

1. 자연관

<자연관의 종류>

※ 네 가지 생명관의 핵심개념(생명과학교육론2판, p51)

생명관	생명의 특성	주요 핵심개념	비고
물활론	정령 영혼	• 사람, 동물, 바위 등 모든 자연물은 정령을 가진 살아 있는 존재임 • 사람만이 영혼을 가짐, 죽음이란 영혼이 신체를 떠남	• 생명체와 비생명체 구분 안됨 • 생명에 대한 분석 불가능
기계론	영혼 기계적 환원주의	• 사람만이 영혼을 가지며, 살아 있는 것은 신체와 영혼이 함께 존재 • 인간을 제외한 모든 생명체는 자동 기계 • 생명현상은 기계적이며, 물리 및 화학 구조와 기능으로 환원 가능함	• 생명의 전체적 특성 설명 못함 • 영혼 개념 고착화
생기론	생기력 전체적	• 생명현상은 환원적이 아닌 전체적으로 설명가능 • 생명현상은 생기력이라는 독촉한 힘의 유체에 의해 유지됨 • 생명체는 비생명체와는 다른 물질로 구성	• 생기력 검증 불가능
유기체론	유기체 과학성 창발성	• 생명체는 그 구성요소의 고유한 조직과 상호작용으로 구성됨 • 조직의 각 수준에서 물리화학적 분석 가능 • 생명체는 구성요소의 상위통합으로 고유한 생명현상인 창발성 발현 • 생명의 특성은 그 구성요소의 고유한 조직화에 의존함	• 현대 과학적 관점의 설명

1. 기계론

- ㉠ 생명현상을 물리학 및 화학에 바탕을 두고 살아 있는 생명체의 생명 현상은 죽은 물질 또는 기계와 같은 구성 요소와 기능으로 이루어져 있다고 설명, 즉 살아있는 생명체는 죽은 물질과 다르지 않다는 관점이다.
- ㉡ 생명과정은 기계적이며 물리학과 화학의 법칙으로 환원될 수 있다는 주장으로 형이상학적인 생명 요소는 없으며 분자 수준에서는 생명이 물리, 화학의 원리에 따라 설명될 수 있다고 봄
- ㉢ 문제점: 살아있는 유기체와 관련된 현상이나 과정들을 설명하지 못함 -예. 성계의 알 기출- 생명체는 정교한 부속품들이 서로 맞물려 움직이는 복잡한 자동기계이다.

2. 생기론

- ㉠ 생명현상은 살아 있는 유기체에서만 존재하는 특별한 물질 상태나 힘에 해당하는 생기력에 의해서 조절된다는 것. (생명체는 비생명체와 다른 물질로 구성
- ㉡ 생기력: 생명체 내에 존재하지만 보이지도 만져지지도 않으면서 생명을 유지하게 해 주는 힘을 가진 유체
- ㉢ 생명체는 무생물에서는 볼 수 없고 생명체에서만 볼 수 있는 힘과 인과율이 작용하고 있어서 물리학과 화학의 법칙과 이론만으로는 생명현상을 설명 할 수 없다. (기계론과 상반된 입장)
- ㉣ 문제점: 생기론을 검증할 방법을 가지고 있지 못해 형이상학적으로 받아들여짐, 생기론의 근거로 인용되던 현상들을 설명해줄 새로운 생물학적 개념들이 나타나기 시작함.

※ 생명체는 생기력을 가지고 있으며, 세포 · 조직 · 기관의 형태와 기능이 생기력에 의해 결정된다.

기계론자들은 생물을 물리, 화학적 법칙이 적용되는 일종의 기계로 간주하고 생물이 무생물과 결코 다르지 않다고 했다. 그들은 생물체에 ‘생기력’ 과 같은 형이상학적인 생명요소는 없으며, 생명 현상을 물리, 화학적 원리로 분자 수준에서 설명할 수 있다고 주장하고 실험적으로 입증해왔다.

생기론자들은 복잡한 생명현상을 기계론적 관점으로는 설명할 수 없으며, 생명체에는 생장이는 물질대사와 같은 독특한 특성을 나타내는 생기력이 있다고 주장했다.

3. 유기체론 19A9

- ㉠ 살아 있는 생명체는 그 구성 요소들 간의 상위 체계 조직을 통해 전체의 창발성을 얻고, 전체의 **창발성**으로 생명체의 구성 요소들을 제어하는 **시스템적 메커니즘**을 의미
- ㉡ 유기체는 그 자체가 구성 요소의 단순한 합이 아니라 하나의 전체라는 것, 전체는 부분의 합 이상(구성요소를 개별적으로 설명하여 합한다 하더라도 상위조직 단계의 특성은 그 구성요소의 합으로 설명할 수 없는 특성이 존재한다.)
- 유기체의 전체는 분석이 불가능한 형이상학적 존재가 아니라 적절한 수준과 방법으로 분석 가능

창발성	•생명체의 구성 단계나 낮은 수준에서 높은 수준으로 한 단계 올라갈 때마다 바로 아래 단계에서는 볼 수 없었던 새로운 특성이 나타나는 것. •하위 단계의 구성요소들이 상위 단계로 조직될 때 하위 단계 구성 요소들의 배열 및 상호작용에 의존해서 나타나는 것. •하위의 구성요소들이 통합, 조합되어 상위 구성요소를 형성할 때, 하위 구성요소에서는 예측할 수 없는 새로운 속성이 발현되는 것. 기출- 생물체에서 구성단계가 낮은 ‘분자나 세포 소기관’ 이 높은 수준의 ‘세포나 조직’ 으로 통합될 때마다 나타나는 것.
시스템적 특성	•학습동기의 유발과 지속은 전두연합령-선조체-중뇌의 신경 조직 구성요소들이 복잡한 네트워크(연결망)를 형성하여 상호작용한 결과, 우리의 생각과 정신활동은 신경조직 구성요소들의 복잡한 네트워크 간의 상호작용 결과. •영양물은 생태계 수준에서 분해자, 생산자, 소비자라는 구성요들 간의 조직적인 상호작용에 의해 물질순환이라는 고유한 창발성을 보여줌. •조류와 균류는 서로 공생체를 이룰 때 바위같이 생존이 불가능한 열악한 환경에서도 살 수 있는 지의류와 같은 창발성을 보여줌 •DNA 염기 자체는 매우 연약하고 생명현상을 찾아보기 어려운 분자구조 화학물질이지만 이들이 DNA가 조직화되어 복제, 전사, 번역에 관련된 다른 물질과 상호작용을 하게 되면 단백질 합성, 유전과 진화와 같은 창발성을 보여줌

<잠정적 설명의 지식의 유형>

1. 자연관에 따른 분류

기계론적 자연관	원인+결과, 인과론적 설명	
	가설	현재 관찰된 현상의 원인이 되는 설명자(과거) → 귀추의 과정
	예측	현재의 원인에 의해 일어날 미래의 현상(미래) → POE, PEOE모형의 P(예측단계)
	추측	현재 관찰된 현상을 설명하는 설명자(현재) 현재 시점에 관찰 된 내용을 더 구체적으로 의문사항이 들었을 때, 현재의 시점에서 설명
목적론적 자연관	원인+도구, 용도, 기능, 목표, 효과	
	목적론적 설명: 현재의 원인에 일어날 미래의 목표, 기능, 용도 등을 진술한 명제	

2. 잠정성의 시점에 따른 분류: 과거, 미래, 현재

3. 잠정성의 대상에 따른 분류: 설명자, 현상

자연관	자연현상에 대한 설명은 ‘목적’이라는 관점으로 설명한 목적론적 설명과 ‘원인과 결과’라는 관점에서 설명한 기계론적 설명으로 분류
잠정성의 시점	의문에 대해 임시적으로 답한 것이 의문을 발생하게 한 것을 기준으로 어떤 시점에서 온 것인가에 따라 과거, 현재, 미래로 구분
잠정성의 대상	설명 주체인 설명자가 잠정적인 것과 설명 대상인 현상이 잠정적인 것으로 구분

설명 유형	자연관	잠정성의 시점	잠정성의 대상
가설	기계론	과거	설명자
추측	기계론	현재	
예측	기계론	미래	현상
목적론적 설명	목적론	미래	

2. 생명과학의 특성

근인적(기능적) 설명	생명 현상에 대한 생리적, 형태적, 해부학적 원인에 대한 설명
궁극적(원인적, 역사적) 설명	생명현상에 대한 생리적, 형태적 원인이 현재 상태로 존재하게 된 역사적, 진화적 원인에 대한 설명(자연선택, 진화적 산물임을 설명)
목적론적 설명	현재의 원인에 일어날 미래의 목표, 기능, 용도 등을 진술한 명제

3. 과학 철학

〈과학 지식의 변화 모형〉 18B물리-1. 과학지식발달의 과학철학관점/14B지구-1 과학지식의 변화모형

1. 누가적 모형(보전적 모형) : 인식론(경험주의, 실증주의) 방법론(귀납주의)

- ① 기존지식에 새로운 지식이 누적되어 발달, 과학자들이 연구를 통해 얻어진 새로운 사실이나 이론이 기존의 과학 지식 체계에 추가됨으로써 결과적으로 과학지식이 변화된다고 설명한다. 과학은 실험이나 관찰을 통해 얻은 데이터를 일반화하는 과정에서 발달한다.
- ② 경험주의- 관찰을 통해 자연에서 발견되거나 구성된 그대로 누적되어 발달, 검증 없이 관찰을 통한 지식이면 그대로 누적
- ③ 실증주의- 검증 과정을 거쳐 진리로 확증되거나 입증 된 것만 누적
- ④ 누가적 모형의 한계: 관찰이나 사실은 결코 객관적이지 못하며 오히려 주관적이고 상대적인 특성을 지니고 있다. 따라서 관찰이나 사실이 객관적이고 절대적인 속성을 지니고 있다고 가정에서 출발하는 누가적 모형은 인식론적 측면에서도 과학의 발전을 설명하기에 부적합하다.

2. 진화적 모형 : 포퍼의 반증주의, 라카토스의 연구프로그램

- ① 여러 경쟁이론 중에서 검증을 가장 잘 견디어 낸 이론이 다른 경쟁 이론이나 기존 이론을 교체함으로써 과학과 과학 지식이 발달하는 과정을 설명
- ② 새로운 이론은 다른 이론들이 안고 있는 내용과 방법을 모두 포괄하며 사라지는 이론이 해결한 문제뿐만 아니라 해결할 수 없었던 문제까지 해결.
- ③ 과학 지식의 보존과 이론의 대체 과정 모두를 통하여 과학이 발달. 동일한 현상에 대해 경쟁 관계에 있는 여러 이론 중 엄격한 검증과정을 통해 살아남은 이론만이 기존의 과학 지식에 더해져 새로운 과학 지식을 이루게 된다.

과학 지식이 옳다는 것은 완벽하게 증명할 수 없고, 우리가 알 수 있는 것은 그 이론이 틀렸는지의 여부일 뿐이라고 생각해요. 과학 이론이란 자연 현상을 설명하고 기존의 이론이 해결하지 못한 문제를 해결하기 위해 구성된 잠정적인 가설일 뿐이죠. 이 가설을 반박하는 관찰 사례가 발견되면 비판을 통해 그 가설은 곧바로 폐기되고, 그렇지 않으면 그 가설은 성공적으로 살아남게 돼요. 이러한 시험의 과정이 계속 반복되면서 이론이 점진적으로 진보하게 되는 거예요.

3. 격변적 모형: 쿤의 과학혁명이론 (사회적 합의)

- ① 새 이론은 기존 이론과 비교하기 불가능하며, 새롭게 생각하는 방법과 서술하는 내용은 물론이고 자연 세계를 바라보는 새로운 관점을 제시함으로써 자연 세계에 대한 새로운 탐구방법을 알려줌.
- ② 한 이론이 교체되면 교체되는 이론과 관련된 세계관, 과학적 방법, 과학의 목적, 과학적 탐구의 결과와 그 해석 등이 모두 한꺼번에 새로운 것으로 변한다고 가정하고, 그것이 변하는 과정을 설명
- ③ 과학은 새로운 이론이 기존 이론을 혁명적으로 대체함으로써 발달.

4. 점진적 모형: 라우든의 연구전통

과학 탐구를 구성하는 세 가지 요소인 과학 이론, 과학적 방법, 그리고 과학의 목적은 과학의 발달 과정에서 일시적으로는 상호 배타적일 때도 있으며, 각각 제한된 영역에서 독립적으로 변화한다. 각 수준에서의 변화는 독립적으로 일어나 다른 영역에서의 변화를 유발한다.

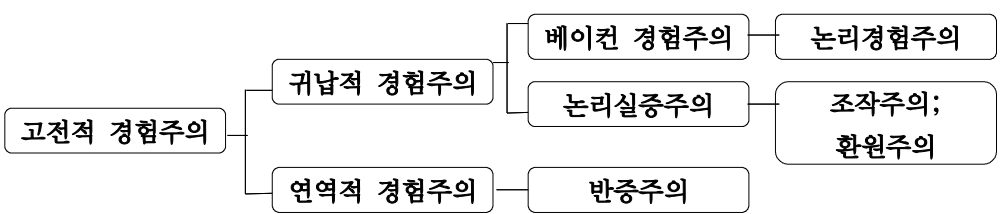
<진리 또는 가치의 검증설>

일치설	경험주의, 실증주의(확증법/ 입증법-가설연역법), 반증주의(반증법) 사실, 상황, 실태 등에 일치하는 진술만 진리로 보는 이론
정합설	이성주의(연역법), 한 명제, 진술, 판단의 진위를 다른 검정된 명제, 진술, 판단에 의해 확인
실용설	실용주의(귀추법), 지식의 참 가치를 실효성이나 유용성이 따라 판단
확증설	절대적 검증과정, 논리 실증주의, 경험적 증거에 의해 완전히 지지하여 확실히 증명
입증설	확률적 검증과정, 논리 경험주의, 경험적 증거에 의해 확률적으로 지지되는 경우(일정한 부분적인 증거)
반증설	반증주의, 절대적으로 지식에 대하여 확증하거나 입증할 수 없음. 그러나 절대적으로 옳지 않 다는 것은 단 하나의 반증사례를 통하여 증명할 수 있음⇒그 가설은 반증에 실패했다(과학적 지식, 이론과 관찰결과 일치할 경우)
사회적 합의	

<전통적 과학 철학>

1. 고전적 경험주의

- ㉠ 지각적 경험을 통해 과학적 개념과 이론을 설명, 정의하며, 그 타당성도 정당화 할 수 있다.
- ㉡ 과학 지식의 발달에 관한 ‘누가적 모형’ 제시, 관찰을 통해 자연에서 발견되거나 구성된 그대로 누적되어 발달, 검증없이 관찰을 통한 지식이면 그대로 누적.
- ㉢ 경험주의의 종류와 발달 과정
: 고전적 경험주의→ 귀납적 경험주의(귀납적 추리), 연역적 경험주의
(이후 포퍼의 반증주의, 가설 연역법의 기틀 제공)
- ㉣ 경험주의의 문제점: 귀납적 원리의 합리성 문제, 관찰의 이론의존성 문제, 흠의 문제



2. 이성주의

- ㉠ 지식은 학습되거나 경험을 통해 얻어지는 것이 아니라 관념의 형태로 마음속에 존재한다.
따라서 이성이나 논리적 타당성에 근거한 사물의 인식이나 판단을 중시
- ㉡ 과학적 방법: 연역법(연역적 추리)
- ㉢ 이성주의의 문제점: 연역법에 내재된 문제-새로운 지식을 생성하지 못한다.

3. 과학적 방법론

- ㉠ 경험론의 신념과 이성론의 신념이 통합된 인식론적 신념
- ㉡ 경험적 측면(관찰과 측정 등을 통해 자료를 수집)과
이성적 측면(경험적 과정을 통해 수집된 자료를 바탕으로 가설을 설정하고 검증)으로 구분

4. 실증주의

: 경험주의에 바탕을 두고 있으며, 관찰 진술과 과학 지식을 진리로 생각하는 경험주의와는 달리
검증을 통해 진리로 확인된 것만이 과학 지식에 통합된다는 주장,
*경험주의의 문제점을 그대로 지니고 있다.(귀납적 원리의 합리성문제, 관찰의 이론 의존성, 흠의 문제)

㉠ 실증주의 종류

- 논리 실증주의: 확실한 지식을 생성하는 탐구의 방법과 이미 확립된 지식에만 관심
절대적 검증을 설명하는 ‘확증설’을 제시 → 그 가설은 옳다.
 - 논리 경험주의: 과학적 법칙을 결정적으로 입증할 수 없다고 보고 확률적 검증 과정을 설명하는
‘입증설’을 제시 → 그 가설은 참일 확률이 높아졌다.
- ㉡ 과학 교육에 미친 영향: 누가적 모형의 기반, 가설-연역법의 골격(논리 경험주의)

5. 환원주의

: 자연에서 일어나는 다양한 현상을 기본적인 하나의 원리나 요인으로 설명하려는 과학 철학

㉠ 환원주의의 종류와 주장

- ㉡ 실체론적(구성) 환원주의: 생물체의 물질적 구성 요소와 무생물의 구성요소는 동일하며,
원자, 분자 수준에서 기술되는 생물학적 현상과 과정은
물리, 화학적 현상과 과정으로 설명 가능
- ㉢ 인식론적(이론, 법칙적) 환원주의: 생물학 법칙과 이론은 물리, 화학 법칙과 이론의 한 예
- ㉣ 방법론적(설명, 서술적) 환원주의: 전체는 하위 구성요소들을 모두 나뉘어 그 구성요소들을
분석하여 이해할 수 있다고 주장

㉡ 환원주의의 문제점: 실체론적 환원주의의 타당성만 인정받음.

방법론적 환원주의-생물의 창발성, 시스템적 특성과 같은 것들은 그 구성요소에
대한 분석을 통해서 전체를 이해 할 수 없다.
인식론적 환원주의-과학의 과정과 과학적 개념을 혼동하거나 과학적 개념의
특성을 특정 관점에서 해석하여 그 의미를 오해

환원성	논리실증주의(절대적 검증과정을 중요시)가 더 극단적으로 간 철학. 기계론, 물리주의자. 직접 경험하거나, 관찰할 수 없는 법칙, 명제를 직접 경험할 수 있는, 관찰할 수 있는 구체적인 개 념으로 설명(치환)할 수 있다. 어떤 수준의 개체는 개체를 구성하고 있는 일부 성분, 구성요소로 분 석하면 알 수 있다. 전체는 부분의 합과 같다.
-----	--

<과학지식의 형성되는 방법>

- ㉠ 경험주의: 관찰, 측정, 실험, 지각 등의 경험
- ㉡ 반증주의: 상상력과 직관적 추리
- ㉢ 현대의 과학철학: 토론과 협상, 합의 과정의 제시(사회적 합의)
- ㉣ 직관: 무의식적 상황에서 갑작스럽게 떠오르는 통찰, 일정한 절차를 따르거나 논리적 추리에 의거하지도
않는 직접적인 이해나 선험적 인지를 의미. → 과학교육에서 창의성 계발과 관련한 의의: 학생들이 정해진
틀에서 벗어나 기존의 이론 이외의 관점에 생각해볼 수 있음. 14B화학2

6. 반증주의

- ① 반증주의자들은 과학의 이론이 옳다는 것을 완벽하게 증명할 수는 없지만 그것이 옳지 않다는 것은 완벽하게 증명할 수 있다고 주장하며, 반증을 위한 사례는 단 한 개의 사례로 충분하다고 설명한다. 따라서 반증을 과학적 이론을 수용하거나 거부하는 기준으로 이용할 것을 강조한다. 이를 바탕으로 과학 지식은 누적이나 검증되는 것이 아니라 추측과 반증을 통해서 발달하며, 과학의 발달 과정은 이론에 반하는 사례를 찾음으로써 반증 가능성이 높은 이론을 찾아가는 과정이다.

② 과학적 방법: 가설-연역법, 반증법

- ③ 잠재적 반증 가능자: 반증 가능성의 수준과 정도를 나타내기 위해 도입한 개념

⇒ 이론의 대상이 포괄적이고 설명이 명확할수록 잠재적 반증가능자가 많으며, 반증가능성 또한 크다. 포퍼의 반증주의에서 반증 가능성이 높을수록 더 좋은 이론이라고 설명한다.

· 과학 이론은 다수의 증거에 의해 확증되는 것이 아니라, 반증 가능한 가설을 통해 구성된다. 하나의 가설에 대해 반응 가능한 실험을 많이 구성할 수 있는 것이 좋은 이론이다. 반증할 수 있는 실험을 많이 견뎌낼수록 말할 수 있는 이론이 된다.

* 과학지식이 절대적이고 객관적인 근거를 바탕으로 형성된다는 것을 옳지 않다. (경험주의, 실증주의 비판) 반증주의의 연구과정은 자연현상에 대한 문제를 인식하는데서 출발하며, 반증 가능한 가설을 제시하고 연역적으로 가설을 검증하는 과정을 통해서 과학적 가설의 반증을 시도한다.

****반증사례** : 반증주의에서 과학적 이론이 있을 때, 이론과 관련된 문제를 인식하여 반증 가능한 가설을 세워 검증하는 과정에서 과학적 이론에 반하는 불일치 현상. → 단 하나의 반증사례로 과학적 이론을 즉각 폐기할 수 있다.

****변칙사례** : 쿤의 과학혁명이론에서 정상과학 단계의 패러다임으로 설명할 수 없는 불일치 현상.

20A물리-6 새로운 기술에 의해 얻어진 새로운 자료나 사실로서 기존 설명 체계의 범위 내에 포함되지 못하나, 그 타당성으로 인해 쉽게 폐기하지도 못한다.

→ 패러다임을 교체, 폐기 할 수 없으며 변칙사례를 과학자 연구과정의 착오 혹은 관찰 능력의 부족으로 여기고 무시한다.

④ 반증주의의 문제점

- 뒤엎-콰인 논제: 반증사례가 있을 때, 이것으로 이론이 반증된 것인지, 실험에서의 초기조건이 반증된 것인지, 정확히 무엇이 반증되었는지가 불명확하다.
- 관찰의 이론 의존성과 반증의 오류 가능성
- 가설-연역법이 안고 있는 문제: 임시 변통적인 가설 때문에 반증되지 않는 문제
- 단 하나의 변칙 사례로 과학적 이론이 즉각적으로 폐기 되지 않는다.
- 관찰의 이론 의존성 문제
- 실제적인 과학의 역사와 부합되지 않는다. 반증주의가 충실히 지켜지면 과학 이론의 발전은 없다.

⑤ 귀납주의와 반증주의의 비교

반증주의자들은 연구자의 생각에서 비롯된 문제 인식에서 연구를 시작하는데 반해, **귀납 주의**자들은 관찰 사실(자연 현상의 관찰)에서 연구를 시작한다는 점에서 차이점이 있다는 것을 알 수 있다.

귀납주의자의 경우 과학 이론에 부합되는 사례를 찾음으로써 참일 개연성을 높이는 방향으로 과학이 발달한다고 보는데 반해, 반증 주의자는 과학이론에 반하는 사례를 찾음으로써 반증가능성이 더 높은 이론 즉, 더 좋은 이론을 찾는 것으로 과학이 발달한다고 본다.

<현대의 과학 철학>

1. **쿤의 과학 혁명 이론 -격변적 변화과정** 새로운 이론이 기존 이론을 혁명적으로 대체함으로써 과학이 발달 : 과학은 기존의 패러다임을 적용하여 과학을 분화, 발달시키고, 그 패러다임이 한계에 다다르면 민주적 절차에 따른 토론과 합의과정을 통해 새로운 패러다임을 수용하는 격변적 변화과정을 거쳐 발달 <패러다임>

어떤 집단이 민주적 절차를 통한 토의 등으로 공동으로 인정하고 받아들이는 가정, 규칙, 연구방법, 과학적 법칙, 이론, 응용, 도구 등으로 이루어진 한 시대를 지배하는 인식론적, 형이상학적, 방법론적 체계, 자연을 보는 방식과 과학적 문제를 해결하는 방법과 방향을 제시

<쿤의 과학 혁명에서 좋은 이론> 유용성, 단순성, 일관성, 정확성, 범위가 넓은 것 <과학 이론의 발달 과정>

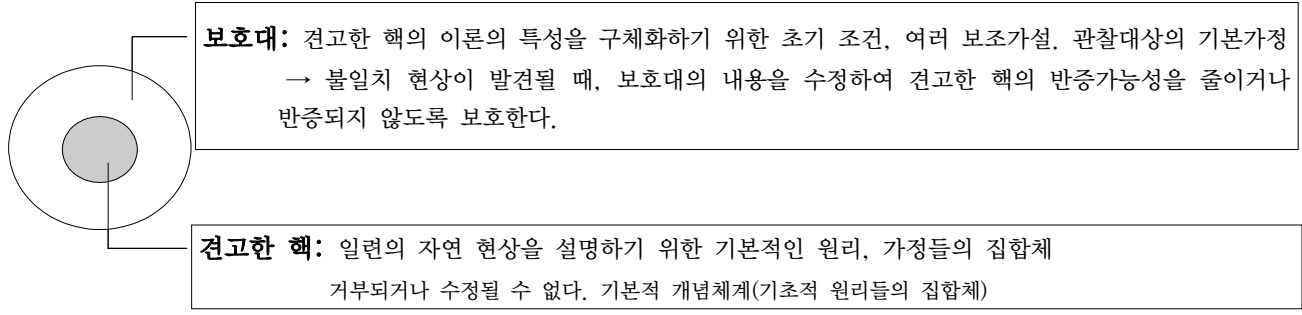
전과학 단계	학문이 정립되기 전으로 기본적인 영역과 주제가 학자들 사이에 합의되지 않은 상태이다. 과학자들이 관련 이론에 따라 자연현상을 설명하거나 예상하지도 않은 단계이다.
정상 과학 단계	여러 경쟁 가설 가운데에서 과학적 문제를 쉽고 효과적으로 해결하거나 자연현상을 명료하게 설명하는 가설이 패러다임으로 수용되는 단계이다. 이 단계에서 수수께끼 풀이 활동을 한다. *수수께끼 풀이 활동 4가지 ① 사실적 조사 (의미 있는 사실의 결정), 패러다임에 부합되는 과학적 사실을 찾아 중요한 과학적 사실의 정확도를 높인다. ② 패러다임의 지지 (사실과 이론의 일치), 패러다임에 따라 예측한 명제와 실제의 경험적 사실을 비교하여 패러다임을 지지하는 근거와 사실을 찾는다. ③ 패러다임의 정교화(이론의 정교화) : 패러다임의 응용범위를 더욱 넓히거나 새로운 상황에 적용하여 이론의 애매모호함을 해결하기 위한 활동을 수행한다. ④ 이론적 문제의 해결 : 패러다임에서 제기하는 경험적 증거로 해결할 수 없는 이론적 문제를 해결하는 활동이다.
위기 단계	패러다임으로 해결할 수 없는 문제가 많이 드러나고, 패러다임을 근거로 한 예측이 자주 빗나가는 상태이다. 또한, 이론을 반증하는 변칙사례가 반복되거나 패러다임으로 설명할 수 없는 과학현상이 증가하는 단계이다. 따라서 과학자들은 패러다임에 대한 의심이 증가하게 되고, 경쟁패러다임들이 등장하게 된다.
과학 혁명 단계	위기단계에서 제기된 여러 경쟁이론들 가운데 문제를 가장 잘 해결하는 이론에 의해 패러다임이 대체되는 단계로, 대체된 새 이론은 기존의 패러다임으로 해결할 수 없었던 문제와 새로운 문제를 해결하고, 그 문제를 해결하는 방법과 수단 등과 함께 새로운 패러다임의 구성요소가 된다.
새로운 정상 과학 단계	
새로운 패러다임을 수용하여 이에 기초한 연구를 수행한다.	

<과학 혁명의 문제점>

- ① 새 이론의 구체적 수용 과정 제시하지 못하였다.
- ② 선행패러다임과 새 패러다임은 서로 비교할 공통적 준거가 없는 경쟁패러다임으로 같은 척도로 비교될 수 없으며, 합리적 의사소통이 불가능하다. (공약불가능성)
- ③ 패러다임은 과학자의 개념적 안정이다.
- ④ 경쟁이론이 공존할 수 있는데 이를 인정하지 않는다.

2. 라카토스의 연구프로그램

〈 연구프로그램의 개념적 구조 〉



〈 방법론적 규칙 〉 20A물리-6

긍정적 발견법	적극적 연구 지침으로 과학자가 해야 할 것을 지시하고 있으며, 보호대를 변화, 발달, 수정하는 방법에 대한 제안과 암시로 구성되어있다. 견고한 핵이 자연현상을 설명하고 예측할 수 있도록 보강되어야 할 방법을 제시한다. 보조가설을 추가하여 새로운 현상 예측
부정적 발견법	소극적 연구 지침으로 과학자들이 하지 말아야 될 것을 지정하고 있다. 부정적 발견법의 핵심적 규정은 ‘연구프로그램의 견고한 핵은 언제나 수정하지 말고 원래의 상태를 유지해야 한다.’ 는 것으로, 견고한 핵의 후건 부정을 금지하고 있다. 예) 임시변통적 가설을 제시, 견고한 핵을 보호

〈 연구 프로그램의 발전과 퇴행 〉

〈연구프로그램의 4가지 진화 유형〉 “새로운 불일치 현상에 대해 보호대가 얼마나 적절히 대응할 수 있는가?”

퇴행적 연구프로그램	보조가설을 조정하는 것에도 실패하는 경우
	보조 가설의 조정에만 겨우 성공하는 경우-임시변통적 가설을 제시한 경우
전진적 연구프로그램	보조 가설의 조정에 성공함과 동시에 새로운 예측까지 내놓는 경우(이론적 진보가 있는 경우)
	보조 가설의 조정에도 성공하고 새로운 예측을 내놓으며, 그 예측이 경험적으로 입증된 경우 (이론적 진보와 경험적 진보가 있는 경우)

퇴행적 연구프로그램	기존 연구 프로그램의 내용과 문제 해결 방법을 유지한 채 진전이 없는 경우
전진적 연구 프로그램	기존의 연구 프로그램이 해결한 문제와 해결하지 못한 문제를 모두 해결하고 새로운 문제나 사실을 설명하거나 예상하고, 이를 실험을 통해 경험적으로 입증할 수 있는 연구프로그램

- 비판점:** 현재로선 ‘퇴행적 연구프로그램이 영원히 퇴행적일 것인가’ 에 관한 문제를 명쾌하게 결정짓지 못했다.
의미가 불명확한 핵으로 구성된 연구프로그램에 적용되지 않는다. 연구프로그램의 교체가 느리다.
- 좋은 이론:** 이전의 경험적인 문제들을 설명하고 개념적인 문제를 피할 수 있어야 한다.
경쟁이론들이 제한하지 못한 새로운 사실들을 예측할 수 있어야 한다.
좋은 이론은 그것을 통해 새로운 관찰 가능한 자료를 예측하고 발견할 수 있어야 한다.
- 장점:** 과학지식의 보존과 이론의 대체 과정을 동시에 설명할 수 있다.

03. 생물학사 및 생물학 철학

라카토스	쿤
합리주의	비합리주의, 상대주의
연구프로그램이 그 진보성 또는 퇴행성에 따라 선택되기 때문에 과학은 합리적으로 발달한다.	과학의 진보는 사회적 요인의 영향을 받는다.
과학 이론은 진화적 변화 과정을 거친다.	과학 이론은 격변적 과정을 거쳐 변화한다.

포퍼	과학적 이론의 반증가능성을 강조 어떤 과학적 이론이든지 단 한 번의 결정적 실험에 의해 반증
라카토스	이론적 확증과 입증을 강조 보조가설은 실험에 따라 수정, 보완, 견고한 핵은 교체되지 않음. 연구프로그램 그 자체가 전체적으로 반증되지 않는다.

〈전통적 과학관과 현대적 과학관의 비교〉

· 전통적 과학관

1. 과학은 합리적 학문으로, 과학적 방법은 객관적 관찰과 실험에 근거하여 이루어지는 논리적 추리이다. (과학적 방법으로 귀납법, 연역법, 가설 연역법 등을 제시)
2. 과학은 합리적·객관적·탈가치적이다. 과학자들은 이성과 객관적 증거 위에서만 활동하므로 그들의 가치관 선입견, 전제, 감정이나 정서 등은 과학 연구에서 배제한다.
3. 자연 법칙은 영원불변하는 실재이다.
4. 과학지식은 <u>신념, 진리, 증거</u> 로 구성되어 있다고 본다. 과학지식은 그것을 나타내는 명제가 반드시 진리이며, 과학자가 참이라고 믿는 것이고 과학적 방법을 통해 정당화(증명) 된 것이다.

· 현대적 과학관

1. 과학이란 과학자들의 신념이나 확신에 영향을 받고 있으며 순수한 이성의 산물이라기보다 오히려 사회적 산물이며 과학자 공동체의 합의에 의해 과학적 여부가 결정됨을 지적한다. 과학지식은 자연 현상을 설명하기 위해 <u>사회적 합의를 통해 구성된 설명체계</u> . ① 관찰은 이론 의존적이다. (이론은 관찰을 선행하므로 경쟁하는 이론들을 가진 관찰자들은 같은 현상을 관찰하더라도 다른 관찰결과, 다른 해석을 도출할 수 있다.) ② 과학적 이론이나 개념은 관찰 결과로부터 귀납적 추리에 의해 도출되는 것이 아니라 창조적으로 발명된다.
2. 과학이론은 자연현상을 보고 그것을 기술하고 이해하기 위해 구성된 인식체계이다. 즉, <u>자연현상을 설명하기 위해 사회적 합의 과정을 통해 구성된 설명체계</u> 이다. 따라서 과학 이론은 절대 불변의 진리가 아니라 새로운 증거가 제시됨에 따라 언제라도 바뀌거나 대체될 수 있는 임시적 개념체계이다.
3. 과학은 주관적이고 이념적인 학문이다. (과학이론은 당시의 사회적 환경이나 가치관에 가장 잘 어울리는 것만이 살아남고, 과학은 그런 진화과정을 통해서 발달한다.)
4. 과학은 당시에 제기된 문제를 가장 효율적으로 해결하는 법칙과 이론 등이 계속 나타남으로써 발달한다. 따라서 과학은 사회적 변화와 학문적 발달에 따라 함께 발달하는 비합리적 학문으로 볼 수 있다.

· 현대 인식론적 관점

모형에 관한 인식 (과학 이론(자연현상을 설명하는 설명체계)을 설명하는 도구)	과학이론이 추상적이기 때문에 그와 관련된 실험이나 현상을 설명하기 위해 과학자의 상상력 및 창의성에 의해 만들어진 것
과학 지식의 잠정성	과학지식은 견고하여 쉽게 변하지 않지만, 변할 수 있다. 새로운 증거로 인해 기존 이론이 수정되는 경우, 새로운 시각이나 기준으로 자료를 새롭게 해석될 때
과학에서의 주관성	과학지식은 주관적이며 이론의존적인 측면을 지닌다.
추론과 상상력의 사용	
과학적 방법에 대한 잘못된 신념	확실한 과학 지식을 보장하는 ‘과학적 방법’이라는 것은 없다. 과학자는 연구 형태에 따라 가장 적합하다고 생각되는 고유한 절차를 설계하고 수행한다.
과학과 예술의 비교	

· 전통적 인식론과 현대인식론의 비교

	전통적 인식론	현대 인식론
지식의 근거	지식이란 정당화된 진실의 신념으로서 이성이나 증거에 논리적 바탕을 둔 확고한 신념	신념을 확증할만한 논리적이며 결정적인 이성이란 있을 수 없다. 신념은 결코 정당화 될 수 없다.
지식의 절대성	지식은 그 정의에 의해 절대적으로 반드시 참일 수 밖에 없다.	과학 사회 구성원인 과학자들이 과학지식을 형성하므로 과학지식은 사회의 영향을 받으므로 상대적이다.
과학이론에 관하여	과학이론은 지식의 구성 요소 중 하나이다.	과학이론은 과학의 목표를 달성하는 체계를 이루는 한 단계이다.

· 현대 인식론적 관점에서 본 과학 이론의 특성

1. **관찰의 이론 의존성** : 관찰자는 동일한 현상을 볼지라도 각자의 지식 · 신념 · 기대감 · 가치관 등에 따라 서로 다른 내용을 진술한다. 따라서 관찰을 통해서만 객관적이고 절대적인 자료를 얻을 수 없으므로 그것을 바탕으로 이루어진 과학 이론과 지식은 절대적인 진리로 보기 어렵다.
2. **과학 지식의 가변성** : 과학적 사실과 관찰이 관찰자의 기대감, 이론, 선행개념, 문화적 · 사회적 관례에 의존하므로 과학지식과 그 구성요소들은 절대적 진리가 아니라, 잠정적, 가설적이고 변화 가능한 속성을 지닌다.

〈과학의 본성〉

과학지식의 잠정성	과학지식은 비교적 지속적이지만, 잠정적이어서 언제라도 변할 수 있다.
사회적·문화적 배경	과학은 개인적 활동이 아니라 사회적 활동이며 과학지식은 사회적 합의 의 산물이다. 과학은 역사적, 사회적, 문화적 영향을 받는다.
이론의존성	동일한 현상이나 사물을 보더라도 각자의 배경지식, 이론에 따라 그 결과를 다르게 해석한다.
경험적 증거 기반	과학은 관찰, 측정, 실험 등 경험적 증거가 필요하고, 그에 달려 있다. 과학지식은 관찰과 실험 결과의 경험적 근거를 토대로 관찰과 추론을 통해 생성된다.

☑ **과학의 본성에 관한 14가지 견해** (래트클리프와 그레이스, 2003)(과학교육학의 세계, 2판, p40-41)

- 과학지식은 비교적 오래 지속되지만 잠정적 특성을 지닌다.
- 과학지식은 관찰, 실험적 증거, 합리적 논증 등에 절대적이지는 않지만 크게 의존한다.
- 과학에 보편적으로 적용되는 유일한 방법은 없다.
- 과학은 자연현상을 설명하기 위한 추구이다.
- 법칙과 이론은 과학에서 서로 다른 역할을 한다.
- 인간이면 누구나 과학에 공헌한다.
- 새로운 과학지식은 명확하고 개방적으로 발표되어야 한다.
- 과학자는 자료를 정확하게 기록하고 동료평가와 반복실험을 개방적으로 받아들인다.
- 관찰은 이론에 의존한다.
- 과학자는 창의적이다.
- 과학의 역사는 과학지식이 진화적 혹은 혁명적으로 변하는 과정을 보여준다.
- 과학은 사회적·문화적 전통의 일부이다.
- 과학과 기술은 서로 영향을 주고받는다. 20B화학-1
- 과학적 관념은 당시의 사회적·역사적 분위기에 의한 영향을 받는다.

☑ **과학의 본성의 특성과 증명** (Schwartz, Lederman & Crawford, 2004)(과학교육의 이론과 실제, 4판, p54)

- 잠정성: 과학지식은 새로운 관찰 또는 기존 관찰 자료에 대한 재해석으로 언제라도 변한다.
- 경험적 근거: 과학지식은 자연에 대한 관찰의 결과에 바탕을 두거나 그 결과에서 도출된다.
- 창의성: 과학지식은 상상력과 논리적 추리를 통해 창의된 것이다.
- 사회문화적 의존성: 과학지식의 사회와 문화의 영향을 받는다.
- 관찰과 추론: 과학은 관찰과 그 관찰의 해석인 추론에 바탕을 둔다.
- 법칙과 이론: 법칙과 이론은 서로 다른 형태의 과학 지식이다. 법칙은 현상들 사이의 관계를 진술하며, 이론은 자연현상에 대한 추론된 설명이다.
- 여러 측면의 상호의존성: 이와 같은 측면은 서로 영향을 미친다. 이를테면 과학지식의 잠정성은 경험적 관찰과 추론을 통해 형성되는 과정에서 비롯한다.

1. 피아제의 지능 발달 이론

- 지식의 기원과 발생 즉, 인간이 태어나서 성장하는 동안 어떻게 지식을 구성하는가에 대한 메커니즘을 인지 발달 이론으로 설명, 발생적 인식론-아동의 수, 분류, 보전, 속도, 시간, 공간 등의 개념이 성장하면서 어떻게 형성되고 발달 되는지를 연구하여 **논리 수학적인 모형**으로 나타낸 연구 분야
- 피아제 인지발달이론의 중요한 요소: 신체적 성숙, **인지적 불평형**, 또래와의 상호작용, 물리적 경험

<지능 발달 이론의 구성 요소와 개념>

- 1. 지능: 인간이 환경을 조직하거나 환경에 적응하여 이루어진 결과,
환경과의 상호작용을 통해 성장 · 발달하는 논리적 사고 과정, 인지구조의 변화
- 2. 인지구조: 사고 과정을 통제하는 논리적, 수학적 구조로 개인의 관념 정도
- 3. 도식(스키마): 인지 구조의 기본 단위, 유기체가 가지고 있는 ‘이해의 틀’
유기체가 환경과 접촉에서 반복되는 행동과 경험에서 형성
- 4. 인지 내용: 관찰 가능한 자극과 반응: 인지적 사고를 말 등을 통해 나타내는 것
- 5. 인지 기능: 자연 환경과 상호작용하는 선천적 양식

조직화	두 가지 이상의 서로 분리된 체제나 구조를 좀 더 고차원적인 체제나 구조로 통합시키려는 경향성
적응	인지구조를 통해 주변 환경에서 일어나는 현상, 사건을 다룸으로써 외부 세계의 현상과 사건을 내적 인지구조에 통합하여 조화된 평형 상태를 형성하는 과정. 동화와 조절 과정 이 포함.

<학습과 인지 발달 과정> *동화와 조절은 지능 발달의 원동력을 제공, 학습의 과정이자 그에 필요한 자료의 출처

동화	기존 인지구조 유지, 양적변화, 새로운 실례 추가 •유기체가 외부로부터 새로운 정보나 자극을 자기가 가지고 있는 기존의 인지구조에 흡수, 통합시키는 과정. •인지 구조를 통해 환경에 반응하는 과정, 외부로부터 들어오는 정보나 자극을 자신의 인지 구조에 맞추는 과정 (자료해석, 자료변환)
조절	기존의 인지 구조 변화, 새로운 인지 구조 획득, 질적 변화 •외부 환경을 이해하기 위해 자신의 인지 구조를 변형시키는 과정, 정보의 통합을 위해서 기존의 인지구조를 구조적으로 변화시키는 과정, 새로운 정보나 자극이 기존의 인지 구조에 흡수 통합되지 않음으로써 기존의 인지 구조를 변형시키는 과정 •주어진 정보를 수용할 수 있도록 정보가 요구하는 인지적 수준과 범위에 맞게 인지 구조가 변하는 과정 •학생들의 직관적 사고나 일상적 경험을 통해 획득한 오개념을 과학적 개념으로 바뀌는 과정 (개념교환)
평형화	인지구조는 환경으로부터 자극을 받으면 동화와 조절이 일어나고 종국에는 평형에 도달. 동화와 조절을 통제하는 과정, 동화와 조절 사이의 계속적인 재조정 과정, 반복되는 평형화 과정을 통해 보다 끊임없이 변형을 겪으면서 기존 인지구조는 상위의 인지구조로 변형

〈지능 발달 단계〉

〈전조작적 단계〉 가역적이며 논리적인 사고가 불가능한 단계

감각운동기	모방, 기억, 사고의 시작
전조작기	언어의 획득, 자기중심적 사고, 가역적 사고가 결핍, 진정한 의미의 조작적 활동X

〈조작적 단계〉 고차원적인 사고가 가능. 형식적 사고의 가능 여부에 따라 구분

구체적 조작기	•가역적 사고의 획득, 보존성의 원리(동일성의 원리, 부정의 원리, 보상의 원리)획득 •논리적 사고는 직접 경험할 수 있는 구체적 사물이나 현상에 한정 (조작이 하나의 구조화된 전체로 통합되어 있지 않음) •보존 논리: 사물을 하나의 체계로 인식하고 그 체계 안에서는 어떠한 변화가 일어나도 외부에서 물질의 출입이 없는 한 전체 양은 일정하게 보존된다는 논리. 질량, 부피, 에너지, 운동량의 보존 개념(사물의 양이 외적으로 보이는 모습이 변할지라도 그 양은 변하지 않는다는 것)	
	동일성의 원리	물을 더하거나 빼지 않았으므로
	부정의 원리	다시 다른 쪽에 부르면 양은 동일하므로 하나의 행동은 다른 행동으로 무효화(부정)된다.
	보상의 원리	폭이 넓은 대신 길이가 짧고, 폭이 좁은 대신 길이가 길기 때문에
형식적 조작기	•추상적 사고와 논리적 추리가 가능 •논리적으로 추상적인 문제 해결, 사고가 점차적으로 과학적이 됨 •관찰 가능한 실험결과에만 집착하지 않고, 그 상황에서 일어날 수 있는 모든 경우의 수를 동시에 고려할 수 있음. 다양한 변인을 동시에 고려하여 문제를 해결하는 고차원적인 인지능력이 완성 •과학적 사고: 구체적으로 관찰 할 수 있는 현상에 논리성을 포함시키는 사고를 의미	
	비례 논리	두 비율의 값이 같다는 것을 바탕으로 일정한 관계식, 방정식으로 정량적인 값을 구하는 것. 비례 · 비율에 대한 사고
	확률 논리	어떤 사건이 일어날 수 있는 확률을 정량적인 값으로 구하는 것
	조합 논리	•어떤 문제를 해결하기 위해 요구되는 모든 요소들을 빠짐없이 중복되지 않게 셀 수 있는 논리 •귀추적 과정을 통해서 가설을 설정할 때(여러 개의 유사한 경험 중 가장 유사성이 큰 경험의 원인적 설명자를 차용) •실험 설계(하나의 가설을 검증하기 위한 실험 방법을 고안하는 과정)(확률논리와 가설 연역적 논리의 기초)
	변인통제 논리	실험을 설계하고 실험을 수행하는 과정에서 요구되는 논리. 독립변인과 종속변인의 관계를 정확히 파악할 수 있도록 조작변인의 조작과 통제변인의 통제를 바탕으로 실험을 계획하고 수행. 실험설계의 한 요소 18B물리-8
	가설연역적 논리	문제 해결을 위한 가설을 설정하고, 가설을 검증하는 검증방법에서의 연역적 과정(연역적 추리), 명제에 의한 사고로서 어떤 추리가 옳은지 그른지 판별할 수 있는 논리와 주어진 명제로부터 연역적으로 추리하거나 관계를 지을 수 있는 논리
	명제적사고	두 개 이상의 명제들 간의 관계를 추리하는 사고(명제 간사고), 경험적 현상에 대한 추리가 아니라 진술 간의 논리적 관계를 추리하는 것이므로 형식적 조작 추리
	반성적 추상화	사고에 대한 사고, 내적 성찰에 대한 과정으로 자신의 사고 내용에 대해 숙고 할 수 있음- 자신의 사고 내용을 검토, 그 결과 기존 지식을 성찰하는 과정을 통해 새로운 지식을 획득할 수 있음
	상관논리	변인들 간의 관계를 인식할 수 있는 논리, 인과관계와 상관관계에 관한 추론