

## 등속상대운동에서 기준계의 설정 경향과 오인

현 동 결\*

### Tendencies and misconceptions of setting up reference frame in the relative motion with constant velocity

Dong Geul Hyun

*Department of Science Education, Cheju University of Education,  
Cheju, 690-060, Korea*

This study aims to find the students' tendencies and misconceptions of setting up the reference frame for the relative motion with constant velocity. For this study, the sixty-three students in the third grade of Cheju University of Education participated in the two questionnaires, the first of which was focused on finding of the students' tendencies and misconceptions of setting up the reference frame customarily for the relative motion with constant velocity and the second was held for observing their changes by 40 days' self-teaching after the first. Students generally tend to set up the rest coordinate system rather than the moving coordinate system as their reference frame. However they choose the moving coordinate system as their reference frame in the situation requiring to be observed at the moving coordinate system. Also they possess some misconceptions related to the relative motion with constant velocity such as the inertia, the inertial system, and inertial force and related to the force and motion such as impetus the-

---

\* 제주교육대학교 과학교육과 조교수

ory of ancient and medieval science. Comparing the results of the first and second questionnaires, the considerable percentage of them set up their reference frame correctly for the relative motion with constant velocity only by their knowing their misconceptions and self-teaching.

## I. 서 론

과학적 탐구과정은 자연현상의 관찰하고 측정하는 데에서 시작된다. 자연현상을 설명하고자 할 때 관찰하고 측정하는 기준계가 잘못 설정되거나 모호하다면, 특히 물리학에서 자연의 물리현상을 물리의 제법칙 등을 사용하여 구조적으로 표현하고자 할 때에 물리법칙이 적용되는 기준계가 모호하거나 통일이 안될 경우, 얻어지는 모든 결과에 심각한 영향을 준다. 따라서 관찰과 측정이 기준의 근본이 되는 기준계의 정확한 설정에 관한 지식의 필요성과 습득은 물리의 제법칙 등의 개념 습득과 함께 선행되어야 할 것이다.

학생들은 어떤 개념에 대한 형식교육 이전에, 이미 그들이 일상생활에서 경험하는 자연세계의 현상들에 대해 자기 자신이 형성한 개념들을 구성하여 나름대로의 의미를 부여한다. 그들의 개념은 그들을 둘러싸고 있는 외부환경과의 상호작용에 의하여 형성되며, 그들의 관점에서 볼 때는 그들이 지니고 있는 개념은 현명하고 타당한 것으로 여겨진다. 학생들은 이러한 개념을 사용하여 자연세계를 이해하고 설명한다. 그러나 학생들의 지닌 개념이 과학자의 개념과 같지 않을 때 오개념이라 한다.

학생들이 자연세계의 물리현상에 대한 과학자적인 개념이 형성되어 있더라도 자연세계의 현상을 관측과 측정하거나 물리법칙이 적용되는 기준계의 설정에 있어서 오류를 범함으로써 얻어진 결과가 과학자의 개념과 다른 개념의 적용으로 인한 결과와 같이 나타나는 경우가 있다. 이러한 기준계의 설정에 대한 관행도 형식교육 이전에 형성되어 물리의 재개념 등과 함께 자연세계의 물리현상에 나름대로의 의미를 부여한다. 기준계의 설정에 대한 관행도 과학자적이지 못할 때 오개념의 한 부류에 속한다.

최근 과학교육연구분야에서 과학개념의 오개념에 대한 연구가 매우 활발하게 이루어지고 있다. 그 이유로서는 오개념에 대한 연구가 교육현장에 주는 큰 기여도, 내용 의존적(content specific) 이어서 구체적인 내용의 지도방법을 제시, 학습자가 가지고 있는 또는 예상되는 개념의 유형을 제공, 인간사교의 본질 파악의 기회를 부여, 그리고 타연구에 비하여 연구방법이 단순하다는 등이다.<sup>1)</sup> 오개념에 대한 많은 연구에서 이미 형성된 오개념을 과학자의 개념으로 쉽게 바뀌지 않는다는 사실이 밝혀지면서 과학교육자에

게 큰 관심의 대상이 되었다<sup>2)3)4)5)</sup>.

학생들의 이미 형성된 개념이 오개념이라면 이를 바로 잡는 데, Nachtigall은 다음과 같은 방법 및 절차를 제시하였다<sup>6)</sup>. 1) 학생들이 이미 형성된 개념을 분명하게 알게 한다. 2) 학생들에게 이미 형성된 개념을 시험해 보게 한다. 3) 학생들이 이미 형성된 개념으로 설명할 수 없는 상황에 놓이도록 새로운 문제를 제시해 준다. 4) 학생들이 이미 형성된 개념의 모순점을 깨닫게 한다. 5) 학생들에게 새로운 개념을 가르쳐 주고 이 새로운 개념에 적응하도록 도와준다. 6) 새로운 개념이 형성되었던 개념보다 훨씬 좋고 또 많은 현상을 설명할 수 있음을 알게 한다. 7) 학생들의 지적 능력이 성장하고 있음을 학생들 스스로 느끼게 해 준다. 이렇게 함으로써 학생들 스스로 자신감과 능력을 키우도록 도와준다.

본 연구는 1994년 2학기에 제주교육대학교 3학년 학생 63명을 대상으로 두 차례의 지필검사를 통하여 등속도 운동을 하는 계에서의 물체의 운동을 설명하게 하여 이를 분석함으로써 학생들의 기준계의 설정의 관행 및 유형, 그리고 오인들을 밝히고, 또한 기준계의 설정에 대한 개념의 변화를 알아보려 한다. 제1차 지필검사에서는 학생들의 관행되는 기준계의 설정의 유형을 밝히는 한편, 학생들에게 자신이 관행되는 기준계의 설정에서의 모순점을 깨닫게 하는 데 그 목적을 둔다. 제2차 지필검사는, 제1차 지필검사의 결과를 학생들에게 알리고 학생들 스스로 새로운 기준계의 설정에 대한 개념을 자습에 의하여 자기 스스로가 형성시킬 수 있도록 약 40일간의 시간적 여유를 둔 후, 제1차 지필검사에서의 문제와 유사한 문제를 학생들에게 부여하여 학생 스스로가 형성된 새로운 개념에 적용할 수 있는가를 조사한다.

### Ⅲ. 기준계의 설정 유형과 오인

제1차 지필검사에서는 등속도로 움직이는 좌표계 내에서 계의 운동방향과 수평으로 직교하는 방향으로 등속도 운동을 하는 물체의 운동과 등속도로 운동하는 계에 수직으로 직교하는 방향으로 등가속도 운동을 하는 물체의 운동을 설명하게 하여, 학생들의 설명 내용을 분석하고 검토하여 학생들 이미 지니고 있는 기준계의 설정 관행과 기준계의 설정 유형을 조사한다. 즉, [문제 1]과 [문제 2]는 물위에서 등속도로 운행하는 배에서 배의 진행방향과 수평으로 직교하는 방향으로 등속도로 굴러 가는 공의 운동과 등속도로 달리는 자전거에 탄 사람이 연직상방으로 던져 올려진 등가속도운동을 하는 공의 운동에 대하여 묻는 문제들이다.

[문제 1] 북쪽을 향하여 일정한 속도로 잔잔한 수면 위를 달리는 유람선 상에서 유람선의 왼쪽 선측, 즉 서쪽 선측의 좌석에 앉은 달봉이가 가로질러 오른쪽 선측, 즉 동쪽 선측의 좌석에 앉아 있는 영심이를 향하여 유람선의 바닥에 공을 굴렸다.

1) 공의 움직이는 경로를 가장 잘 나타낸 것은 다음 중 어느 항인가?

- (1) 공은 영심이의 북쪽, 즉 유람선의 진행방향으로 비껴 굴러 간다.
- (2) 공은 영심이의 바로 앞쪽, 즉 달봉이의 마주보는 방향으로 똑바로 굴러 간다.
- (3) 공은 영심이의 남쪽, 즉 유람선의 진행방향의 반대방향쪽으로 비껴 굴러간다.

2) 위 1)의 답항의 선택이유를 쓰시오.

[문제 2] 동쪽에서 서쪽으로 일정한 속도로 달리는 자전거에 타고 있는 달봉이가 공을 연직상방으로 던져 올렸다.

1) 던져 올린 공은 어디에 떨어지겠는가?

- (1) 공은 달봉이 보다 앞쪽, 즉 달봉이의 서쪽에 떨어진다.
- (2) 공은 달봉이의 바로 위에 떨어진다.
- (3) 공은 달봉이의 뒤쪽, 즉 달봉이의 동쪽에 떨어진다.

2) 위 1)의 답항의 선택이유를 쓰시오.

[문제1]의 문항 1)의 오답인 '(1) 공은 영심이의 북쪽, 즉 유람선의 진행방향으로 비껴 굴러 간다.'를 선택한 이유를 "달봉이, 공, 그리고 유람선 등 유람선에 포함된 모든 것들은 하나의 계로서 유람선의 진행속도와 같은 속도로 운동하고 있다. 이 상태에서 공을 영심이의 방향으로 굴리면, 공에 작용하는 힘은 유람선의 속도로 나가는 힘과 달봉이가 굴린 힘으로 공의 운동방향은 두 힘의 합성 방향으로 공이 움직여 가므로 공은 영심이의 북쪽의 위치에 도달한다."로 설명한 학생이 5명이며, "공은 굴려진 순간 유람선의 속도로 운동하려는 성질이 있기 때문에 공은 유람선의 속도와 굴려진 속도의 합성속도 방향으로 운동하기 때문에 공은 영심이의 북쪽의 위치에 이른다."를 선택한 이유를 밝힌 학생은 14명이다.

[문제2]의 문항 1)의 오답인 '(1) 공은 달봉이 보다 앞쪽, 즉 달봉이의 서쪽에 떨어진다.'를 선택한 이유를 "달봉이와 공은 자전거의 진행속도와 같은 속도로 운동하고 있다. 이 상태에서 달봉이가 연직상방으로 공을 던져 올리면, 공에 작용하는 힘은 자전거의 속도로 나가는 힘과 달봉이가 던져 올린 힘으로 공의 운동방향은 두 힘의 합성 방향

으로 공이 움직여 가므로 달봉이의 앞쪽의 위치에 떨어진다.”로 기술한 학생이 2명이며, “달리는 자전거를 탄 달봉이가 공을 연직상방으로 던져 올려도 공은 자전거 함께 운동하는 운동상태를 유지하려는 관성 때문에 달봉이의 앞쪽에 떨어진다.”로 설명한 학생이 4명이다.

[문제 1]의 1) 문항과 [문제 2]의 1) 문항의 답항 (1)의 첫번째의 이유로 선택한 학생들은 공의 운동을 힘과 관련시켜 설명하고 있으며 운동 그 자체가 힘을 내포하고 있으며 운동방향으로 힘이 작용한다는 잘못된 개념을 가지고 있다. 힘과 운동에 대한 많은 연구 중 물체를 위로 던져 올린 공에 작용하는 힘에 대한 많은 연구 결과는 물체가 위로 올라갈 때는 위 방향으로, 물체가 최고점에 이르러 순간적인 정지상태는 위로 올라가던 공의 운동이 내려오는 운동으로 바뀌는 과정에서 순간적으로 정지한 것인데 이 순간의 정지를 힘의 평형에 의한 정지로 오인하고 있으며, 또한 공의 운동하는 것은 공이 던질 때 공은 사람이 공을 던지는 힘을 가지고 가며 던진 힘은 공이 운동함에 따라 점차 감소한다는 잘못된 개념을 가지고 있는 것으로 보고되고 있으며<sup>7)</sup>, 본 조사에서도 조사대상학생 63명 중 65%의 비율에 해당하는 학생들이 힘과 운동에 관련시키는 오개념을 가지고 있는 것을 확인하였다<sup>8)</sup>. [문제 1]과 [문제 2]의 문항 1)들의 (1)을 선택한 학생들은 일정한 속도로 달리는 유람선이나 자전거에 탄 사람이 잡고 있는 공은 유람선이나 자전거를 포함하는 한 계로 취급하고 있으나, 유람선과 자전거와 같은 속도로 운동하고 있다는 관성에 대한 개념을 부분적으로 잘못 인식하고 있다. 학생들은 달봉이가 잡고 있던 공이 달봉이에게서 떠나는 순간부터 공은 관성에 의하여 유람선이나 자전거의 속도로 운동하려는 관성이 나타나는 것으로 알고 있다. 이러한 오인은 일상생활에서 ‘달리는 차가 갑자기 멈추는 상황에서 차 속에 있는 물체가 차의 속도를 계속 유지하려는 성질 때문에 물체가 차가 진행하던 방향으로 움직이는 현상’이나 ‘종이 비행기를 날리기 위하여 비행기를 잡은 손을 뒤에서 앞으로 진행시키다 놓으면, 종이 비행기가 손의 움직이는 속도를 유지하려는 성질 때문에 손이 진행하던 방향으로 날아가는 현상’ 등에서 관성을 사용하거나 설명하기 위하여 계의 일부인 차나 손을 정지시키는 경험과 이러한 관성의 관찰은 정지한 상태에서 가능한 것이기 때문인 것에 기인한다. 이러한 관성에 대한 오개념을 지닌 학생들은 [문제 1]과 [문제 2]의 상황에서도 공의 운동을 정지상태에서, 즉 지면과 같은 정지좌표계에서, 공의 운동을 관찰하려는 관행 때문에 공이 손에서 벗어나는 순간 유람선과 자전거의 운동은 주목하지 않고, 공의 운동에만 주목하여 공만이 유람선이나 자전거와 같은 속도로서 운동하는 것으로 잘못 생각하고 있다.

이러한 학생들의 관점을 상대운동을 하는 두 계를 사용하여 분석하면, 학생들은 유람

선이나 자전거의 운동은 고려하지 않고 공의 관성에 의한 운동과 공의 굴러가거나 올라가는 운동을 분리하는 경향이 있다. 즉, 관성에 의한 공의 운동을 상대적으로 유람선과 자전거에 대하여 정지하고 있는 지면을 정지좌표계로 한 기준계에서와, 유람선이나 자전거 내에서 굴러가거나 상방향으로 올라가는 공의 운동은 지면에 대하여 일정한 속도로 움직이는 좌표계인 유람선이나 자전거 그 자체를 기준계에서 분리 관측한 속도들을 다시 정지좌표계를 기준계로 하여 합성하는 과정을 걸치고 있다. 이러한 과정의 결과는 유람선이나 자전거를 포함하는 관성계 내의 공의 운동을 마치 흐르는 강물을 가로질러 수영을 하여 건너는 사람의 경우 수영하는 사람의 이동경로가 강물의 유속과 수영속도의 합성속도방향이 되는 것과 같이 공의 관성에 의한 운동과 공의 굴러가거나 올라가는 운동을 독립적인 운동으로 간주하는 잘못된 경향이 있다.

[문제 1]의 문항 1) 정답인 '(2) 공은 영십이의 바로 앞쪽, 즉 달봉이의 마주보는 방향으로 똑바로 굴러 간다.'를 택한 이유로는 "유람선이 일정한 속도로 운동하고 있기 때문에 유람선 안에서는 멈추어 있는 상황과 같으므로 공의 운동은 유람선의 운동과 무관하게 공을 굴린 방향으로 이동하여 (2)의 위치에 이른다." 를 선택한 학생은 4명, "유람선이 일정한 속도로 운동하고 있으므로 유람선이 공에는 어떠한 힘도 작용하지 않으므로 공은 굴린 방향으로 똑바로 굴러 간다." 를 선택한 학생은 3명, "일정한 속도로 운동하는 유람선 내에서 굴린 공은 유람선의 속도로 유람선의 진행하는 방향으로 운동하는 동시에 달봉이가 굴린 속도로 영십이 쪽으로 똑바로 굴러 간다." 를 선택한 학생이 8명이다.

[문제 2]의 문항 1) 정답인 '(2) 공은 달봉이의 바로 위에 떨어진다.'를 선택한 이유로 "자전거가 일정한 속도로 운동하고 있기 때문에 공의 연직방향의 운동에는 자전거의 의 운동으로 인한 어떠한 힘도 미치지 않으므로 달봉이의 바로 위에 떨어진다." 로 설명한 학생이 1명, "달리는 자전거를 탄 달봉이가 던져 올린 공은 자전거의 진행속도와 같은 속도로 운동하려 한다. 이 상태에서 공에 작용하는 힘은 자전거의 속도로 나가는 힘과 달봉이가 던져 올린 힘으로 공의 운동방향은 두 힘의 합성 방향으로 공이 운동하기 시작하나 중력의 영향을 받아 포물선의 경로를 따라서 이동하여 결국 달봉이의 바로 위의 위치에 떨어진다." 라고 설명한 학생이 2명, "자전거가 일정한 속도로 운동하고 있으므로 연직방향으로 던져 올려진 공에는 연직방향의 힘 이외의 힘은 공에 작용하지 않는다. 공은 관성에 의하여 자전거의 속도로 운동하는 동시에 연직방향으로는 등가속도 운동을 하므로 달봉이의 바로 위의 위치에 떨어진다." 라고 설명한 학생이 9명이다.

[문제 1]과 [문제 2]의 문항 1)의 정답들인 (2)를 선택한 학생들은 등속도로 운동하는 관성계의 개념은 잘 이해하고 있다. 또한 기준계의 설정에 있어서 [문제 1]의 문항

1) 정답인 (2)의 선택이유 중 앞의 두 이유를 선택한 학생들과 [문제 2]의 문항 1)의 정답인 (2)의 선택이유 중 앞으로 첫번째의 이유를 선택한 학생들은 움직이는 좌표계를 기준계로, 그리고 [문제 1]의 문항 1) 정답인 (2)의 선택이유 중 마지막 이유를 선택한 학생들과 [문제 2]의 문항1)의 정답인 (2)의 선택이유 중은 두번째와 세번째 이유를 선택한 학생들은 유람선과 자전거에 대하여 정지하여 있는 지면을 정지좌표계로 설정하여 기준계로 사용하여 공의 운동을 설명하고 있다. 그러나 [문제 2]의 문항 1)의 정답인 (2)의 선택이유 중은 두번째 이유를 선택한 학생들은 공의 속도를 힘에 관련시키는 오류를 범하고 있다.

[문제 1]의 문항 1)의 오답인 답항 '(3) 공은 영십이의 남쪽, 즉 유람선의 진행방향의 반대방향쪽으로 비껴 굴러간다.'를 택한 이유로는 "달봉이가 굴린 공은 굴린 속도로 직선운동을 하여 영십이의 바로 앞으로 가려고 하는 데, 유람선이 운동을 하기 때문에 공은 유람선의 진행방향의 반대방향쪽으로 비껴 굴러간다." 를 선택 이유로 한 학생이 20명이며, "달봉이가 굴린 공에 유람선의 운동방향의 반대방향으로 관성력이 작용하기 때문에 공은 자전거의 진행방향의 반대방향쪽으로 비껴 굴러간다." 를 선택이유로 한 학생이 5명이다.

[문제 2]의 문항 1)의 오답인 답항 '(3) 공은 달봉이의 뒤쪽, 즉 달봉이의 동쪽에 떨어진다.'를 선택한 이유로는 "던져 올린 공은 일정한 장소에서 올라갔다가 내려온다. 따라서 달봉이는 자전거와 함께 앞으로 운동하고 있기 때문에 공은 달봉이의 뒤에 떨어진다." 로 설명한 학생이 16명, "달봉이는 계속 앞으로 운동하고 공은 머물어 있으려는 관성에 의하여 던져 올린 장소에서 올라갔다가 내려오므로 달봉이의 뒤에 떨어진다." 로 설명한 학생이 14명, "공이 던져 올릴 때 공에 작용하는 힘과 자전거의 운동방향의 반대방향으로 관성력이 공에 작용하기 때문에 공은 이 두 힘의 합성방향으로 운동하기 때문에 달봉이의 뒤에 떨어진다." 로 설명한 학생이 5명이다.

[문제 1]의 오답인 (3)의 선택 이유로 첫번째와 [문제2]의 오답인 (3)의 선택 이유로 첫번째와 두번째로 설명한 학생들은 '지구가 정지해 있기 때문에 지구상에서 연직상방으로 던져 올린 물체는 반드시 제자리에 떨어진다. 왜냐하면, 물체가 위로 올라갔다 떨어지는 동안 지구가 움직인다면 공은 제자리에 떨어질 수 없다.' 라는 아리스토텔레스적인 상대운동을 생각하고 있다<sup>9)</sup>. 이러한 원인은 등속도로 달리는 유람선이나 자전거에서 공을 굴리거나 위로 던져 올리면, 공기의 저항 때문에 물체가 진행방향의 역으로 비껴 가는 것처럼 관찰되는 데에서 기인되는 것으로 생각된다. 이러한 학생들은 기준계의 설정에 있어서 관성의 의한 공의 운동을 정지좌표계인 지면을 기준계로, 공의 굴러가거나 올라가는 운동을 유람선이나 자전거를 움직이는 좌표계로 한 기준계로 한 두개의 분리된 기준계를 통하여 공의 상대운동을 설명하는 오류를 범하고 있으며, 등속운

동을 하는 유람선 내나 자전거를 포함한 모든 물체는 유람선과 같은 속도로 운동한다는 관성의 개념을 모르고 있거나 유람선이나 자전거에 접촉되어 있지 않으면, 즉 공이 달봉이의 손에서 떠나는 순간 유람선과 자전거 같이 진행하는 속도를 잃어버린다는 관성에 대한 오개념을 가지고 있다. 또한 [문제2]의 문항 1) 오답인 (3)의 선택 이유로

표 1. [문제 1]의 설명유형과 기준계의 설정 방향

답 항	설 명 유 형	기 준 계 설 정 유 형	빈 도	비율(%)
(1)	1. 공은 유람선의 나아가게 하는 힘과 공을 굴림 힘의 합성방향으로 공이 운동한다.	공은 관성에 의한 운동은 정지좌표계를 기준계로, 공의 굴러가는 운동은 움직이는 좌표계를 기준으로 분리하여 관찰하고, 관찰한 결과를 정지좌표계를 기준계로 합성하여 설명한다.	5	7.9
	2. 공은 유람선의 속도와 굴러진 속도의 합성속도 방향으로 운동한다.	공의 관성에 의한 운동은 정지좌표계를 기준계로, 공의 굴러가는 운동은 움직이는 좌표계를 기준계로 분리하여 관찰하고, 관찰한 결과를 정지좌표계를 기준계로 합성하여 설명한다.	14	22.2
(2)	1. 공은 유람선의 운동과 무관하게 공을 굴린 방향으로 운동한다.	공의 운동을 움직이는 계를 기준계로 설명한다.	4	6.4
	2. 유람선의 공에는 어떠한 힘도 작용하지 않음으로 공은 굴린 방향으로 운동한다.	공의 운동을 움직이는 계를 기준계로 설명한다.	3	4.8
	3. 굴린 공은 유람선의 속도로 운동하는 동시에 굴린 속도로 운동한다.	공의 운동을 정지좌표계를 기준계로 설명한다.	8	12.7
(3)	1. 공은 굴린 속도로 굴린 방향으로 가려고 하는데, 유람선이 운동을 하기 때문에 공은 유람선의 진행방향의 반대쪽으로 비껴 운동한다.	공의 관성에 의한 운동은 정지좌표계를 기준계로, 공의 굴러 가는 운동은 움직이는 좌표계를 기준계로 분리하여 관찰하고, 관찰한 결과를 정지좌표계를 기준계로 합성하여 설명한다.	20	31.8
	2. 공에 유람선의 운동방향의 반대방향으로 관성력이 작용하기 때문에 공은 유람선의 진행방향의 반대쪽으로 비껴 운동한다.	움직이는 계를 비관성계로 오인하며, 공의 운동을 정지좌표계를 기준계로 설명한다.	5	7.9

표 2. [문제 2]의 설명유형과 기준계의 설정 방향

답 항	설 명 유 형	기 준 계 설 정 유 형	빈 도	비율(%)
(1)	1. 공은 자전거가 나가는 힘과 던져 올린 힘의 합성방향으로 운동한다.	공의 관성에 의한 운동은 정지좌표계를 기준계로, 공의 굴러 가는 운동은 움직이는 좌표계를 기준계로 분리하여 설명한다.	2	3.2
	2. 공은 자전거의 속도와 공을 연직방향의 속도의 합성속도방향으로 운동한다.	공의 관성에 의한 운동은 정지좌표계를 기준계로, 공의 굴러 가는 운동은 움직이는 좌표계를 기준계로 분리하여 설명한다.	4	6.4
(2)	1. 공의 연직방향의 운동에는 자전거의의 운동으로 인한 어떠한 힘도 미치지 않는다.	공의 운동을 움직이는 좌표계를 기준계로 설명한다.	1	1.6
	2. 공은 자전거의 속도로 나가는 힘과 던져 올린 힘의 합성방향으로 운동한다.	공의 운동을 정지좌표계를 기준계로 설명한다.	2	3.2
	3. 공은 관성에 의하여 자전거의 속도로 운동하는 동시에 연직방향으로는 등가속도운동을 하므로 달봉이의 바로 위에 떨어진다.	공의 운동을 정지좌표계를 기준계로 설명한다.	9	14.3
(3)	1. 던져 올린 공은 일정한 장소에서 등가속도운동을 하는 데 자전거는 앞으로 운동하고 있기 때문에 공은 뒤에 떨어진다.	공의 관성에 의한 운동은 정지좌표계를 기준계로, 공의 굴러 가는 운동은 움직이는 좌표계를 기준계로 분리하여 설명한다.	16	25.4
	2. 자전거는 계속 앞으로 운동하고 공은 머물러 있으려는 관성에 의하여 던져 올린 장소에서 등가속도 운동하므로 뒤에 떨어진다.	공의 관성에 의한 운동은 정지좌표계를 기준계로, 공의 굴러 가는 운동은 움직이는 좌표계를 기준계로 분리하여 설명한다.	14	22.2
	3. 던져 올려진 공에 작용하는 힘과 자전거의 운동방향의 반대방향으로 관성력이 공에 작용하기 때문에 공은 이 두 힘의 합성방향으로 운동하기 때문에 떨어진다.	움직이는 계를 비관성계로 오인하며, 정지좌표계를 기준계로 공의 운동을 설명한다.	5	7.9

두번째 이유를 든 학생들은 달리는 자전거에 탄 달봉이가 손에 잡고 있는 공마저 정지해 있는 것으로 보는 심한 오류를 보이고 있다. 즉 공을 달봉이가 잡고 있는 상황에서는 공이 속도가 0인 정지상태로 있는 것이며, 공이 달봉이에게서 떠나서도 유람선이나 자전거의 진행방향에 대하여는 정지상태를 유지하려 한다는 관성에 대한 오개념을 가지고 있는 것으로 생각된다.

[문제1]의 문항 1)의 오답인 (3)의 선택 이유로 두번째와 [문제2]의 오답인 (3)의 선택 이유로 마지막 이유를 든 학생들은 물체가 순간속도를 유지하려는 성질인 관성에 대한 개념과 가속도 운동상태의 비관성계에서 가속도의 반대방향으로 나타나는 관성력에 대한 개념을 혼동하고 있다. 이는 흔히 일상생활의 가속도 운동상태의 버스에서나 엘리베이터 내에서 느껴지는 관성력을 관성으로 잘못 인식되어지는 데에서 유래되는 것으로 생각된다. 또한 속도를 힘에 연계시키는 오류도 범하고 있다.

제2차 지필검사에서는 학생들에게 등속도로 움직이는 좌표계 내에서 계의 운동방향과 같은 방향으로 등속도 운동을 하는 물체의 운동과 등속도로 운동하는 계에 수직으로 직교하는 방향으로 등가속도 운동을 하는 물체의 운동을 설명하게 하였다. 제2차 지필검사에 나타난 학생들의 설명내용으로부터 그들이 기준계의 설정 경향을 분석을 통하여 제1차 지필검사의 결과에서 나타난 학생들의 잘못 관행 되어 왔던 기준계에 대한 개념을 학생들 스스로 새로운 기준계의 설정에 대한 개념으로 전환 여부 정도를 검토한다. [문제 3]은 수면 위에서 등속도로 운동하는 유람선에서 유람선의 진행방향과 순방향으로, 그리고 역방향으로 운동하는 공의 운동에 대한 문제이며, [문제 4]는 등속도 운동하는 비행기에서 떨어뜨린 공의 운동에 대하여 묻는 문제이다. 특히 [문제 4]의 상황에서는 기준계로서 움직이는 좌표계 보다는 정지좌표계의 설정을 요한다.

[문제 3] 서쪽에서 동쪽으로 일정한 속도로 잔잔한 수면 위를 달리는 유람선 위에서, 유람선의 서쪽인 선두에 서 있는 달봉이와 유람선의 동쪽인 선후에 서 있는 윤발이가 공을 던지며 놀고 있다. 달봉이가 윤발이에게, 그리고 윤발이가 달봉이에게 똑같은 공을 같은 속도로 동시에 던졌다.

1) 다음 중 일어날 수 있는 상황은 어느 것인가?

- (1) 달봉이가 윤발이 보다 먼저 공을 받는다.
- (2) 윤발이가 달봉이 보다 먼저 공을 받는다.
- (3) 달봉이는 공을 받을 수 있지만, 윤발이는 공을 받을 수 없다.
- (4) 윤발이는 공을 받을 수 있지만, 달봉이는 공을 받을 수 없다.
- (4) 달봉이와 윤발이는 동시에 공을 받는다.
- (5) 기타

2) 위 1)의 답항의 선택이유를 쓰시오.

[문제 4] 일정한 속도로 서쪽에서 동쪽으로 날고 있는 비행기에 타고 있는 윤발이가 무인도에 표류된 영심이에게 구호품을 떨어뜨려 공급하려 하고 있다. 비행기가 영심이의 바로 위를 지나는 순간 윤발이가 구호품을 떨어뜨렸다.

1) 다음 중 일어날 수 있는 상황은 어느 것인가?

- (1) 구호품은 영심이의 바로 위에 떨어진다.
- (2) 구호품은 영심이의 동쪽, 즉 비행기가 날아가는 방향의 반대방향으로 비껴 떨어진다.
- (3) 구호품은 영심이의 동쪽, 비행기가 날아가는 방향으로 비껴 떨어진다.
- (4) 기타

2) 위 1)의 답항의 선택이유를 쓰시오.

[문제 3]의 문항 1)의 오답 '(1) 달봉이가 윤발이 보다 먼저 받는다.'를 선택한 학생은 전부 6명으로, 그 중 선택이유로 "윤발이 쪽에서 달봉이 쪽으로 일정한 속도로 달리는 유람선 위에서 던진 공은 유람선의 진행방향으로 나아가고 있어 유람선의 속도만큼 속도가 빨라지고, 달봉이가 던진 공은 배의 진행방향과 역방향으로 나아가므로 유람선의 속도만큼 늦어지므로 윤발이가 던진 공이 달봉이에게 먼저 도달한다."라고 밝힌 학생은 5명, "유람선의 진행방향으로 던져진 공에는 던지는 힘과 유람선이 나아가는 힘이 작용하고, 이에 반해 유람선의 진행의 반대방향으로 던져진 공에는 던지는 힘에서 유람선이

나아가는 힘을 뺀 힘이 작용한다. 따라서 유람선의 진행방향으로 던져진 공에 더 큰 힘이 작용하므로 윤발이가 던진 공이 달봉이에게 먼저 도달한다.”라고 밝힌 학생은 1명이다.

[문제4]의 오답인 ‘(1) 구호품은 영십이의 바로 위에 떨어진다.’의 선택이유를 “구호품에 작용하는 힘은 중력이므로 영십이의 바로 위로 구호물이 떨어질 것이다.”로 설명한 학생이 7명이다.

[문제4]의 정답인 ‘(3) 구호품은 영십이의 동쪽, 비행기가 날아가는 방향으로 비껴 떨어진다.’를 선택을 한 이유로서 “구호품도 비행기의 속도로 운동하고 있기 때문에 떨어뜨린 구호물은 비행기의 방향으로 비행기의 속도로 등속운동을 하는 동시에 떨어지기 때문에 포물선의 운동경로에 따라서 영십이의 뒤쪽에 떨어질 것이다”라는 이유를 든 학생이 52명이며, “비행기가 영십이의 뒤쪽으로 날아가고 있으므로 비행기가 날아가는 방향으로 힘을 받으며, 이 힘과 중력의 영향으로 뒤로 떨어진다.”라는 이유를 학생이 1명이다.

[문제3]의 문항 1) 오답인 ‘(3) 달봉이는 공을 받을 수 있지만, 윤발이는 받을 수 없다.’를 선택한 이유를 “유람선의 진행으로 인하여 달봉이가 던진 공을 윤발이는 받을 수 없다.”라고 밝힌 학생은 2명으로서, 답항(1)의 선택이유에서 유람선의 속도가 공의 속도보다 클 경우로의 확장이라 볼 수 있다.

[문제 3]의 문항 1)의 답항 (1)이나 (3)을 택한 학생이 설정한 기준계의 유형은 [문제 1]의 1)문항과 [문제 2]의 1)문항의 답항 (1)을 택한 학생들이 설정한 기준계의 유형과 같은 것으로써 유람선과 공의 운동을, 즉 관성에 의한 공의 운동과 던져져서 날아가는 공의 운동을, 독립적인 운동으로 간주하고 있다. 마치 흐르는 강물을 순행 또는 역행하여 수영하는 사람의 운동을 강 위에서 관측하는 경우와 같이, 공의 운동과 유람선의 운동을 분리하여 공이 던져지는 순간 공의 운동을 유람선을 움직이는 좌표계로 한 기준계에서 관측한 공의 속도와 지면을 정지좌표계로 한 기준계에서 관측한 유람선의 속도의 합성속도로 공의 운동을 설명하고 있다. 또한 운동을 힘과 관련시키는 관행이 여전히 남아 있다.

[문제3]의 문항 1)의 정답인 ‘(5) 달봉이와 윤발이는 동시에 공을 받는다.’를 선택한 이유로 “등속도 운동을 하는 유람선에서는 정지해 있는 지면과 같은 상황이므로 같은 속력으로 동시에 던진 공은 같은 거리에 도달되므로 한 동시에 공을 받을 수 있다.”를 든 학생이 45명, “등속도 운동을 하는 유람선에서는 정지해 있는 지면과 같은 상황이므로 달봉이가 공을 던지는 힘과 윤발이가 공을 던지는 힘이 같으므로 동시에 공을 받을 수 있다.”를 든 학생이 2명, “일정한 유람선에 탄 유람선에 달봉이가 윤발이는 공이

이동하는 동안 유람선의 진행방향으로 유람선과 함께 이동하므로 결과적으로 동시에 받게 된다.”를 든 학생이 2명이다.

표 3. [문제 3]의 설명유형과 기준계의 설정 경향

답 항	설 명 유 형	기 준 계 설 정 유 형	빈 도	비율(%)
(1)	1. 공은 던져진 속도와 유람선의 속도의 합성속도로 운동한다.	공의 관성에 의한 운동은 정지좌표계를 기준계로, 공의 날아가는 운동은 움직이는 좌표계를 기준계로 분리하여 설명한다.	6	9.5
	2. 공은 던지는 힘과 유람선이 나아가는 힘의 합성방향으로 운동한다.	공의 관성에 의한 운동은 정지좌표계를 기준계로, 공의 끌려 가는 운동은 움직이는 좌표계를 기준계로 분리하여 설명한다.	5	7.9
(2)	1. 공은 던져진 속도와 유람선의 속도의 합성속도로 운동한다.	공의 관성에 의한 운동은 정지좌표계를 기준계로, 공의 끌려 가는 운동은 움직이는 좌표계를 기준계로 분리하여 설명한다.	1	1.6
(5)	1. 등속도운동을 하는 유람선에서는 정지해 있는 같다.	공의 운동을 움직이는 계를 기준계로 설명한다.	45	71.4
	2. 등속도운동을 하는 유람선에서는 정지해 있는 상황과 같으므로, 두 공에는 던져진 힘이 같다.	공의 운동을 움직이는 계를 기준계로 설명한다.	2	3.2
	3. 일정한 속도의 유람선에 포함된 모든 것은 유람선과 함께 이동한다.	공의 운동을 정지좌표계를 기준계로 설명한다.	2	3.2

[문제 3]의 문항 1)의 정답인 (5)와 [문제4]의 문항 1) 정답인 (3)을 선택한 학생들의 설정한 기준계의 유형은 [문제 1]과 [문제 2]의 문항 1)의 정답들인 (2)의 기준계의 유형과 같다. [문제 3]의 문항 1)의 정답인 (5)의 선택이유 중 앞으로 첫번째와 두번째의 이유를 선택한 학생들은 움직이는 좌표계를 기준계로, [문제 3]의 문항 1)의 정답인 (5)의 선택이유 중 마지막 이유와 [문제4]의 문항 1) 정답인 (3) 선택한 이유를 든 학생들은 유람선에 대하여 정지하여 있는 지면의 정지좌표계로 설정하여 기준계로 사용하여 공의 운동을 설명하고 있다.

[문제4]의 문항 1)의 오답인 (1)을 선택한 학생들은 [문제1]의 문항1)의 오답인 (3)

의 선택 이유로 첫번째와 [문제2]의 문항 1)의 오답인 (3)의 선택 이유로 첫번째와 두번째로 설명한 학생들과 같이 관성계에 대한 잘못된 개념과 같은 유형의 기준계의 설정을 하고 있다.

표 4. [문제 4]의 설명유형과 기준계의 설정 경향

답 항	설 명 유 형	기 준 계 설 정 유 형	빈 도	비율(%)
(1)	1. 구호품에 작용하는 힘은 중력이므로 바로 위로 구호품이 떨어질 것이다.	구호품의 관성에 의한 운동은 정지좌표계를 기준계로, 구호품의 떨어지는 운동은 움직이는 좌표계를 기준계로 분리하여 설명한다.	7	11.1
(2)	1. 구호품은 비행기의 방향으로 비행기의 속도로 등속운동을 하는 동시에 떨어지기 때문에 포물선의 운동경로에 떨어질 것이다.	구호품의 운동을 정지좌표계를 기준계로 설명한다.	51	81.0
	2. 구호품은 비행기가 날아가는 방향으로 힘과 중력의 합성력방향으로 떨어진다.	구호품의 운동을 정지좌표계를 기준계로 설명한다.	1	1.6

등속상대운동을 하는 계에서 학생들이 관행하고 있는 기준계 설정의 유형은 움직이는 좌표계를 기준계로 하는 유형, 상대적으로 정지하고 있는 지면을 정지좌표계를 기준계로 하는 유형, 그리고 잘못된 기준계 설정으로써 등속으로 움직이는 좌표계에서 일어나는 물체의 운동을 서로 독립된 운동으로 취급하여 분리된 두 기준계를 사용하는 경향이 있다. 표 5 에서 제1차 및 제2차의 지필검사를 통하여 분석된 학생들이 관행해 온 기준계의 설정 유형, 빈도, 그리고 비율 등의 변화를 보여 준다. 여기서 비율은 전 검사대상 학생의 빈도에 대한 것이다.

기준계를 움직이는 좌표계 또는 정지좌표계로 설정하는 유형들은 등속상대운동을 올바르게 기술할 수 있는 것으로서, 이러한 올바른 유형의 기준계를 설정한 비율은 제1차 지필검사에서는 20.8%에 불과했던 것이 제2차 지필검사에서는 78.5%로 큰 폭으로 변화했다. 이 중 움직이는 좌표계를 기준계로 설정한 학생의 비율은 제1차 지필검사의 6.5%에서 제2차 지필검사에서 35.7%으로 변화했으며, 정지좌표계를 기준계로 설정한 학생의 비율은 제1차 지필검사의 14.3%에서 제2차 지필검사에서 42.9%로 상당히 큰 폭으로 변화했다. [표 1], [표 2], [표 3], 그리고 [표 4]에서 보여주는 바와 같이, 학생들이

기준계의 설정 경향은 주어진 문제의 상황에 큰 영향을 받는다. 즉, '유람선 위에서 굴러진 공'이나 '유람선 내에 있는 두 사람 사이의 주고받는 공'과 같이 움직이는 좌표계에 직관적으로 이탈하지 않은 물체의 운동인 경우는 지면과 같은 정지좌표계를 기준계로 설정하기보다는 움직이는 좌표계를 기준계로 설정하며, '자전거에서 상방향으로 던져 올린 공'이나 '비행기에서 떨어뜨린 구호품'과 같이 움직이는 좌표계에 직관적으로 이탈하는 물체의 운동인 경우는 지면과 같은 정지좌표계를 설정하는 경향이 강하다. 또한 움직이는 좌표계 내의 물체의 운동을 움직이는 좌표계를 기준계로 하여 설명하기보다는 관성계의 개념으로써 설명을 하는 경향이 있다.

잘못된 기준계의 설정 유형으로써, 움직이는 좌표계와 정지좌표계를 각각의 독립된 기준계로 설정한 비율은 제1차 지필검사에서 큰 비율인 58.5%로 나타났으나, 제2차 지필검사에서는 14.3%로 크게 감소하였으며, 등속상대운동을 비관성계의 운동으로 잘못 인식하고 관성력을 작용하는 물체의 운동을 정지한 계를 기준계로 설정한 비율이 제1차 지필검사에서는 4%로 나타났으나 제2차 지필검사에서는 나타나지 않았다.

표 5. 제1차와 제2차 지필검사에 나타난 기준계의 설정 유형의 변화

기 준 계 설 정 유 형	제 1 차 검 사		제 2 차 검 사	
	빈 도	비율 (%)	빈 도	비율 (%)
움직이는 좌표계를 기준계로 설정한다.	8	6.5	45	35.7
정지좌표계를 기준계로 설정한다.	19	14.3	54	42.9
움직이는 좌표계와 정지좌표계를 각각의 독립된 기준계로 설정한다.	75	59.5	19	14.3
움직이는 좌표계를 비관성계로 오인하며, 정지 좌표계를 기준계로 설정한다.	5	4.0	-	-

그리고 본 조사에서 나타난 학생들이 많이 가지고 있는 물리의 제법칙에 대한 오개념들은 정리하면, 일정한 속도의 관성계에 포함된 물체가 거리적으로 관성계에서 이탈되면 이탈된 물체는 관성계가 갖는 속도를 잃어버리거나, 관성계 내에 정지한 물체를 0인 정지상태로 오인하여 관성계에서 거리적으로 이탈되었을 때 물체는 관성계의 진행방향에

대하여는 정지상태를 유지하려 한다는 관성에 대한 오개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 운동을 힘과 관련시켜 유람선이나 자전거의 속도와 같은 속도로 운동하는 관성에 의한 공의 운동을 공에 작용하는 힘으로, 그리고 공을 굴리거나 위로 던져 올리는 과정에서 공에 힘의 작용이 없어진 후에도 공에 남아 작용하고 있는 것으로 잘못 인식하고 있다. 그리고 이들 힘의 합성 방향으로 공은 움직인다는 오류를 가지고 있는 것으로 나타났다. 이러한 오개념들은 학생들이 '힘이 물체에 가해지면 운동을 하게 된다', '일정한 힘을 계속 받아야 물체가 일정한 속력을 유지한다', '속력이 크기는 힘의 크기에 비례한다', '힘이 없으면 물체는 정지해 있거나 움직이던 물체는 정지하게 된다.' 등의 운동하는 물체에 대해 경험을 바탕으로 한 고대나 중세의 기동력 이론(impetus theory)과 유사한 오개념을 지니고 있다<sup>10)</sup>. 이러한 힘과 운동에 대한 오개념들은 두차례의 지필검사를 거쳐 교정된 비율은 올바른 기준계를 설정하는 비율과 거의 같게 나타났다. 이는 물리 제법칙에 대한 바른 개념을 갖게 함으로서 또한 바른 기준계를 설정할 수 있다는 것을 시사한다.

### Ⅲ. 결 론

등속상대운동을 하는 계에서 학생들이 관행하고 있는 기준계 설정의 유형은 움직이는 좌표계를 기준계로 하는 유형, 상대적으로 정지하고 있는 지면의 정지좌표계를 기준계로 하는 유형, 그리고 움직이는 좌표계와 이 계내에서 일어나는 물체의 운동을 서로 독립된 운동으로 취급하여 분리된 두 기준계를 사용하는 경향이 있다. 기준계를 움직이는 좌표계 또는 정지좌표계로 설정하는 유형들은 등속상대운동을 올바르게 기술할 수 있는 것으로써, 이러한 올바른 유형의 기준계를 설정한 비율은 제1차 지필검사에서 20.8%에 불과했던 것이 제2차 지필검사에서는 78.5%로 큰 폭으로 변화했다.

학생들이 기준계의 설정 경향은 학생들이 이미 지니고 있는 물리 제법칙에 대한 개념과 주어진 문제의 상황에 큰 영향을 받는다. 학생들이 지니고 있는 힘과 운동에 대한 오개념들은 두차례의 지필검사를 거쳐 교정된 비율은 올바른 기준계를 설정하는 비율과 거의 같게 나타났다. 이는 물리 제법칙에 대한 바른 개념을 갖게 함으로서 또한 바른 기준계를 설정할 수 있다는 것을 시사한다. 또한 1유람선 위에서 굴러진 공'이나 '유람선 내에 있는 두 사람 사이의 주고받는 공'과 같이 움직이는 좌표계에 직관적으로 이탈하지 않은 물체의 운동인 경우는 지면과 같은 정지좌표계를 기준계로 설정하기보다는 움직이는 좌표계를 기준계로 설정하며, '자전거에서 상방으로 던져 올린 공'이나 '비행기에서 떨어뜨린 구호품'과 같이 움직이는 좌표계에 직관적으로 이탈하는 물체의 운동인

경우는 지면과 같은 정지좌표계를 설정하는 경향이 강하다. 또한 움직이는 좌표계 내의 물체의 운동을 움직이는 좌표계를 기준계로 하여 설명하기보다는 관성계의 개념으로써 설명을 하는 경향이 있다.

잘못된 기준계의 설정 유형으로써, 움직이는 좌표계와 정지좌표계를 각각의 독립된 기준계로 설정한 비율은 제1차 지필검사에서 큰 비율인 58.5%로 나타났으나, 제2차 지필검사에서는 14.3%로 크게 감소하였으며, 등속상대운동을 비관성계의 운동으로 잘못 인식하고 관성력을 작용하는 물체의 운동을 정지한 계를 기준계로 설정한 비율이 제1차 지필검사에서는 4%로 나타났으나 제2차 지필검사에서는 나타나지 않았다. 이러한 결과는, 학생들의 이미 형성된 개념이 오개념이라면 이를 바로 잡기 위하여, 학생들이 이미 형성된 개념의 모순점을 깨닫게 해 줌과 동시에, 새로운 개념을 습득할 수 있는 기회의 제공, 새로운 개념에 적용할 수 있는 환경을 조성시킬 수 있는 것만으로도 오개념의 교정에 큰 도움이 될 수 있다는 것을 시사한다.

## 참 고 문 헌

1. 권재술, 물리교육 7, 1(1989)
2. 권재술, 안영수, 물리교육 7, 26(1989)
3. 김영민, 박승재, 물리교육 7, 42(1989)
4. 김익균, 물리교육 7, 49(1989)
5. 권성기, 박승재, 물리교육 7, 63(1989)
6. D. Nachtigall, New Approaches in Teacher Training, 1986 Workshop KCPE, Tokyo, Japan.
7. 김대식, 물리교육 7, 10(1989)
8. 현동걸, 제주교육대학교 학생회지 '사라(4)', 108(1995)
9. 박종원, 물리교육, 12, 58(1994)
10. 송진웅, 물리교육, 12, 98(1994)