서산철학강좌

물리학의 철학 물리적 실재론 논쟁

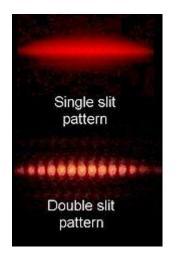
최종덕 2022년11월17일(목) 6시반

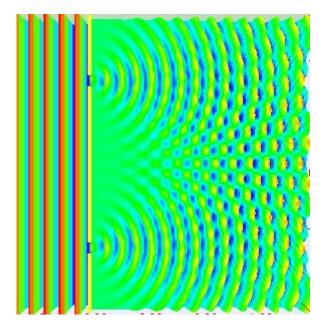
#불확정성원리 #2022년 노벨상 수상자 아스페 #벨의 부등식 #아인슈타인 # 닐즈 보어 #양자컴퓨팅 #슈뢰딩거 고양이 #생각과 실재 #얽힘 #중첩 # 양자

> 통신/보안 최종덕@philonatu

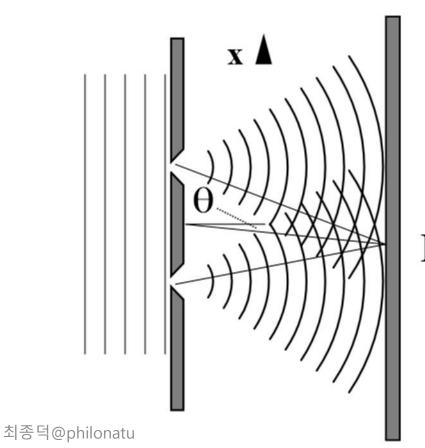
- 최종덕
- 현대자연철학 전공
- 물리학과 수학 그리고 생물학과 철학을 공부
- 자연철학 아카이브 운영

https://philonatu.com

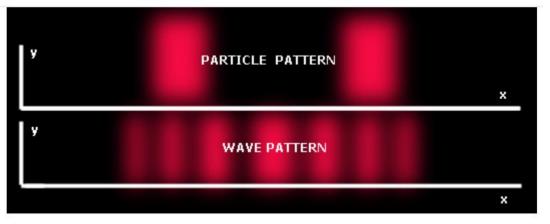




1801년 토마스 영(1773-1829); 빛의 파동성을 증명한 이중 슬릿 실험

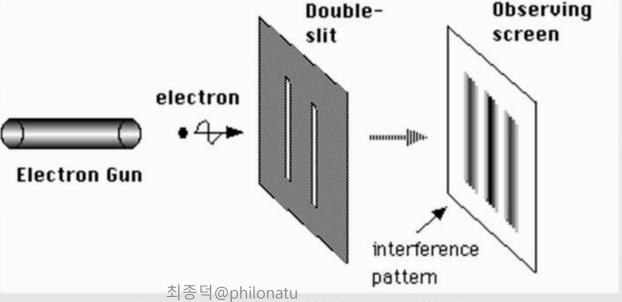


P



https://platosrealm.blog/

Double-slit experiment

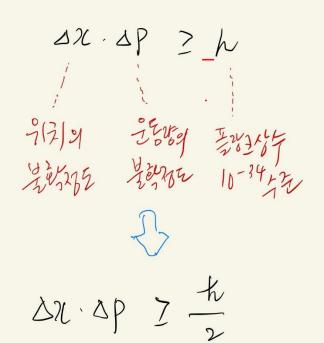


https://en.wikipedia.org/wiki/File:Double-slit.PNG

하이젠베르크의 불확정성 원리(1927)

Werner Karl Heisenberg, (1901–1976)

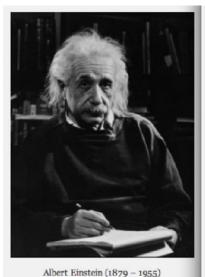
Heisenberg' Uncertainty Priciple



하이젠베르크 불확정성원리의 물리적 의미

@ philonatu

Einstein-Podolsky-Rosen, EPR 논쟁, 1935 아인슈타인과 닐즈 보어의 논쟁









- 사고실험 갈릴레오부터 EPR에 이르기까지
- 양자역학 EPR 역설(EPR Paradox)이란?

Einstein, Podolsky, and Rogen 1935, "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be ConsideredComplete?" Physical Review

- 양자역학의 주류 해석인 <u>코펜하겐 해석</u>의 문제
- 어떤 상태를 <u>측정</u>할 때, 측정함과 동시에 그 계는 측정에 해당 하는 고유상태로 붕괴해 버린다는 것
- 국소성 원리와 고전적 실재론 위배

Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?

A. EINSTEIN, B. PODOLSKY AND N. ROSEN, Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey (Received March 25, 1935)

OCTOBER 15, 1935

PHYSICAL REVIEW

VOLUME 48

Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?

N. Bohr, Institute for Theoretical Physics, University, Copenhagen (Received July 13, 1935)

PHYSICAL REVIEW

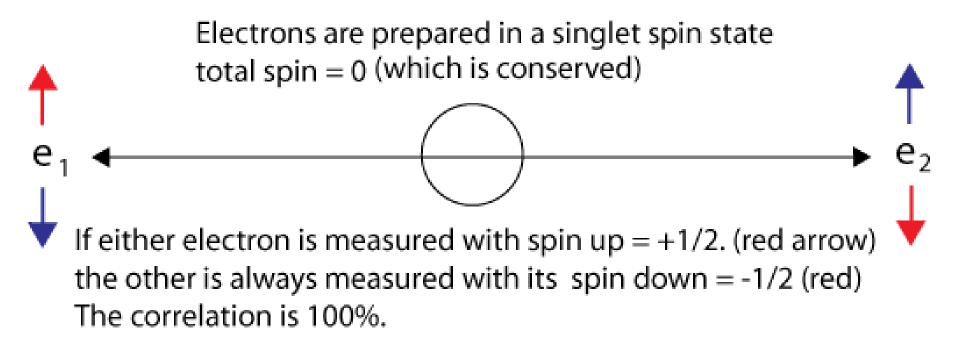
VOLUME 108, NUMBER 4

NOVEMBER 15, 1957

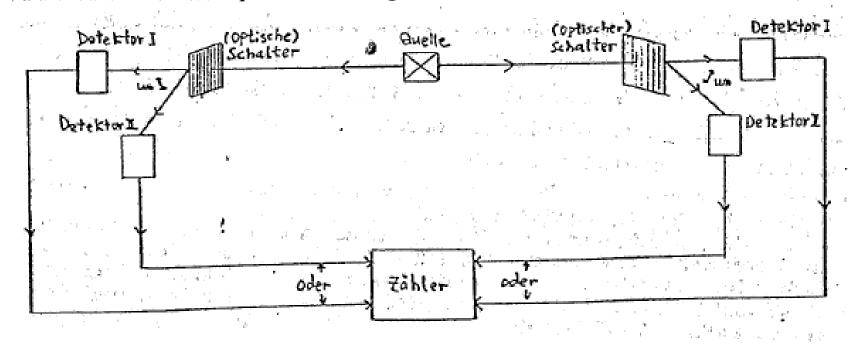
Discussion of Experimental Proof for the Paradox of Einstein, Rosen, and Podolsky

D. Bohm and Y. Aharonov Technion, Haifa, Israel (Received May 10, 1957)

"물리적 실재에 대한 양자역학적 기술이 완전하다고 볼 수 있을까?", 1935



sich das Photonenpaar im Flug befindet.



출처: Jongduck Choi(1993)

최종덕@philonatu

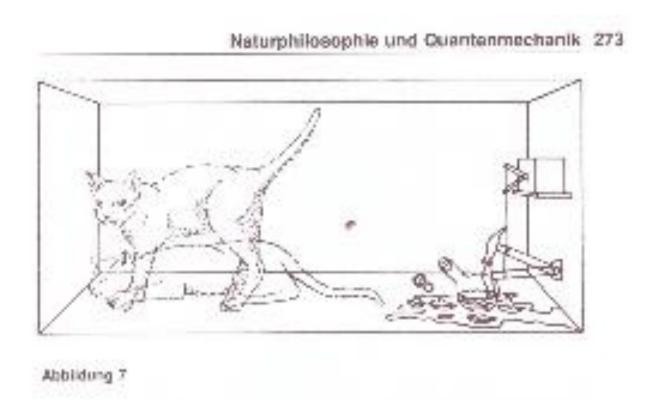
"Spooky Action at a Distance"



Abbildung 4 Der nicht-klassische Skiläufer.

최종덕@philonatu

슈뢰딩거의 고양이(1935) Erwin Schrödinger (1887–1961)



274 Klaus Mainzer

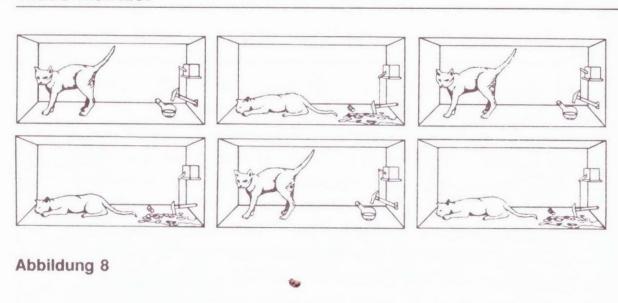


Abbildung 9

최종덕@philonatu





슈레딩거의 접시



슈레딩거의 접시

저 접시들은 깨진 것일 수도 아닐 수도 있다.







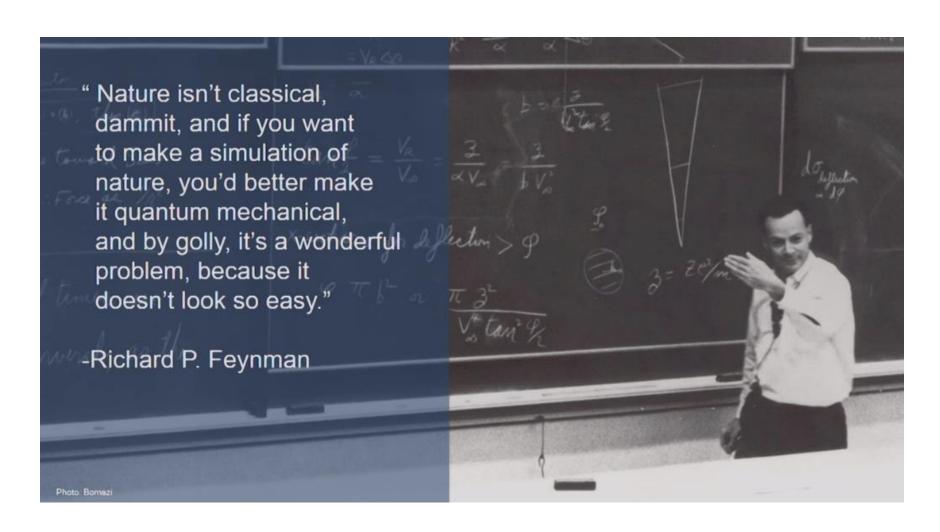
☆ 좋아요 □ 댓글 달기 ☆ 공유하기

사진 출처: The Science Life / facebook, 2017년9월14일자

몇몇 개념들

- 양자 얽힘 (quantum entanglement)
- 중첩(superposition)
- 국소성(locality)
- 관찰행위와 관찰독립성
- 실재reality, realism
- 광속도와 초광속
- 숨겨진 변수(hidden variables)
- 홀리즘(holistic viiew)

자연은 고전역학적이지 않다



붕괴

- 슈뢰딩거 파동방정식의 '붕괴' (collapse of wave function)
- 감축을 보여주는 함수 개념
- 확률적 대상을 측정된 하나의 값으로 정해 진다는 의미에서 붕괴라는 용어를 사용.

투사 공존(Projection postulate)

- 폰 노이만(Von Neumann)의 '투사공준'
- 1/2(|x>+|y>) 상태를 갖는 대상의 측 정과정에서 측정물리량과 측정주체 사이의 관계를 이론적으로 규정.

EPR 실험결과들

Experimente zum EPR-Korrelation >

Experiment	Jahr	Obereinstimmung mit QM
Freedman/Clauser	1972	Ja
Holt/Pipkin	1972	Nein
Faraci/Gutkowski/Notarrigo/Pennisi	1974	Nein
Kasday/Ullman/Wu	1975	Ja
Clauser	1976	Ja
Fry/Thompson	1976	Ja
Wilson	1976	Ja
Lamehi-Rachti/Mittig	1976	Ja
Bruno	1977	Ja
Aspect (dreimal)	1982	Ja
Perrie/Duncan/Beyer/Kleinpoppen	1985	Ja

최종덕@philonatu (Jongduck Choi 1993, S.85) 1985년 이탈리아 Urbino에서 열린 EPR 논문에 대한 50주년 기념 세계학술대회에서 참석 물리학자를 대상으로 한 설문지 결과에 의하면 아주 흥미로운 사실을 접하게 된다. 그 질문지의 부분을 인용한다.

질문4: 지금까지의 고전역학의 의미해석과 같이 양자역학의 해석이 확고히 정립될 있다고 믿습니까? 예(71%) 아니오(18%) 미정(11%)

질문5: 당신은 실재론자입니까? 예(86%) 아니오(2%) 미정(12%)

W.Duch and D.Aerts, "Microphysical reality", Physics Today 39(1986 June):13=15 June

U	rbino(1985) 학회참가 양자물리학자 56명 대상 설문조사 (Duch and Aerts 1986)	예	아니오	미정
질문1	국소성을 신뢰합니까?	54%	39%	7%
질문2	앞의 실험결과들이 국소성을 위배하는 것으로 생각하십 니까?	30%	57%	13%
질문3	앞의 실험결과들이 초광속 신호의 존재를 보여주는 것으로 생각하십니까?	5%	89%	6%
질문4	지금까지의 고전역학의 의미해석과 같이 양자역학의 해석이 확고히 정립될 있다고 믿습니까?	71%	18%	11%
질문5	당신은 실재론자입니까?	86%	2%	12%
질문6	당신은 관념론(유아론)자입니까?	5%	80%	15%
질문7	초심리 현상을 믿습니까? 최종덕@philonatu	18%	55%	27%

1985년 Urbino 설문조사결과의 의미

이 설문결과에서 우리는 매우 모순적인 과학자의 마음을 읽을 수 있다. 질문4와 질문5은 상반된 답변이 도출되어야 함에도 불구하 고 실제로는 거의 같은 비율의 답이 나왔다. 결국 양자역학을 믿기 는 하지만 여전히 고전과학적인 실재론(Realism)의 탐구정신을 갖고 있는 것이 과학자의 마음이라는 것을 이 설문결과에서 볼 수 있다. 예로 든 이 설문결과는 숨겨진 변수의 존재가 바로 실재론의 핵심이며, 결정론을 보장하는 물리적 변수라는 것을 논리적인 방 식이 아닌 정서적인 설문지 형식을 빌어 보이고자 한 것이다.

(W.Duch/D.Aerts, "Microphysical reality", Physical Today 1986June,

얽힌 광자쌍 수신직지역 3군데

- 티베트 고원의 델링 하 (Delingha)
- 우루무치 (Urümqi)
- 중국 남서도시 리장 (Lijiang) -델링하로부터 1,203 km
- 2016년8월 양자통신위성 묵자 궤도 안착
- 2017년6월 리장-델링하 간 정보 양자통신 성공했다고 발표

<전통 형이상학적 실재론> Platon

< 과학적 실재론 > Scientific Realism 과학이 탐구하는 자연물은 주관적 관념과 독 립적으로 외부세계에 존재한다. 과학법칙과 이론은 그런 외적 실재를 기술하는 명제이다.

<표준 실재론>

표준실재론은 성공적 과학이론이 나의 주관과 독립적으로 존재하는 대상세계를 참으로 기술한 것이라고 본다. individual objects that exist mind-independently

Structural Realism

the pessimistic meta-induction(PMI) (Laudan 1981)

PMI는 과학이론의 성공과 이론 사이의 관계를 확신 하지 않는다.

구조란 이론들의 사실적 부분이며, 대상 그 자체보다 '관계'가 실재한다고 가정한다.

Morganti, matteo 2011, "Is there a compelling argument for ontic structural realism?", Philosophy of Science 78

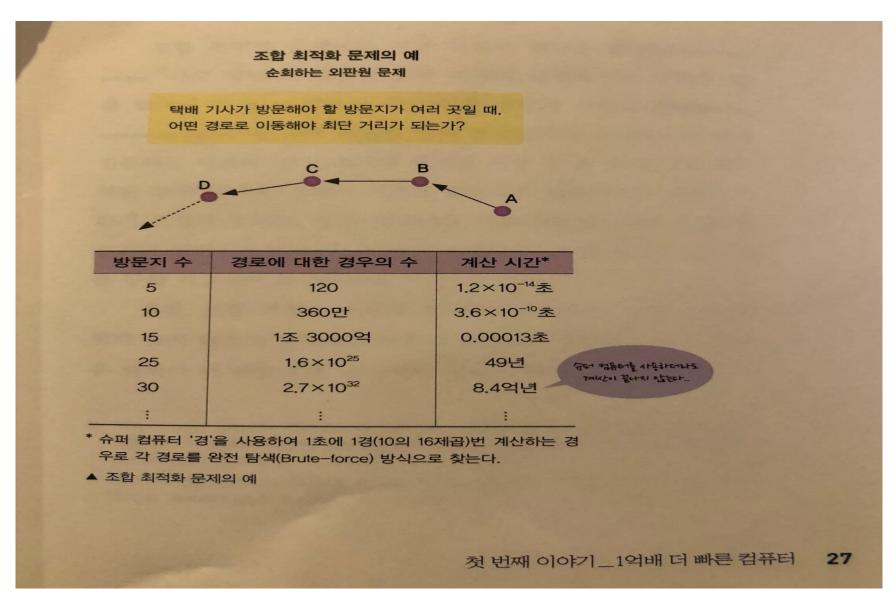
	양자론에 대한 해석: 비교	보어 Ψ	아인슈타인 Ψ,λ	보음 Ψ,λ
•	인식론적으로 완전한가?	그렇다	아니다	아니다
•	예측가능한가?	아니다	그렇다	그렇다
•	존재론적으로 결정가능한가?	아니다	그렇다	그렇다
•	관계론인가, 실체론인가?	관계론	실체론	관계론
•	국소적인가?	비국소적	국소적	비국소적
•	숨겨진 변수의 존재를 인정하는가?	부정	긍정	긍정
•	측정장치와에 영향을 인정하는가?	상호적	독립적	상호적
•	불확정성을 인정하는가?	그렇다	아니다	아니다
•	원리적으로 확정된 결과를 기대할 수 있나?	아니다	그렇다	그렇다

양자컴퓨팅 방식(현재)

양자컴퓨팅1: 양자 어닐링 방식, 히데토시가 선구자: 고열 금속을 식힐 때 금속내부구조의 안정화가이루어지면서 어닐링현상이 나타남: Simulated Annealing

 양자컴퓨팅2: 양자 게이트 방식-원소번호41, niobium로 만든 회로로 양자비트 생성 (그러나 비 트수는 매우 적음)

taveling salesperson problem,



출처: 혜택토&p2018atu

중첩과 병렬

• 현 컴퓨팅 bit와 다르게

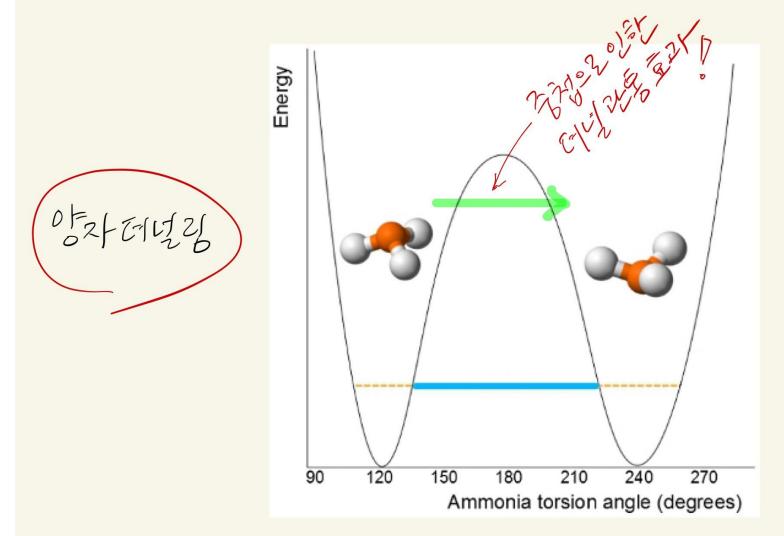
• 양자컴퓨팅의 중첩superposition때문에

• qubit는 병렬계산이 가능하다.

gubit my 0, 0, 101, 0, 002 --- 0,999999--+ 1 1/1 + 2 2 d / + --- /N/= 1



최종덕@philonatu



출처: https://www.azoquantum.com/Article.aspx?ArticleID=12

〈표 4〉 양자컴퓨터의 종류 및 현황

종류	설명	주 사용 분야	작동환경	주요기관
Gate 방식 양자컴퓨터	큐빗에 대해 양자 로직 게이트 연산 적용을 통해 양자상태를 변경시킴으로써 양자계산을 수행하는 것으로 고전컴퓨터의 논리 게이트 적용으로 계산이 수행되는 것과 유사, 양자게이 트는 X, Y, Z, S, T, H, CNOT 등이 있음, 연산방법은 회로 모델, 1방향연산모델 등이 있고, 에러율 저하와 양자상태 유 지시간 향상 연구 등이 중요	소인수분해 데이터 검색 행렬계산 추천알고리즘 양자게임 암호해독(예상) 인공지능(예상) 빅데이터(예상)	극저온 차폐환경 또는 저온/진공	IBM 구글 Regetti IonQ Oxford 인스브룩대 인텔 MS
양자 시뮬레이터	다체(many body)문제 등 양자화학, 양자물리의 문제를 풀기 위해 큐빗으로 모델링하고 양자 연산을 통해 양자적 거동을 직접 수행함으로써 문제를 푸는 양자시스템	촉매 거동 해석 광합성 해석 원자핵 분석	저압환경	하버드 IonQ
양자 어널리	풀고자하는 문제를 큐빗에 의한 에너지의 분포로 표현하고 에너지 최소 상태를 양자 터널링 등의 방법으로 순식간에 찾 아냄으로써 계산을 수행되는 컴퓨터, 여러 가지로 차선의 해 법이 있어서 최선의 최적화 해법을 찾기 어려운 문제에 적용 시 효과를 발휘	물류 최적화 공정 최적화 투자포트폴리오	극저온 차폐환경	D-Wave 구글
디지털 어널리	양자 어닐러와 같은 방법으로 표현된 에너지 분포에 대해 몬 테카를로법 등 다른 방법으로 에너지 최소 상태를 찾아내는 방법. 양자적 방법은 아니지만 상온동작, 스케일업, 디지털컴 퓨터와의 통합 등에서 유리한 점이 있음	상동	상은 고전컴퓨터 작동 환경	후지쯔
SW 시뮬레이터	게이트 방식 양자컴퓨터의 기능(큐빗의 중첩, 얽힘 등)을 PC, 클라우드, 슈퍼컴퓨터 등의 고전컴퓨터에 SW적으로 구 현한 시뮬레이터, 50큐빗 정도 얽힘을 표현하더라도 140테 라바이트의 메모리가 필요하므로 무한정 많은 큐빗을 표현 할 수 없음	게이트 방식 양자컴퓨터 와 동일	상은 고전컴퓨터 작동 환경	MS IBM Atos 알리바바

출처: 박성수, 송호영 2019, 양자중도통안기알 현황과 전망, ETRI(2019)

- D-Wave, 2007(16개 큐비트), 2011(128 qubit), 2013(512 qubit)
- Google 2019(72qubit)
- NASA 2015 (?)
- IBM 2019(50qubit)

얽힌 광자쌍 수신직지역 3군데

- 티베트 고원의 델링 하 (Delingha)
- 우루무치 (Urümqi)



- 2016년8월 양자통신위성 묵자 궤도 안착
- 2017년6월 리장-델링하 간 정보 양자통신 성공했다고 발표

생각과 실재

- 인간이 생각할 수 있는 범위는 어디까지일까?
- 자연의 실재를 다 생각할 수 있을까?
- 자연 혹은 우주가 다 연결되었다는 말을 들어 보았다면, 그 뜻은 도대체 무엇일까?
- 이런 생각이 나의 현실적 삶과 무슨 관계일까?

Karen Barad의 신유물론

- Barad, Karen, Meeting the Universe Halfway:
 Quantum Physics and the Entanglement of Matter
 and Meaning, Duke University Press, 2007
- Barad, Karen, "Agential realism: a relation ontology interpretation." Olival Freire Jr. et al., eds. The Oxford Handbook of the History of Quantum Interpretations. Oxford University Press, 2022