

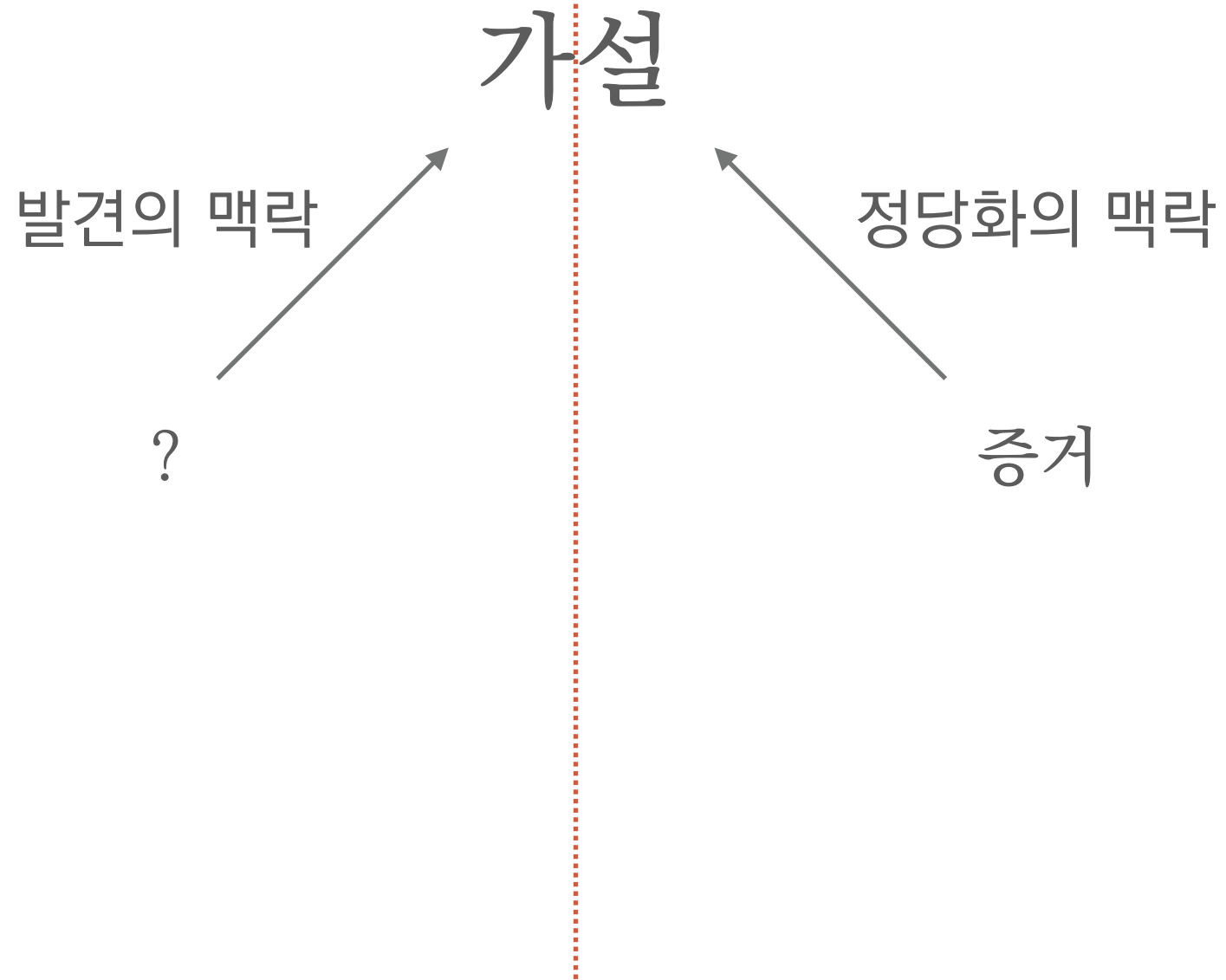


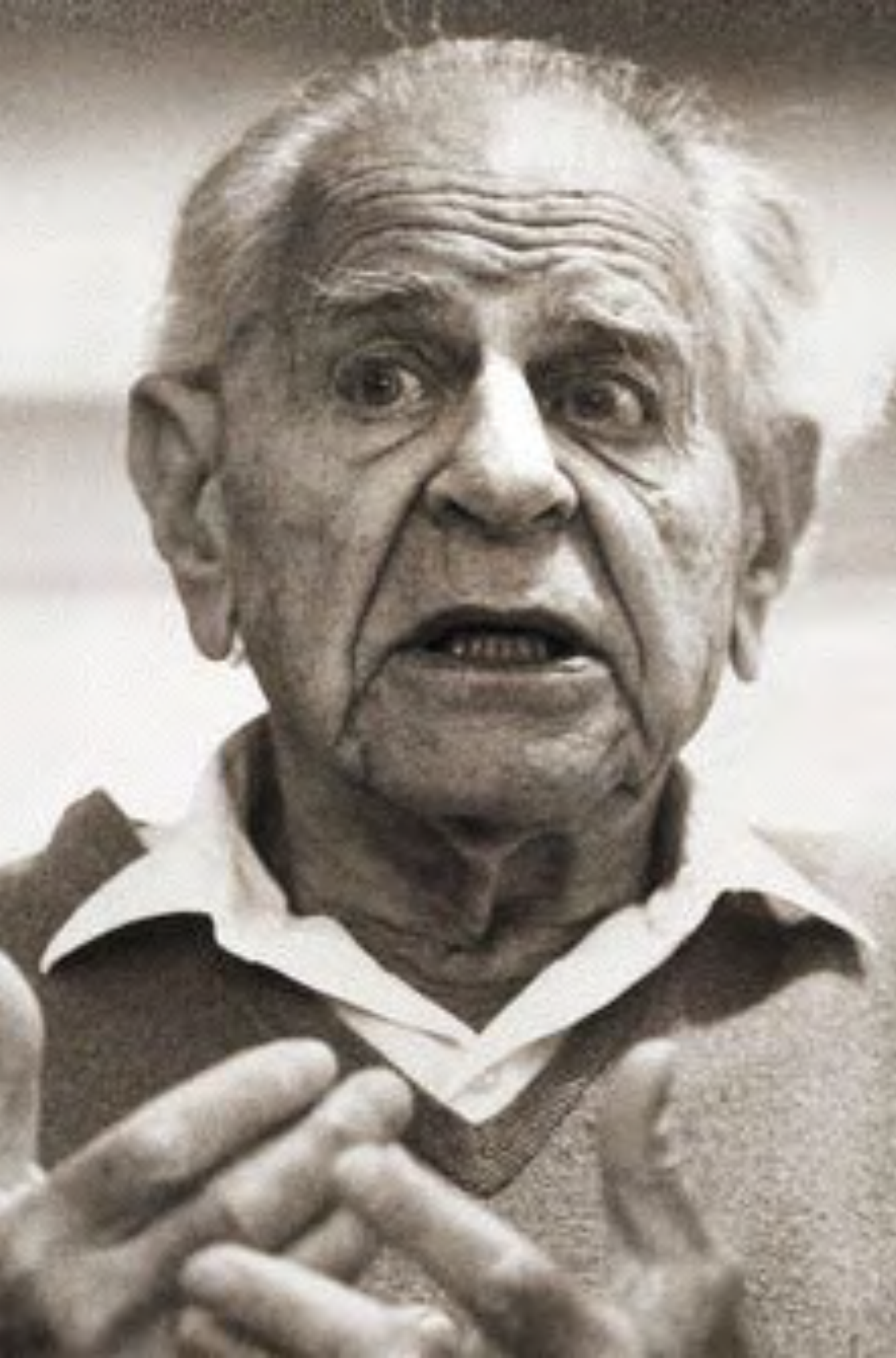
과학적 창의성

과학지식의 창조



오래된 이분법





발견의 논리는 없다

.....

최초의 단계, 즉 이론을 착상하거나 창안하는 행위는 필자에게는 논리적 분석을 요구하지도 않거니와 그렇게 분석되지도 않을 것이라 여겨진다. 어떤 참신한 생각이—그것이 음악의 테마든지, 극적 갈등이든지, 과학 이론이든지 간에—도대체 어떻게 한 인간에게 떠오르느냐 하는 문제는 경험 심리학의 큰 관심사일 수 있다. 그러나 그것은 과학적 지식의 논리적 분석과는 무관하다.

칼 포퍼

솜씨와 암묵적 지식

.....



- ▶ 과학에도 솜씨가 필요하다
 - ▶ 숙련된 연주자와 아마추어 연주자의 차이
 - ▶ 솜씨에는 말로 표현되지 않는 암묵적인 지식이 숨어있다.
- ▶ 과학의 솜씨?
 - ▶ 관찰 능력
 - ▶ 실험 능력
 - ▶ 계산 능력
- ▶ 솜씨는 언어로 환원 불가능



언어와 솜씨

.....

- ▶ 언어 습득은 솜씨에 의존
- ▶ 아기가 '가리키는' 동작의 의미를 이해하지 못한다면 우리는 아이에게 단어를 '가르칠' 수 없다.
- ▶ 가리키는 동작을 통해 원하는 물건을 얻는 성공적인 '솜씨' 덕분에 언어 습득 가능했을 것.
- ▶ 언어를 배운 후 가리키는 동작은 말로 표현 가능. 그러나 그 말로는 언어를 모르는 아이에게 언어를 가르칠 수는 없다.

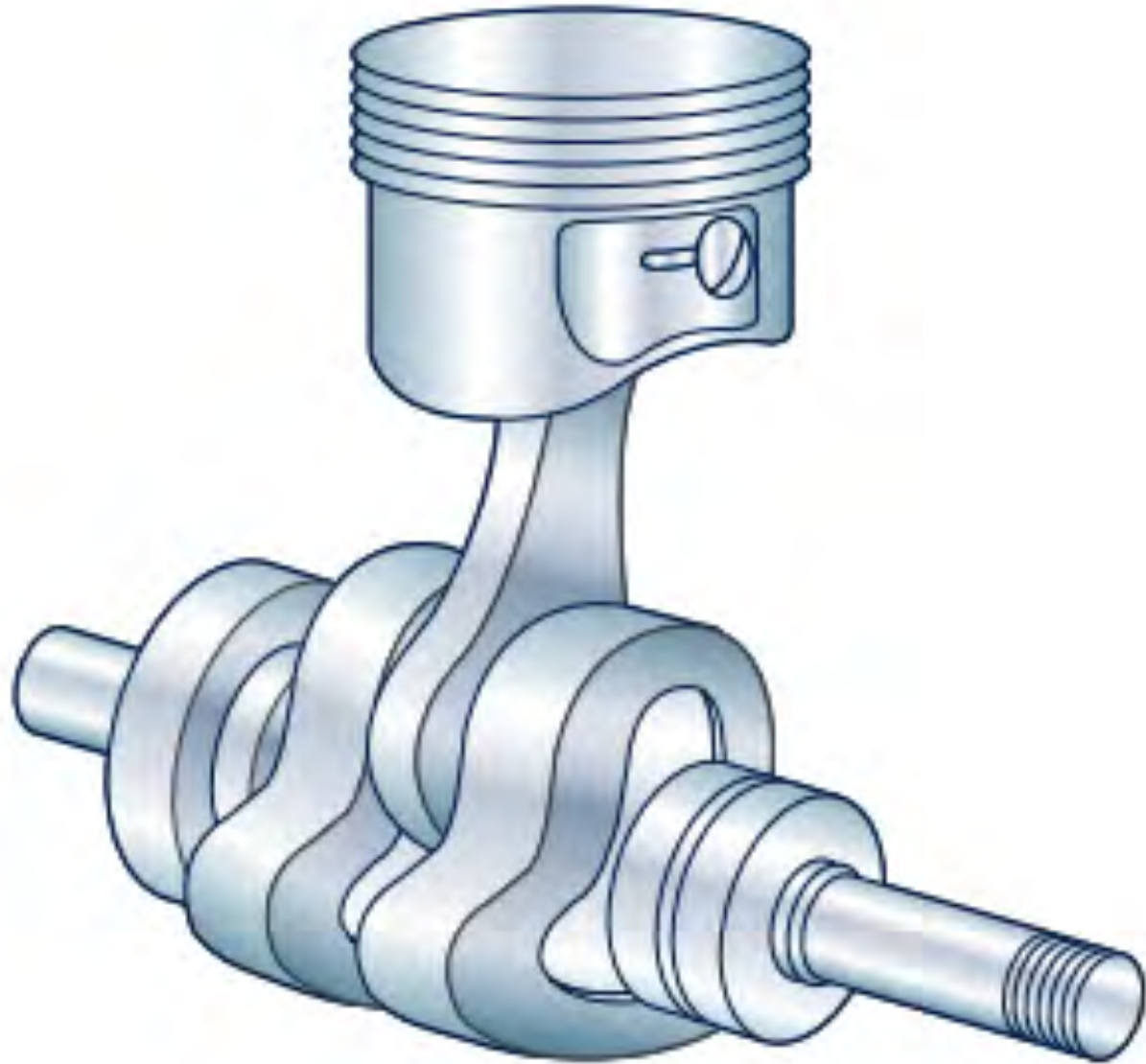
언어와 규칙

“옳지”



‘이럴 때 “옳지”라고 하는 거구나’

시각적 사고



크랭크축

.....

우리가 11살 또는 12살 무렵의 어느 날 무엇인가에 대해 토론하고 있었다. “생각한다는 것은 자기 자신에게 이야기하는 것에 불과해”라고 나는 말했다. 그러나 베니는 “정말 그렇다고 생각하니? 너는 자동차의 이상하게 생겨먹은 크랭크축을 아니?”라고 반문했다. “그래 그것이 어때서?” “그렇담 말야. 혼잣말을 할 때 너는 그것을 어떻게 묘사했니?” 그때서야 나는 사고가 언어적일 뿐 아니라 시각적이라는 것을 베니로부터 배웠다.

리차드 파인만, 1988.

은유 : 고차원적 개념의 기반

알아 들었어

귀가 어둡다

온도가 올랐다

앞으로 잘 할게요

밥 먹기 전에 손 씻자

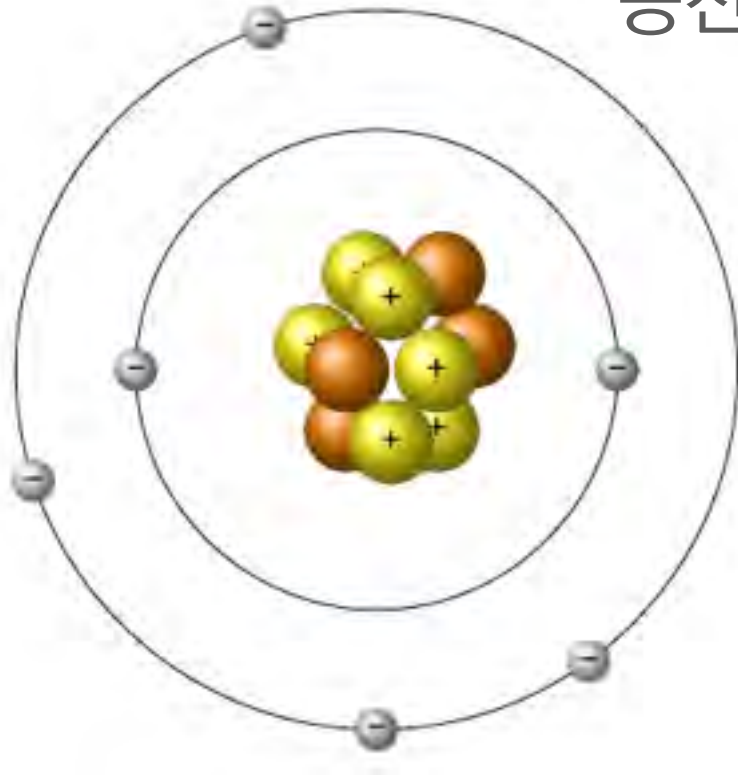
이러한 은유를 사용하지 않고 이야기할 수는 없을까?

개념의 창조와 발달

- ▶ 과학적 모형
 - ▶ 미지의 대상을 좀더 친숙한 것에 비유해서 표현하려는 시도
 - ▶ 구체적 사물 or 추상적 존재
- ▶ 모형의 삼중구조(Mary Hesse)
 - ▶ 긍정적 유비
 - ▶ 부정적 유비
 - ▶ 독립적 유비
- ▶ 독립적 비유를 시험하고 발달시키면서 지식 성장

'스핀' 개념의 탄생

공전 궤도?



그러면 혹시 전자도
태양계의 행성처럼
자전을 하지 않을까?

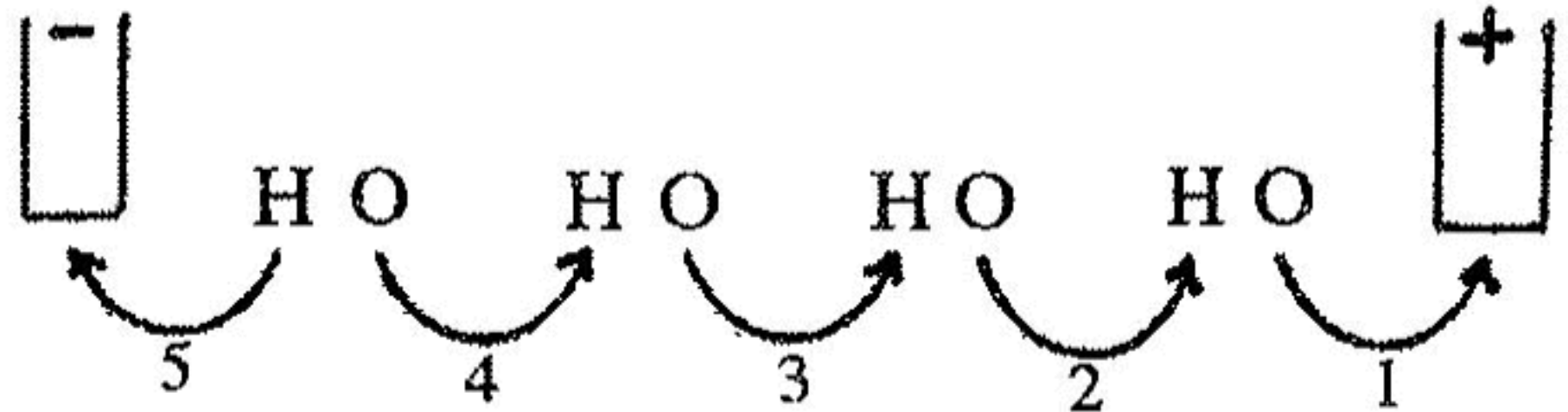
보어의 원자 모형



태양계

패러데이의 장 모형 1: 전기력은 인접한 입자들을 통해 전달

전기분해



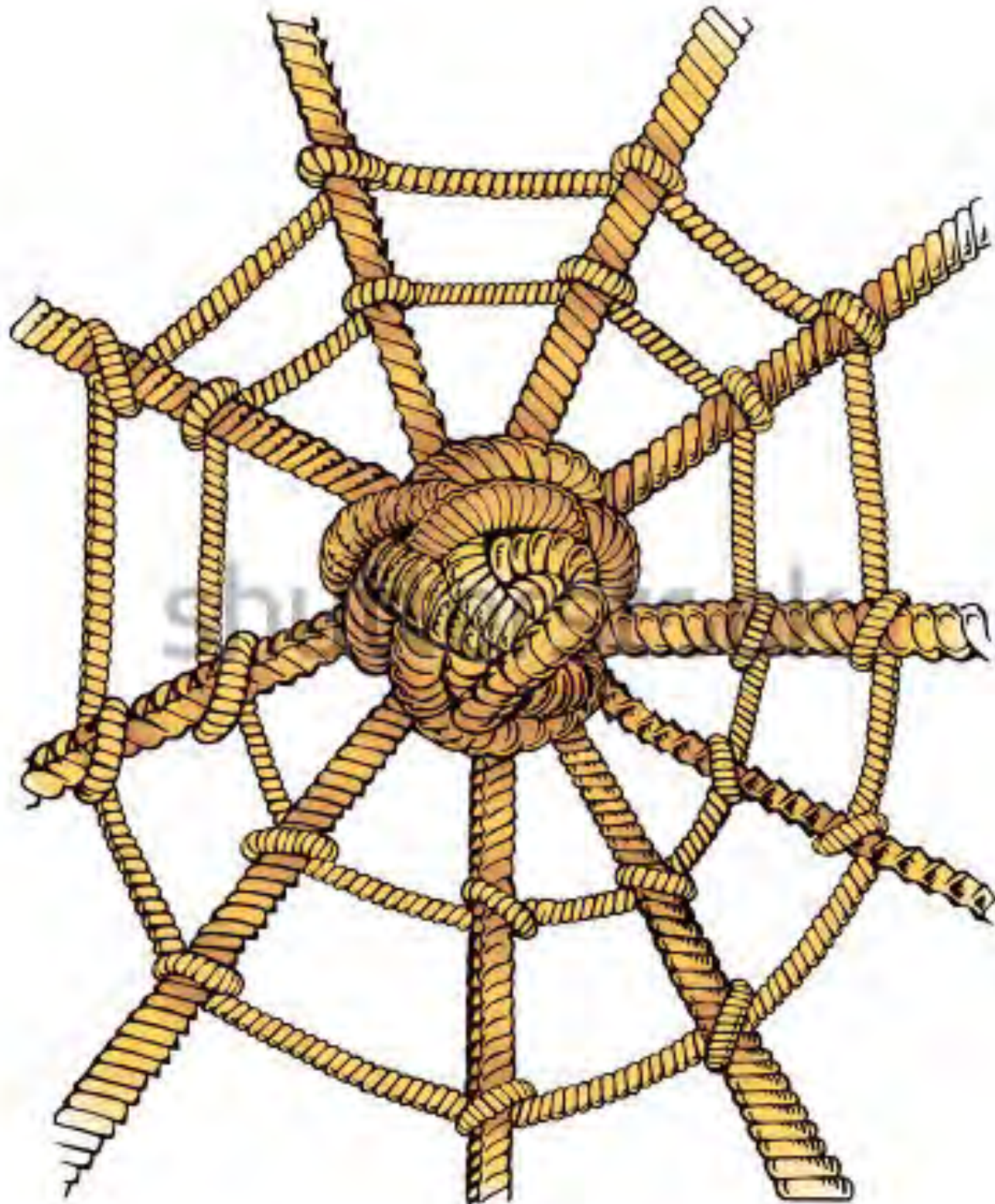
양쪽 전극에서 나타나는 물의 전기분해는 전극 사이에 존재하는 물의 연쇄적인 분해와 재합성을 통해 일어남.

정전기 유도



이러한 생각은 매질의 영향을 탐구하도록 유도(정전기 유도 용량 발견)

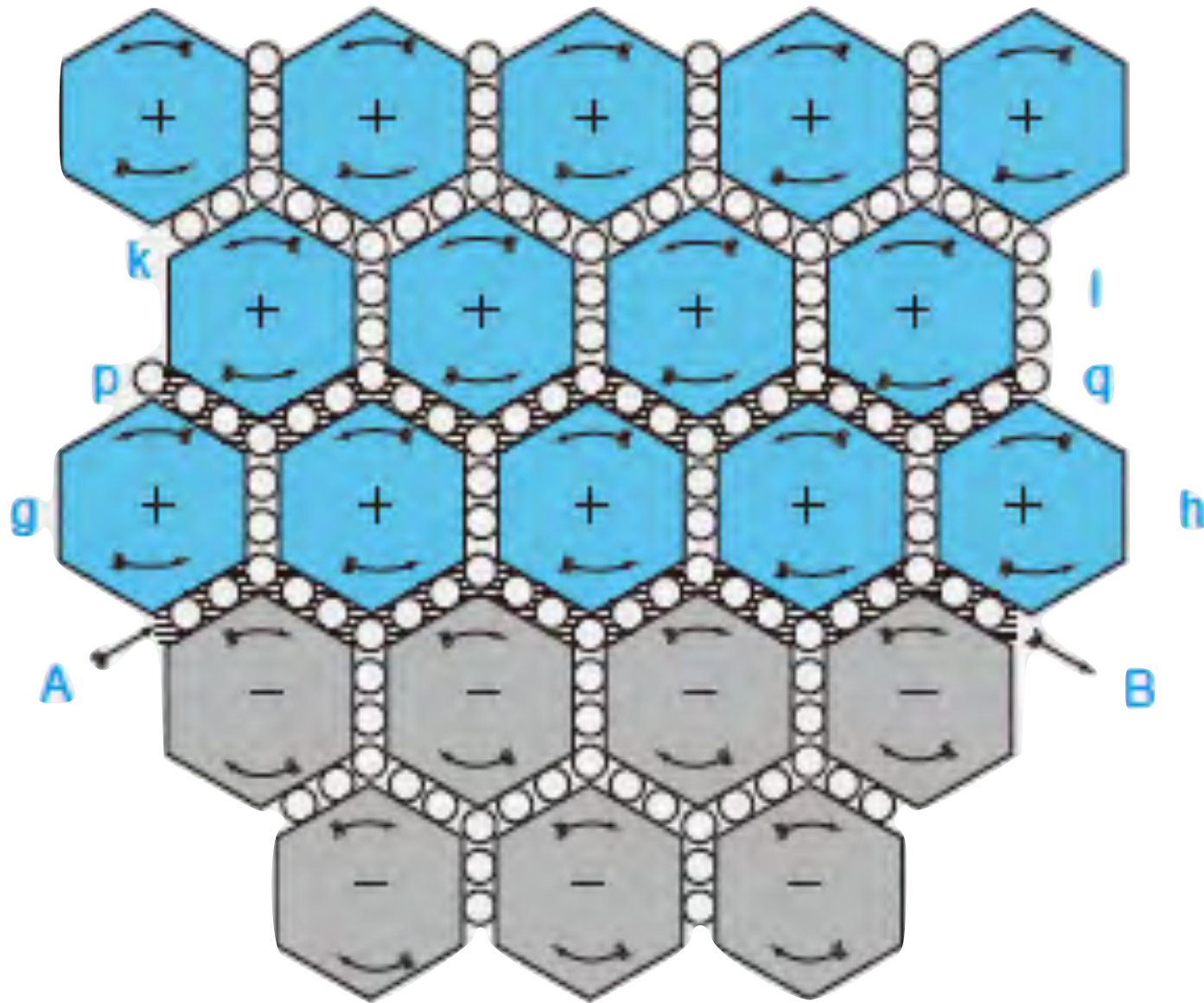
패러데이의 장 모형 2: 작용은 힘의 선을 통해 전달



기존 모형 내에 존재하는 모순을 제거하기 위해 그물의 비유를 가져옴.

힘의 선을 따라서는 장력
이웃한 힘의 선끼리는 반발

맥스웰의 전자기장 모형 : 역학적 매질의 운동



전류는 유동 바퀴의 이동
자기력선은 소용돌이 분자의 회전축

전자기 유도를 설명하기 위한 맥스웰의 소용돌이 분자-유동 바퀴 모형. AB 방향으로 유동 바퀴가 흐르기 시작하면, 인접한 소용돌이 분자(gh)를 회전시키게 되고, 회전하는 소용돌이 분자(gh)와 멈추어 있던 소용돌이 분자(kl) 사이에 놓인 도체에서는 양편의 회전 속도 차이에 의해 유동 바퀴가 qp 방향으로 구르게 되어 유도 전류가 만들어진다. 그러나 이 유동 바퀴의 운동은 저항을 받아 점점 멈추어 서게 되고, 제자리에서 회전하는 유동 바퀴는 도체 너머의 소용돌이 분자(kl)에도 운동을 전달하게 된다.

※ 도체인 AB와 pq의 유동 바퀴들은 좌우로 움직일 수 있지만, 부도체인 나머지 부분의 유동 바퀴들은 소용돌이 분자에 묶여 있음.



2
4
5

탄성의 추가

점진적으로 전달되는 전자기파가 만들어지며, 그 전달 속도를 이론적으로 계산할 수 있게 됨!



**은유는 미지의 세계로 가는
유일한 다리 by 제럴드 홀튼**

은유는 왜 필요한가?

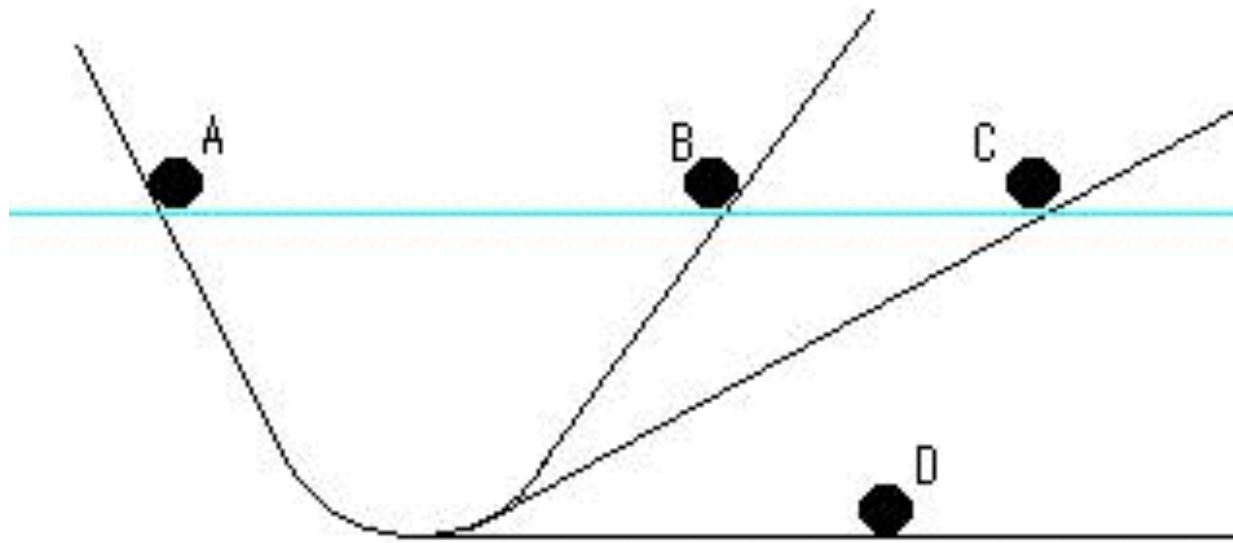
.....

- ▶ 전혀 새로운 현상에 부딪힐 때, 우리에게서 그러한 것들을 서술할 적합한 개념이 없다. 그것을 어디서 찾을 것인가?
 - ▶ 다른 현상을 서술하는 데 이미 사용하던 다른 개념들
- ▶ 왜 ‘직유’가 아니라 ‘은유’인가?
 - ▶ A가 가진 성질 a가 미지의 대상 B가 가진 성질 b와 비슷하다고 말하는 것이 불가능. 왜냐하면 우리는 B에 대해 충분히 알지 못하기 때문.



그렇다면, 두 돌을 묶어서 떨어뜨린다면 어떻게 될까?

1. 두 돌의 평균속도가 나온다
2. 더 빨리 떨어진다



새로운 개념이 필요한 상황들

- ▶ 과학자들이 이미 성취한 것에 만족하지 않고 더 나아가려고 하는 과정에서 발견되는 이상 현상
 - ▶ 지구의 절대 속도 측정 실패
- ▶ 이론의 발달 상황에 상관없이 새로 마구 튀어나와 과학자들을 골치아프게 하는 이상 현상들
 - ▶ X선, 베크렐선의 발견
- ▶ 과학 이론들 사이의 비정합성
 - ▶ 코페르니쿠스주의의 등장
- ▶ 경험과 무관한 과학자의 상상들
 - ▶ 갈릴레오, 데카르트, 뉴턴, 아인슈타인의 상상들

**새로운 개념을 창안하는
창의성은 어떻게 배울 수 있을까?**

정상과학과 창의성

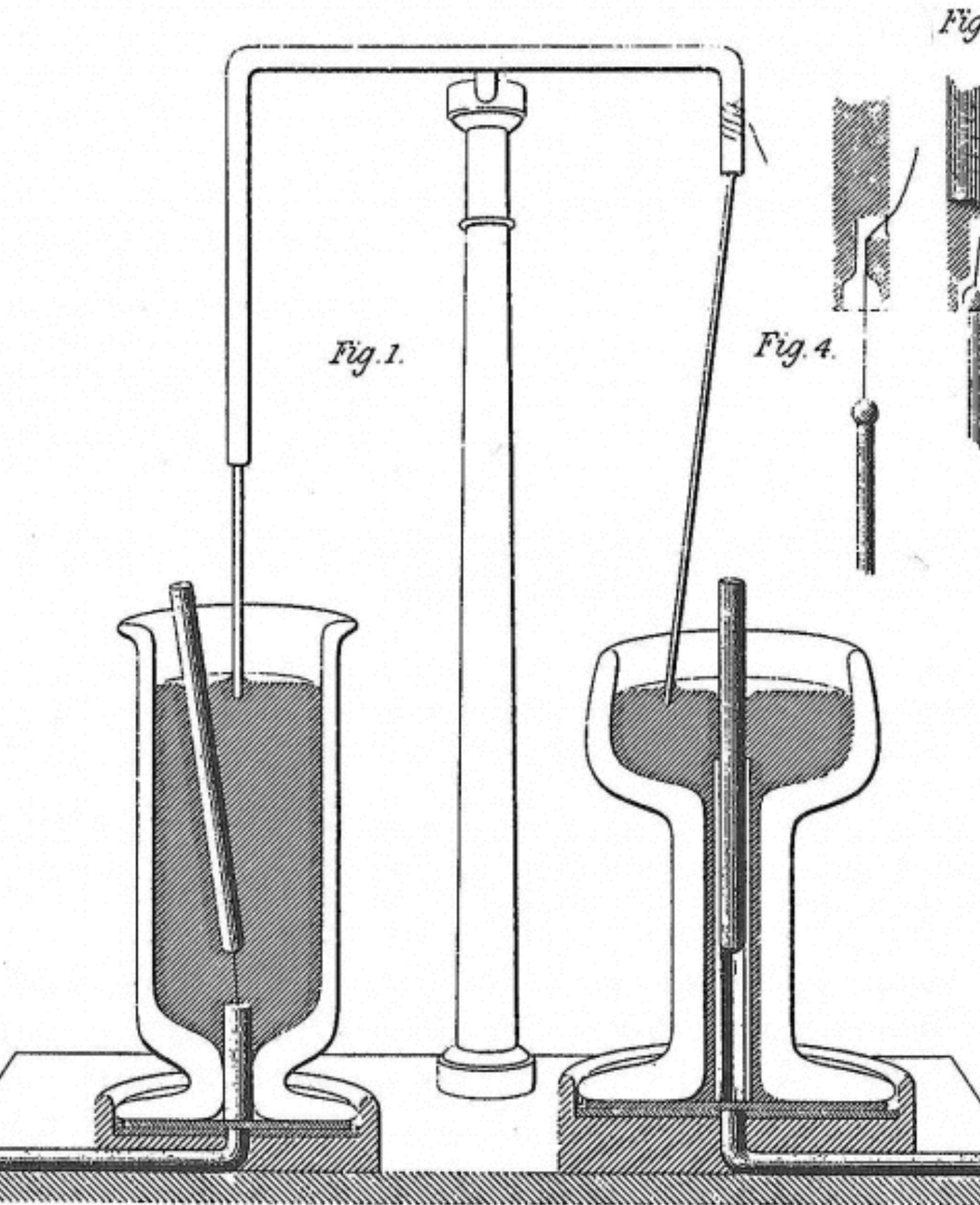
- ▶ 포퍼 : 정상과학적 교육은 기존의 패러다임에 세뇌를 당한 인물을 만들고, 그런 인물들은 창의적인 일을 하지 못할 것이다.
- ▶ 쿤의 반박
 - ▶ 첫째, 정상과학의 퍼즐 풀이 자체도 매우 창의적인 작업이다.
 - ▶ 천왕성 궤도 설명 / 중력파 검출 등
 - ▶ 둘째, 혁명적 창의성은 필요하면 결국 생긴다.
위기 상황에서야 혁명적 창의성은 진정한 가치를 발휘하며,
정상 상황에서 발휘하는 혁명적 창의성은 별 가치가 없다.

코페르니쿠스가 살던 시기가 천문학의 위기였을까?

당시 천문학이 위기라고 생각했던 사람은 단 한 명

비판 능력과 혁명적 창의성

- ▶ 비판 능력은 기존 패러다임에 대한 심도 깊은 이해를 필요로 함
 - ▶ 갈릴레오, 아인슈타인, 마흐의 사고 실험들
- ▶ 혁명적 창의성은 새로운 개념의 원천을 필요로 함
 - ▶ 다른 분야의 사고방식(물리학자 크릭/화학자 패러데이)
 - ▶ 일반화한다면, 현 패러다임과 다른 종류의 사고방식
- ▶ 창의적인 생각이 전문가 공동체에서 수용되기 위해서는 그 생각이 공동체의 기준을 일정 정도 만족시켜야!
 - ▶ 코페르니쿠스, 케플러



패러데이의 전자기 회전 장치(1821)

필요는 발명의 어머니?

- ▶ 여기서의 필요는 객관적인 필요일 필요는 없음.
- ▶ 개인이 해결하고자 하는 절박한 문제가 있기만 하면 됨.
- ▶ 그 문제를 스스로 해결하고자 할 때 창의성은 자연스럽게 발휘됨
- ▶ 그러나 새로운 생각을 위해서는 기본 재료가 필요
 - ▶ 장하석 : 다윈주의가 이에 도움이 될 것이다.