

# 예비교사의 과학의 본성 지도를 위한 과학의 미학적 모델 측정 방안

권성기 · 남일균<sup>1\*</sup>

대구교육대학교 · <sup>1</sup>구미인덕초등학교

## Assessment of an Aesthetic Model of Science for NOS Teaching

Sunggi Kwon · Ilkyun Nam<sup>1\*</sup>

Daegu National University of Education · <sup>1</sup>Gumiindeok Elementary School

**Abstract** : In order to teach the nature of science which is one of the goals of science education, the aesthetic model of science was developed into a two-dimensional model through theoretical reviews on the aesthetic aspect of science. We represented 10 kinds of scientific experiments that scientists thought are beautiful in the aesthetic space of science. This paper tried to represent the greatest and famous scientific experiments in the history of science into the aesthetic space of science to find the suitability or usefulness of that model. At the same time, we were able to develop measuring tools as the Likert-scale with pictures of scientific experiments. Through this, we propose various teaching approaches on the nature of science (NOS) based on the aesthetic model of science and the potential for utilization in measuring the effects of the ways of teaching NOS.

**keywords** : nature of science, aesthetic model of science, assessment of the aesthetic experience of science

### I. 서론

과학자들은 전자 간섭 실험을 가장 아름다운 실험으로 생각하거나 에너지 등가 원리( $E=mc^2$ ), 맥스웰 방정식, 쉬뢰딩거의 파동 방정식 같은 이론적 공식도 복잡하다고 느끼기보다는 아름답다고 표현하기도 한다. 과학자들은 당대의 패러다임을 공유한다는 측면에서 단순하게 표현된 과학 지식이나 이론으로 자연의 복잡한 현상을 설명하는 것을 아름답다고 느끼는 경험이나 신념을 공유하기도 한다. 물리학자 200명에게 가장 아름다운 물리 실험 10개를 선정하여 발표한 연구(Crease, 2003)에 따르면 아름다운 물리 실험으로 선정된 실험들은 과학자가 매우 단순한 실험 장치를 만들어 과학의 역사에서 중요한 발견을 이루었다는 특징을 갖고 있다. 과학 실험이 아름답다는 추상적인 판단 기준을 찾아보는 그의 연구는 아름다운 실험이 근본적인 것을 드러내야 하고, 효율적이며 실험 자체가 만족스러우면서도 추가적인 의문을 불러 일으켜야 한다는 측면을 제시하였다.

그러나 과학자들에게 아름다운 물리 실험 중 하나인

푸코의 진자 실험 장치는 우리나라 대전 국립 과학관에도 설치되어 있지만 사실 일반 관람객들에게는 지루하고 흥미를 끌지 못하기 십상이다. 이런 사례에서 보면 세상에서 아름다운 실험이라고 부르는 일이 지적 흥미나 미학적 경험을 느끼지 못할 때는 전혀 아름답지 않게 지각될 수도 있다는 아이러니가 발생할 수도 있다. 푸코의 진자 같은 과학사적으로 의미 있는 과학 실험들에 흥미를 갖고 아름답다고 인식하려면 진자의 원리 같은 숨겨진 과학 이론이나 물리 법칙에 대한 과학적 소양이나 과학적 역량을 기본적으로 갖추어야 할 것이다.

또한 과학의 본성에 대한 이해를 요구하면서 동시에 과학의 본성을 지도하는 방안으로 과학의 미학적 측면을 활용할 수 있을 것이다(Kwon, 2018a, b). 과학의 미학적 모델을 도출한 과정과 이론적 근거를 정리하면 선행 연구(Kwon, 2018b)에서 과학교육 분야, 교육학, 과학철학 분야의 모델 중에서 Ausbel의 기계적-유의미 학습의 연속선과 수용식 수업과 발견식 수업의 연속선을 다른 차원으로 구별한 접근과 융(C. G. Jung)의 학습 선호 유형에서 찾은 모델(Martin, 2102)을 분석하였다. 과학의 미학적 모델을 느낌 차원과 행동

\* 교신저자: 남일균 (nik2714@naver.com)

\*\* 2019 대구교육대학교 교내 학술연구비 지원을 받았음.

\*\*\* 2020년 2월 20일 접수, 2020년 4월 29일 수정원고 접수, 2020년 8월 3일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2020.44.2.197>

차원으로 제안한 연구(Kwon, 2018a)도 기반이 되었다. 물론 과학의 2차원적 미학적 모델은 행동 차원과 느낌 차원의 이름을 갖고 있으며 행동과 느낌 차원이 만드는 공간에 과학의 미학적 경험을 배치한 것이 달라진 점이다. 과학 탐구 과정을 활용하여 과학의 본성을 지도하는 접근(Bell, 2008)처럼 과학의 미학적 모델은 과학의 본성을 지도하는 일에 필요하다. 과학의 본성을 이해하기 위한 과학의 미학적 측면을 찾게 할 수 있으며 또한 과학의 미학적 경험을 계열화하는 일도 가능할 것이다. 초중등 학생들의 수준에서는 이런 과정 중에 물리 공식의 단순성이 가진 아름다움을 느끼고 아는 경험은 달성하기 어려울 수 있지만 예비교사들에게 과학교육과정에 과학의 미학적 측면을 경험하는 일은 필요한 측면일 것이다.

이런 방식에 따라 Deist & Winterton (2005)의 연구도 역량에 대한 관점들을 종합하여 전일적 모형을 2차원으로 표현하였다. 역량에 대한 2개 차원을 직업적 측면과 개인적 측면에서 필요한 역량과 개념적 측면과 조작적 측면에서의 역량으로 나누었다. 그리고 각각의 차원에 속하는 역량으로 인지적 역량(지식과 이해 등), 기능적 역량(기능 등), 사회적 역량(행동과 태도 포함), 그리고 메타역량(학습하는 법 포함)으로 제안하였다 (Figure 1).

그들의 연구에서 제안한 역량에 대한 모델은 직업-개인적 차원과 개념적-조작적 차원으로 구분한 것으로 이는 과학의 미학적 모델의 2차원 모델(Kwon, 2018a)과 기본 골격에서 일치하고 유사한 것으로 보인다. 또 다른 Girod (2006)의 연구는 과학과 미학을 공간에 표상하기 위하여 과학-미학 공간이라는 개념을 설명하면서 4가지 분야(사고와 사고 형식의 미학 분야, 호기심, 두려움, 숭고함의 미학, 신의 설계를 이해하여 우주론과 연관 짓는 미학, 과학 경험과 과학적 사고의 미학 분야)에 대한 과학과 미학적 접근의 연관성을

탐색하였다. 그리고 이를 통해 미학적 경험과 과학 학습을 연결 짓는 심리적 분석과 교육학적 분석을 논의하였다.

이 연구는 과학의 미학적 측면을 활용하여 과학의 본성을 지도하는 방안을 모색하기 전에 과학의 미학적 모델의 적합성을 검증하기 위한 것이었다. 과학의 미학적 모델의 적합성을 찾는 방안으로 과학의 미학적 공간에 과학 실험을 투영해 보았다. 구체적으로 말하면 과학 실험 중에서 아름다운 실험으로 과학자들이 인정한 10가지 물리 실험들을 과학의 미학적 공간에 위치시켜 보았다. 그리고 과학의 미학적 인식에 대한 평가 방안으로 과학의 미학적 인식 측정 도구를 개발하고 점검하는 것이 이 연구의 목표였다.

## II. 연구 내용 및 과정

### 1. 과학의 미학적 모델에 대한 측정 방식

과학교육 평가 분야에서 과학에 대한 태도를 측정할 때 활용되는 형식 중 가장 흔한 방식이 리커트 척도를 활용하는 방식이다. 기본적으로 진술문을 제시하고 가령, 과학 시간의 경험들을 실제 경험했는지 물어 보면서 동의하는지 아니면 반대하는 지를 숫자로 매겨서 표시하게 한다. 이런 리커트 척도는 태도나 감정적 선호도를 표시할 때 자주 사용되는 방식이지만, 이를 개선하는 방식인 의미 변별식 측정 방법도 있다. 의미 변별식 문항은 서로 대치되는 형용사 쌍을 양쪽 끝에 배치하도록 하여 척도로서 어떤 느낌과 가까운 지를 표시하도록 하는 방법이다. 이 연구에서는 과학 실험 중 1가지 사례를 주고 의미 변별 방식으로 측정하기 위한 형태로 아래와 같이 개발을 시도하였다.

	<i>Occupational</i>	<i>Personal</i>
<i>Conceptual</i>	Cognitive competence	Meta competence
<i>Operational</i>	Functional competence	Social competence

Figure 1. Unifying model for competence (Deist & Winterton, 2005)

A 실험은						
재미있다	5	4	3	2	1	지루하다
아름답다	5	4	3	2	1	복잡하다
쉽다	5	4	3	2	1	복잡하다
편안하다	5	4	3	2	1	불편하다
중요하다	5	4	3	2	1	불필요하다

Figure 2. The first measurement method through differentiating meaning

실험 제목	내용	그림
B. 갈릴레이의 낙하 실험	16세기 말 갈릴레오 갈릴레이는 높은 곳에 올라가 금속구와 나무 공을 떨어뜨리는 낙하 실험을 했다. 두 개의 공은 동시에 떨어졌다. 이를 통해 '물체의 낙하 속도는 무게에 비례한다.'는 아리스토텔레스의 법칙은 휴지조각이 되었다.	

10가지 과학 실험 내용을 읽어보면서 아름다운 정도를 O표나 V로 체크해 주세요.

- ① 매우 아름답지 않다 ② 별로 아름답지 않다 ③ 중간이다 ④ 어느 정도 아름답다 ⑤ 매우 아름답다

Figure 3. The second measurement method using Likert scale

그러나 의미 변별 방식의 도구를 개발하는 과정에서 서로 쌍을 이루는 형용사들을 찾는 것이 원활하지 않았다. 따라서 이런 문제를 해결하는 방안으로 태도 연구에 자주 사용되는 리커트 척도를 선택하였고 과학 실험의 내용을 그림과 함께 제시하여 간단하게 소개하는 진술문을 읽은 후에 아름다움의 경험을 4 단계로 표시하도록 했다. 이후 4 단계의 리커트 척도를 5단계로 응답하도록 수정하였다(Figure 3).

## 2. 과학의 미학적 모델에 대한 과학 실험의 제목과 내용에 대한 정리

Crease (2003)는 설문을 통해 물리학자 200명을 대상으로 유명한 물리 실험 중에서 아름답게 여겨지는 것들을 추천받아 아름다운 실험을 높은 비율로 추려 보았다. 이러한 과정으로 선별된 실험들은 모두 10가지였고 공통적인 특징이 발견되는 바, 과학자가 아주 단순하게 실험 장치를 만들거나 실험들이 과학의

Table 1. Summary of title and characteristic of physics experiments

번호 (연대순)	실험 제목	특징
1	Eratosthenes' Measurement of the Earth's Circumference (에라토스테네스의 지구 둘레 측정)	MEASURING THE WORLD (지구를 측정하기)
2	The Legend of the Leaning Tower (갈릴레이의 낙하 실험)	DROPPING THE BALL (공을 떨어뜨리다)
3	Galileo and the Inclined Plane (갈릴레이의 가속도 실험)	THE ALPHA EXPERIMENT (알파실험)
4	Newton's Decomposition of Sunlight with Prisms (뉴턴의 프리즘 실험)	EXPERIMENTUM CRUCIS (결정적 실험)
5	Cavendish's Austere Experiment (캐번디시의 엄격한 지구 무게 측정)	WEIGHING THE WORLD (지구의 무게 재기)
6	Young's Lucid Analogy (영의 빛나는 비유)	LIGHT A WAVE (파동으로서의 빛)
7	Foucault's Sublime Pendulum (푸코의 숭고한 진자)	SEEING THE EARTH ROTATE (지구의 자전을 목격하다)
8	Millikan's Oil-Drop Experiment (밀리컨의 기름방울 실험)	SEEING THE ELECTRON (전자를 목격하다)
9	Rutherford's Discovery of the Atomic Nucleus (러더포드의 원자핵 발견)	DAWNING BEAUTY (아름다운 여명)
10	The Quantum Interference of Single Electrons (단독 전자의 양자적 간섭)	THE ONLY MYSTERY (유일한 미스터리)

\* 이 실험의 제목과 내용에 대한 전재를 위하여 Creese, R. (2003)를 활용하는데 대하여 허가를 받기 위한 전자 우편을 보냈습니다.

역사에서 중요한 발견으로 역할을 했던 특징을 보여 준다고 했다. 10개 실험의 이름과 특징을 연대 순서로 인용하여 목록화하여 정리했다(Table 1).

이런 과학(물리) 실험은 실제 수행하면서 아름답게 느끼는 미학적 체험을 직접 측정할 수도 있지만 이 연구에서는 그런 실험을 표현한 그림을 추가하여 실험 내용을 읽고 이해하는 일에 도움을 주었다. 과학의 미학적 경험을 측정하는 도구를 개발할 때도 그림을 포함시켜 어렵거나 지루함을 느끼지 않도록 보완하였다. 그리고 순위는 중요하지 않아서 실험의 번호를 삭제하여 A, B, C 등으로 바꾸었다.

A. 에라토스테네스의 지구 둘레 측정(7위)

기원전 200년경 에라토스테네스는 동근 지구의 둘레를 측정했다. 알렉산드리아와 여기에서 남쪽으로 900 km 떨어진 아스완에 해시계를 두고 하짓날 정오에 해시계의 바늘이 만드는 그림자의 각도 차이(7.2도)를 잴다. 그리고 '7.2도: 900km= 360도: 지구 둘레' 라는 공식을 통해 지구의 둘레가 약 4만km라는 것을 알아 냈다.

B. 갈릴레이의 낙하 실험(2위)

16세기 말 갈릴레오 갈릴레이는 높은 곳에 올라가 금속구와 나무 공을 떨어뜨리는 낙하 실험을 했다. 두 개의 공은 똑같이 떨어졌다. 이를 통해 '물체의 낙하 속도는 무게에 비례한다'는 아리토스텔레스의 법칙은 휴지 조각이 되었다.

C. 갈릴레이의 가속도 실험(8위)

공을 경사면에 굴리는 실험을 한 결과 공이 굴러간 거리는 시간의 제곱에 비례했다. 이 실험을 통해 갈릴레이는 일정한 힘을 가하면 속도도 일정하게 변한다는 가속도 개념을 확립했다.

D. 아이작 뉴턴의 프리즘 실험(4위)

유리로 만든 프리즘 속으로 빛을 통과시켜 무지개를 만들었다. 이로써 햇빛이 여러 가지 색의 혼합체인 것이 밝혀졌다.

E. 캐번디시 지구 질량 측정(6위)

18세기 말 영국의 박사 헨리 캐번디시는 막대기 양 끝에 작은 금속 공을 달아 마치 천칭 저울처럼 실로 매달았다. 작은 금속 공 옆에 큰 금속 공을 놓고 공 사이에 작용하는 인력에 의해 막대기가 비틀리는 정도를 정밀 측정했다. 비틀림 정도를 통해 그는 만유 인력 상수를 얻었으며 이것으로 지구의 질량을 정확히 계산했다.

F. 영의 빛의 간섭 실험(5위)

1803년 영국의 토마스 영은 빛이 2개의 작은 틈(슬릿)을 통과하도록 하고 그 뒤에 스크린을 놓았다. 2개의 틈을 통과한 빛은 서로 간섭을 일으켜 스크린에 줄무늬를 만들었다. 이를 통해 빛은 파동이란 사실이 입증됐다.

G. 푸코의 진자(10위)

1851년 프랑스의 장 베르나크 푸코는 판테온의 돔에서 길이 67m의 실을 내려뜨려 28kg의 추를 매달고 흔들었다. 실험 결과 예상대로 진동면이 일주해 지구의 자전이 입증됐다.

H. 밀리컨의 기름방울 실험(3위)

미국의 로버트 밀리컨은 1909년 투명한 통에 기름을 떨어뜨리고 통의 위와 아래에 양전기와 음전기를 각각 걸었다. 전기장의 세기를 바꿔 가며 실험을 한 결과 기름방울이 가지고 있는 전하의 양에 따라 떨어지는 속도도 변했다. 이를 통해 전자 1개의 전하를 정확히 알아냈다.

I. 러더퍼드의 원자핵 발견(9위)

영국의 어니스트 러더퍼드는 1911년 금박 시료에 알파입자를 쬐여 산란된 입자를 측정했다. 그 결과 일부 알파입자는 오던 방향과 반대 방향으로 산란되었다. 이를 통해 원자의 중심에 양전하를 띤 작은 핵이 존재하는 것이 밝혀졌다.

J. 영의 전자 간섭 실험(1위)

과학자들은 토마스 영이 고안한 이중 슬릿에 빛 대신 전자빔을 쏘았다. 두 개의 슬릿을 통과하면서 전자는 역시 간섭무늬를 만들어냈다. 이를 통해 입자는 동시에 파동성도 갖는 게 입증됐다.

Crease (2003)는 10가지 물리 실험을 설명하면서 특히 그런 실험들이 아름다운 이유를 자세하게 설명하고 있기 때문에 이 연구에서는 핵심 내용만 정리하여 안내용 글로 진술하였으나, 후속 연구로서 과학의 아름다움을 통하여 과학의 본성을 이해하는 지도 프로그램을 개발할 때 활용될 수 있었다.

### III. 연구 결과

#### 1. 과학의 미학적 경험을 측정하기 위한 검사 도구

과학의 미학적 경험을 측정하기 위한 검사 도구는 과학 실험의 제목과 내용을 문장 형태로 압축하여 제시

하면서 그 실험 내용을 그림으로 보여주는 표를 보여 주고 마지막에 그 실험이 아름답게 느껴지는 가를 1-4점으로 표시하는 형태로 개발 되었다. 갈릴레이의 낙하 실험을 예로 든다면 실험 제목으로 갈릴레이의 낙하 실험을 붙이고 그 내용 및 그림을 제시하고 마지막 표에서 미학적 경험을 1-4 단계로 표시하는 형식이었다. 뉴턴의 프리즘 실험, 영의 빛의 간섭 실험, 푸코의 진자 실험을 중심으로 미학적 경험을 측정하는 검사 도구의 샘플은 Figure 4에 있다.

미학적 경험을 측정하기 위해 일차로 개발한 검사 도구는 총 10가지 과학 실험을 대상으로 아름다움을 경험하고 느끼는 정도를 표시하도록 했다. 응답하는데 걸리는 시간은 10-15분 이내였다. D, H, J 실험은 비록 2개 척도에 응답이 집중되었지만 나머지 실험들은 3개에서 4개 척도에 골고루 배치되는 경향을 보여 주었다. 또한 보통 리커트 척도의 질문이 중심화 현상으로 인해 중간 값에 점수가 몰리는 현상에 상관없이 응답자별로 다양한 경향성을 보여 주었다. 과학의 미학적 경험에 대한 측정 도구는 최종적으로 5단계로 측정되도록 수정되었다.

## 2. 과학의 미학적 모델에 대한 10가지 과학 실험의 표현

과학의 미학적 공간을 표상하는 연구는 Girod (2006)가 먼저 발표하였으나 이전의 논문(Kwon, 2018a, b)이 작성될 때는 미처 검색되지 못하였다. 따라서 이전 연구에서 제안된 미학적 모델을 Girod의 연구와 융합하여 변형할 필요성이 제기되었다. Girod (2006)는 과학-미학 공간을 이해하기 위하여 문헌 분석을 통해 4가지 분야(사고와 사고 형식의 미학 분야, 호기심, 두려움, 숭고함의 미학, 신의 설계를 이해하여 우주론과 연관 짓는 미학, 과학 경험과 과학적 사고의 미학 분야)에서 과학과 미학의 연관성을 탐색하였다. 그리고 이러한 연구 결과를 바탕으로 미학적 경험과 과학 학습을 연결 짓는 심리적 분석과 교육학적 분석을 논의하였다.

이 연구는 Ausbel의 표현 방식(Martin, 2102)을 기반으로 하고 있으며 과학의 미학적 모델에 대한 2차원 공간을 제안하였기에 이의 타당성을 점검할 필요가 있었다. 한편 이 모델의 타당성을 정량적으로

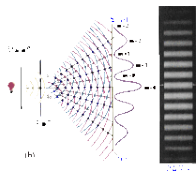
실험 제목	내용	그림	미학적 경험
B. 갈릴레이의 낙하 실험	16세기 말 갈릴레오 갈릴레이는 높은 곳에 올라가 금속구와 나무 공을 떨어뜨리는 낙하 실험을 했다. 두 개의 공은 동시에 떨어졌다. 이를 통해 '물체의 낙하 속도는 무게에 비례한다.'는 아리스토텔레스의 법칙은 휴지조각이 되었다.		<b>B 실험은</b> ① 매우 아름답다 ② 보통 아름답다 ③ 조금 아름답다 ④ 아름답지 않다
D. 아이작 뉴턴의 프리즘 실험	유리로 만든 프리즘 속으로 빛을 통과시켜 무지개를 만들었다. 이로써 햇빛이 여러 가지 색의 혼합체인 것이 밝혀졌다.		<b>D 실험은</b> ① 매우 아름답다 ② 보통 아름답다 ③ 조금 아름답다 ④ 아름답지 않다
F. 영의 빛의 간섭 실험	1803년 영국의 토마스 영은 빛이 2개의 작은 틈(슬릿)을 통과하도록 하고 그 뒤에 스크린을 놓았다. 2개의 틈을 통과한 빛은 서로 간섭을 일으켜 스크린에 줄무늬를 만들었다. 이를 통해 빛은 파동이란 사실이 입증됐다.		<b>F 실험은</b> ① 매우 아름답다 ② 보통 아름답다 ③ 조금 아름답다 ④ 아름답지 않다
G. 푸코의 진자	1851년 프랑스의 푸코는 판테온의 돔에서 길이 67m의 실을 내려뜨려 28kg의 추를 매달고 흔들었다. 실험 결과 예상대로 진동면이 일주해 지구의 자전이 입증됐다.		<b>G 실험은</b> ① 매우 아름답다 ② 보통 아름답다 ③ 조금 아름답다 ④ 아름답지 않다

Figure 4. Samples of questionnaires for measuring aesthetic experience

탐색하기 전에 과학의 미학적 모델 혹은 과학의 미학적 공간을 투영해 보는 시도를 진행하였다. 우선 과학 실험 중에서 아름다운 실험으로 물리학자들이 인정한 10가지 물리 실험들을 과학의 미학적 공간에 위치시켜 보았다. 한편 과학의 미학적 모델에 대한 탐색적 검증에 사용된 10가지 과학 실험이 과학과 미학의 공간에 적절하게 표현된다면 과학의 본성을 지도하여 과학의 미학적 인식이 개선되었는지를 간접적으로도 평가할 수 있는 과학의 미학적 인식 측정 도구로 활용될

가능성이 있다.

과학 실험 10가지는 과학자들이 특히 물리학자들이 아름답다고 경험하거나 느끼는 실험들을 주로 선정하였으며, 과학의 미학적 모델에 대한 데이터로 이용하여 그 모델이 잘 들어맞는지를 알기 위해 두 개의 차원을 고려하면서 위치시켜 보았다. 10가지 과학 실험들을 시각적인 실험과 이론적인 실험으로 구분하면서 과학의 미학적 모델의 느낌-행동 차원으로 표현한 것이 Figure 5, 6에 실려 있다.

느낌	러더포드의 원자핵 발견		영의 빛의 간섭 실험, 전자 간섭 실험
	푸코의 진자	뉴턴의 프리즘 실험	캐번디시의 지구 질량 측정
행동	지구의 둘레 측정	갈릴레이의 낙하 실험, 갈릴레이의 가속도 실험	밀리컨의 기름방울 실험
	시각적	이론적	이론적-시각적

Figure 5. The two-dimensional aesthetic model of representations of 10 science experiments

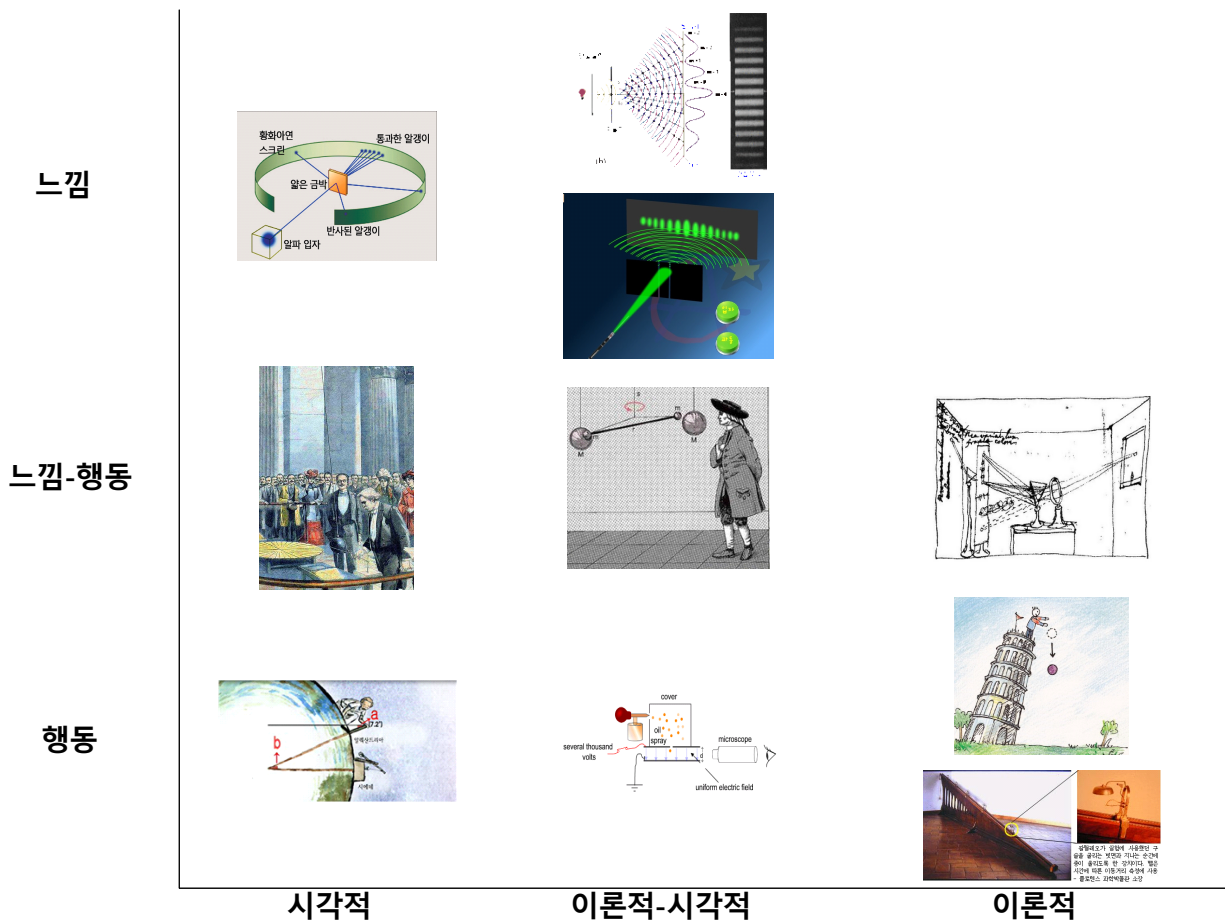


Figure 6. Images of 10 scientific experiments in two-dimensional aesthetic space of science

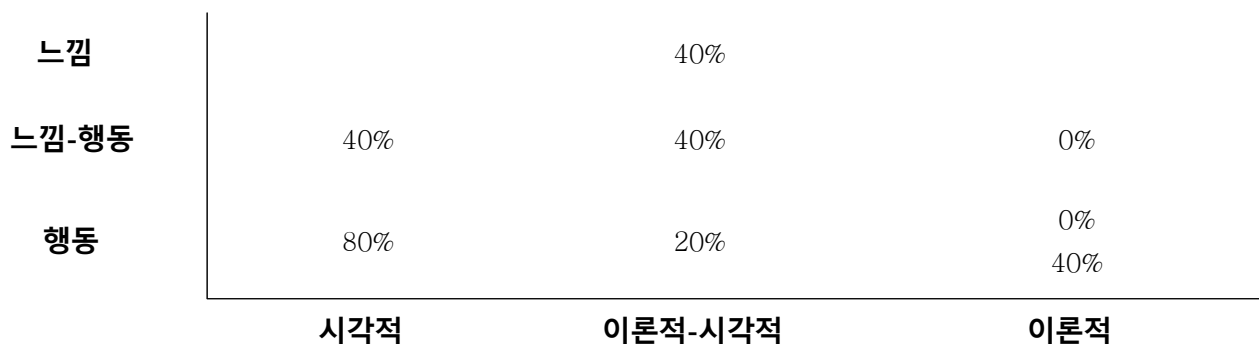


Figure 7. Alignment of 10 scientific experiments in two-dimensional aesthetic space of science

과학의 미학적 공간에 배치하는 과제를 통해서 초등학교 교사이면서 대학원생(과학 실험 전공자 5명)에게 일치도를 확인하였고 그 결과 최대 80%의 일치율을 보였다(Figure 7). 과학자들이 아름다운 실험이라고 여기는 10가지 실험들을 과학의 미학적 차원에 배치하는 일은 실험에 대한 사전 지식과 관점 등에 따라 다양하게 진행될 수 있다. 이를 통해 과학의 미학적 공간에 표상하는 과제는 응답자의 경험과 관점에 영향을 받지만 과학 실험이 가진 고유한 특성에 따라 배치되는 경향이 있음을 확인하였고 이는 검사 도구 개발의 방향에 부합하는 결과였다.

#### IV. 연구의 결론, 시사점 및 연구의 한계

과학교육에서 과학의 미학적 모델을 도출하여 과학의 본성을 지도하기 위하여 과학의 미학적 모델을 2차원 모델로서 제안한 선행연구에 이어 이 연구는 과학의 미학적 모델을 구체적으로 검증하였다. 이 모델에 대한 논의를 위해서 갈릴레오의 자유 낙하 실험, 푸코의 진자 실험 등 구체적인 물리 실험의 제목과 내용을 진술문 형태로 안내하고 그림을 보여주면서 과학이 아름답게 느껴지는가를 리커트 척도로 응답하는 검사 도구를 개발하였다. 또한 과학의 미학적 공간에 10가지 과학 실험을 표상해 보았다. 이를 통해 시각-이론적 차원과 느낌-행동 차원으로 표상하는 것에 적합한 실험들이 있었지만, 빛이나 전자를 이용한 간접 실험은 현대 물리학 분야에서 이론과 실험으로 구분하기 어렵다는 것도 알게 되었다.

결론적으로 이 논문에서 개발한 아름다운 물리 실험 10가지를 측정하는 도구는 과학의 미학적 모델을 간접적으로 측정 및 평가하는데 활용될 수 있을 것이며, 검사 도구의 타당성과 미학적 공간에 대한 표상에 대한 부분은 더 깊은 후속 연구가 필요함을 제안한다.

#### 국 문 요 약

이 논문에서는 2차원 미학적 모델의 적합성과 유용성을 찾기 위하여 과학자들이 아름답게 생각하는 10가지 과학 실험들을 과학의 미학적 공간에 표상하였고 동시에 10가지 과학 실험을 바탕으로 과학 실험의 그림을 함께 제시하는 리커트 척도의 측정 도구를 개발할 수 있었다. 이를 통해 과학의 미학적 모델을 기반으로 과학의 본성을 지도하는 방안과 그 방안의 효과 측정에 대한 활용 가능성을 제안하는 바이다.

주제어: 과학의 본성, 과학의 미학적 모델, 과학의 미학적 경험 측정 도구

#### References

Bell, R. L. (2008). *Teaching the nature of science through process skills: Activities for grades 3-8*. Boston, MA: Pearson Allyn and Bacon.

Crease, R. (2003). *The prism and the pendulum: The ten most beautiful experiments in science* (M. N. Kim, Trans.). Manhattan, NY: Random House. (Original work published 2003)

Girod, M. (2006). *A conceptual overview of the role of beauty and aesthetics in science*. A paper published in Division of Teacher Education, Western Oregon University.

- Kwon, S. K. (2018a) An aesthetic model of science for teaching of NOS. *Research Science and Math Education*, 41, 155-170.
- Kwon, S. K. (2018b) Theoretical summary for aesthetic model of science for teaching NOS. *Journal of Elementary Education*, 34(2), 201-220.
- Le Deist, F. D., & Winterton, J. (2005) What is competence? *Human Resource Development Internation*, 8(1), 27-46.
- Martin, D. J., (2012). *Elementary science methods: A constructive approach* (S. K. Kwon, D. R. Kim, & C. Lim, Trans.). Belmont, CA: Wadsworth, Cengage Learning. (Original work published 2009).
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2012). *Teaching for understanding: A human constructivist view*. (S. K. Kwon, Trans.). San Diego, CA: Academic Press. (Original work published 1998)

## 저 자 정 보

권 성 기           (대구교육대학교 교수)

남 일 균           (구미인덕초등학교 교사)