open University Press.

- Driver, R., & V. A. Oldham (1987). Constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-22.
- Kauchak, D. P., & Eggen, P. D. (1989). *Learning and teaching: research-based methods*. Boston: Allyn and Bacon.
- Kulik, J. A. & Kulik, C-L. C. (1979). College teaching. In P. L. Peterson & H. J. Walberg(eds.) *Reserch on teaching: Concepts, findings, and implications*. Berkeley, CA: McCutcheon.
- Solomon, J. (1989). *The social construction of school science*. In R. Millar (ed.) *Doing science: Images of science in science education*. London: The Falmer Press.

〈부록〉 실험반에 사용된 토의 학습지

1) 1차시 도입 토의 학습지

힘을 받는 물체의 운동 상태는?

공을 가지고 간단한 놀이를 해봅시다. 실험대 정도의 높이에서 떨어뜨린 공의 속력, 의자 위로 올라가서 팔을 뻗은 높이에서 떨어뜨린 공의 속력을 예측하고 지면 가까이에서 관찰하여 예측과 일치하는지 알아봅시다.

1. 준비 : 공

2. 방법 :

- ① 실험대 정도의 높이에서 한 학생이 공을 떨어뜨린다 - A
- ② 한 학생이 의자위로 올라가서 팔을 뻗은 높이에서 공을 떨어뜨린다 - B

3. 예측하기 :

방법①과 ②에서 떨어뜨린 공의 속력은 어떤 차이가 있을까요? 자세하게 비교해 봅시다.

4. 실험 및 토의 내용

위의 예상이 실제 실험결과와 일치하는지 직접 해봅시다.

결과를 적어보고 그 이유를 토의하여 적어봅시다.

2) 1차시 정리 토의 학습지

물체의 속력을 변하게 하려면 어떻게 하면 좋을까?

(A) 빈 수레와 (B) 나무도막을 얹은 수레를 움직이게 하였을 때 어느 것이 속력의 변화가 더 클 것인가를 예측해 보고 다음 문제를 생각해봅시다.

1. 준비 : 역학용 수레, 나무도막

2. 방법 :

- ① 빈 수레를 밀어보자.
- ② ①과 같은 힘으로 나무도막을 얹은 수레를 같은 힘으로 밀어본다.

3. 예측하기 :

방법①과 ②에서 빈 수레 중 어느 것이 속력의 변화가 클까?

4. 실험 및 토의 내용

위의 예상이 실제 실험결과와 일치하는지 직접 해봅시다.

결과를 적어보고 그 이유를 토의하여 적어봅시다.

5. 코끼리를 롤러스케이트에 태우고 밀 때와 고양이(코끼리 무게의 1/100)를 롤러스케이트에 태우고 밀 때 어느 경우에 속력의 변화가 크겠는가?

6. 코끼리를 롤러스케이트에 태우고 민다고 가정해보자. 혼자 밀 때와 열명이 밀 때 어느 경우에 속력의 변화가 더 크겠는가?