

The background of the slide is Raphael's fresco 'The School of Athens'. It depicts a group of ancient Greek philosophers in a grand, vaulted hall. Plato is shown pointing upwards, while Aristotle points downwards. Other figures include Pythagoras, Euclid, and Socrates. The architecture features classical arches and statues in niches.

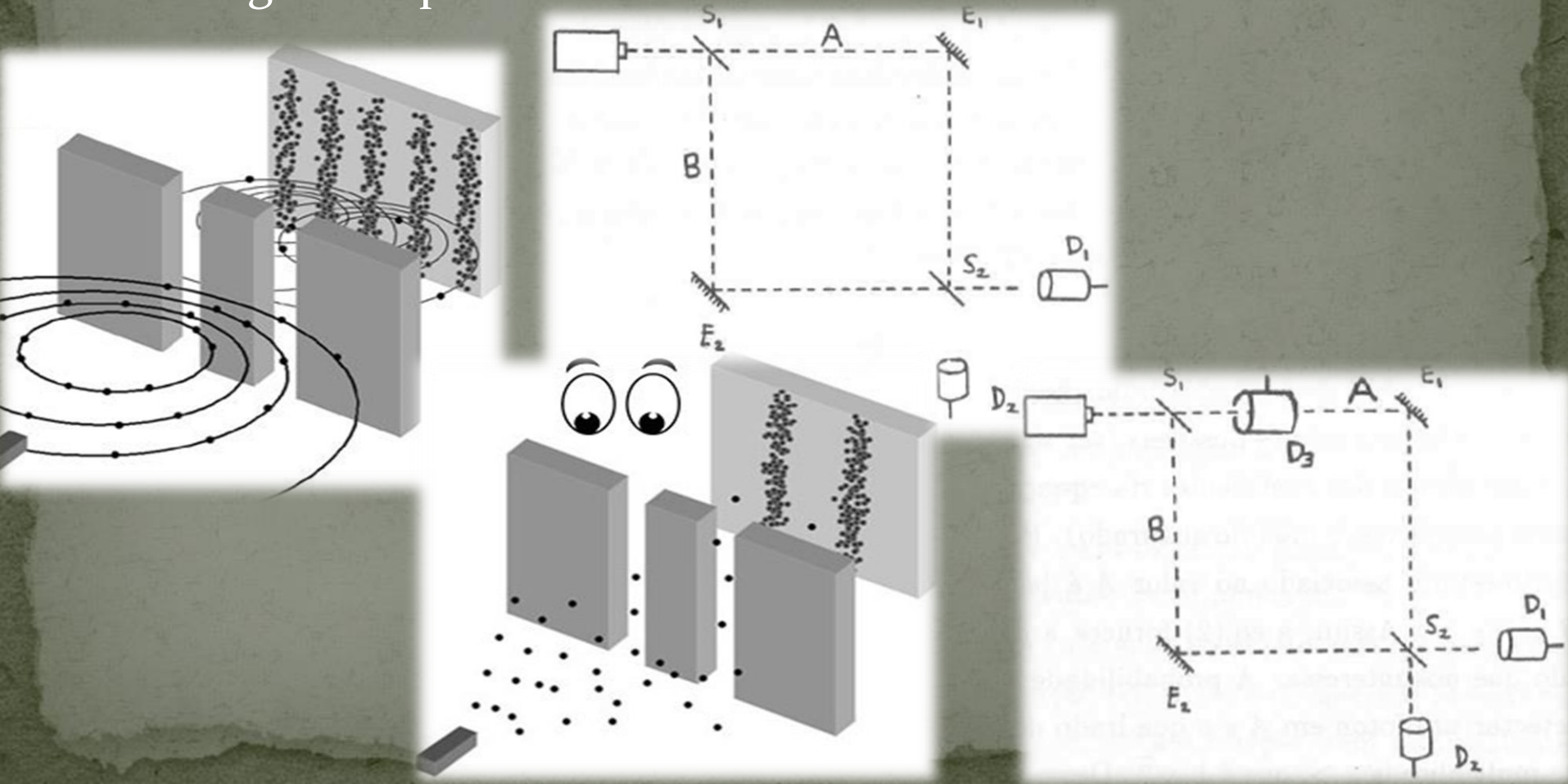
# Filosofia da Ciência

Licenciatura em Física  
7º período

Profa. Marcia Saito  
E-mail: [marcia.saito@ifpr.edu.br](mailto:marcia.saito@ifpr.edu.br)

# Discussão de hoje

- Vimos que quando tentamos detectar/observar por onde um objeto quântico passou, o resultado de um experimento muda.
- Isso significa que o observador realmente interfere na medida?



# Discussão de hoje

- Isso é uma particularidade da FQ ou faz parte da Física como um todo?
- É possível separar sujeito e objeto? Existe uma realidade independente do observador?



# Debate idealismo x realismo



- Escola de Athenas (Rafael): Mundo natural - Platão x Aristóteles

# Debate idealismo x realismo

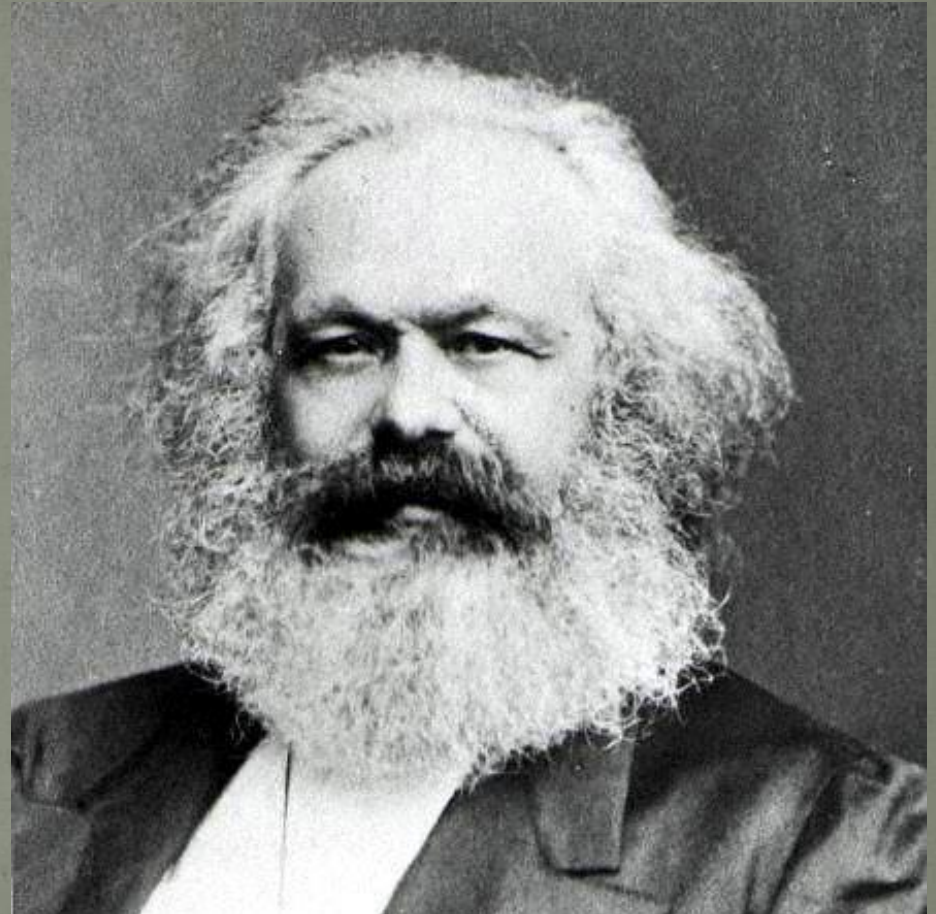


- Século XVIII: descrição do mundo físico – Mach x Newton

# Debate idealismo x realismo



Saber absoluto



Materialismo histórico

- Século XIX: História/Ciências sociais Hegel x Marx

# Debate idealismo x realismo



- Escultura no Park Muzeon, em Moscou (Freire Jr, 2015)
- Século XX: Física Quântica - Bohr x Einstein

# O problema da medição

- Postulado da projeção: Von Neumann (1932)

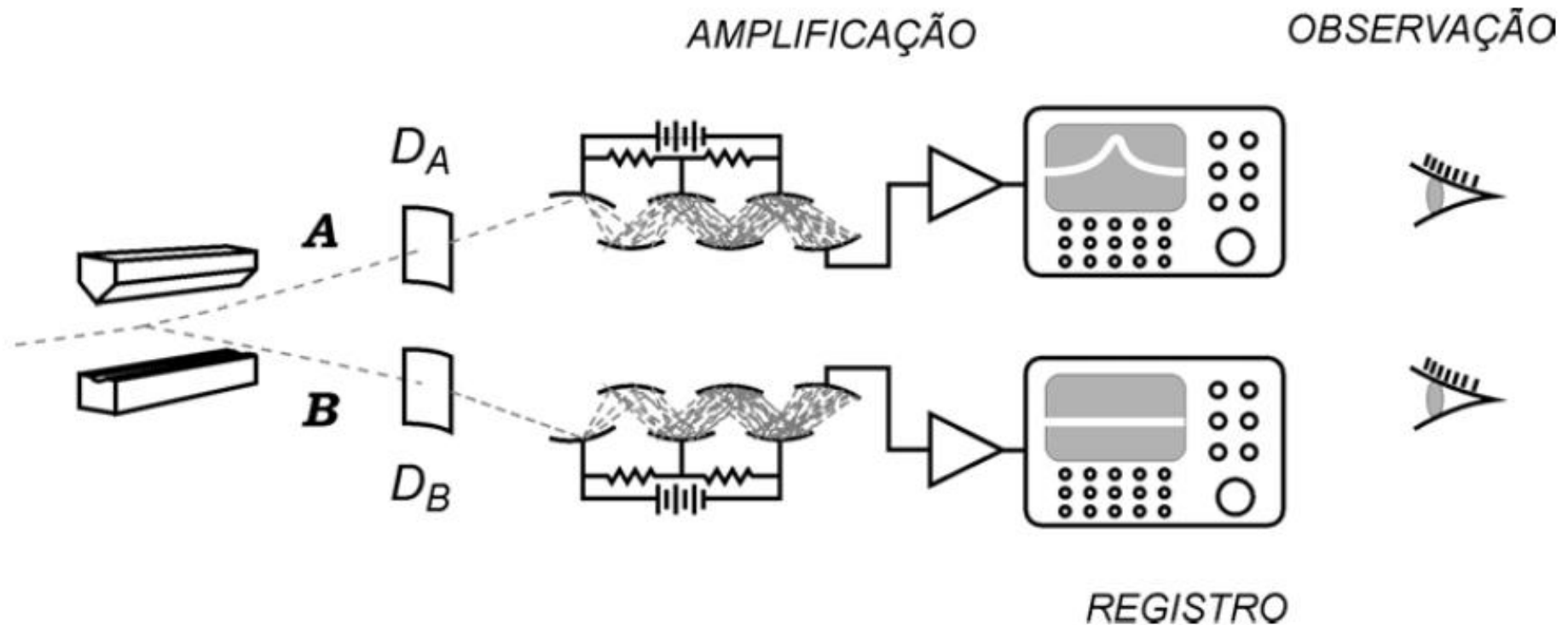
	Física Clássica (mundo macroscópico)	Física Quântica (mundo microscópico)
Função de estado	$x(t)$ : observável	$y(x,t)$ : não observável
Leis dinâmicas	2ª lei de Newton $\vec{F} = m \frac{d^2 \vec{x}}{dt^2}$ Determinista Reversível/Irreversível Contínua	Eq. Schrödinger $i\hbar \frac{d y(x,t)\rangle}{dt} = \hat{H} y(x,t)\rangle$ “Determinista” Reversível Contínua, linear
Regras de medição	Teoria da medição Segue as leis da própria física clássica	Postulado da projeção $\frac{1}{\sqrt{2}}  y_A\rangle + \frac{i}{\sqrt{2}}  y_B\rangle \xrightarrow{P.P.}  y_A\rangle$ “Indeterminista” Irreversível Descontínuo, não-linear



# O problema da medição

- Cadeia de observação: ligando o objeto quântico ao observador

(Pessoa Jr, 2001)



# Idealismo/subjetivismo na Física

## Quântica

- A realidade, de alguma forma, depende da mente  
Mente: propriedade de seres humanos, outros seres vivos, ou mesmo andróides, sujeito cognoscente associado a pessoas



# Interpretação da complementaridade

- A teoria descreve apenas observações, não faz sentido perguntar como é a realidade não-observada
- Limitação da nossa linguagem: o ser humano desenvolveu seu aparelho cognitivo para se adaptar aos corpos “macroscópicos”, estamos limitados à linguagem da Física Clássica
- As entidades microscópicas têm um comportamento totalmente diverso dos corpos macroscópicos, o qual nossa linguagem e mente não conseguem capturar todos os aspectos
- O que podemos fazer é ora utilizar uma *representação* corpuscular, ora uma ondulatória, para descrever os experimentos, nunca ambos ao mesmo tempo
- Problema da medição: tanto faz onde ocorre o “colapso da função de onda”, qualquer opinião levará às mesmas previsões observacionais
- Sujeito e objeto formam um todo indivisível e inalisável



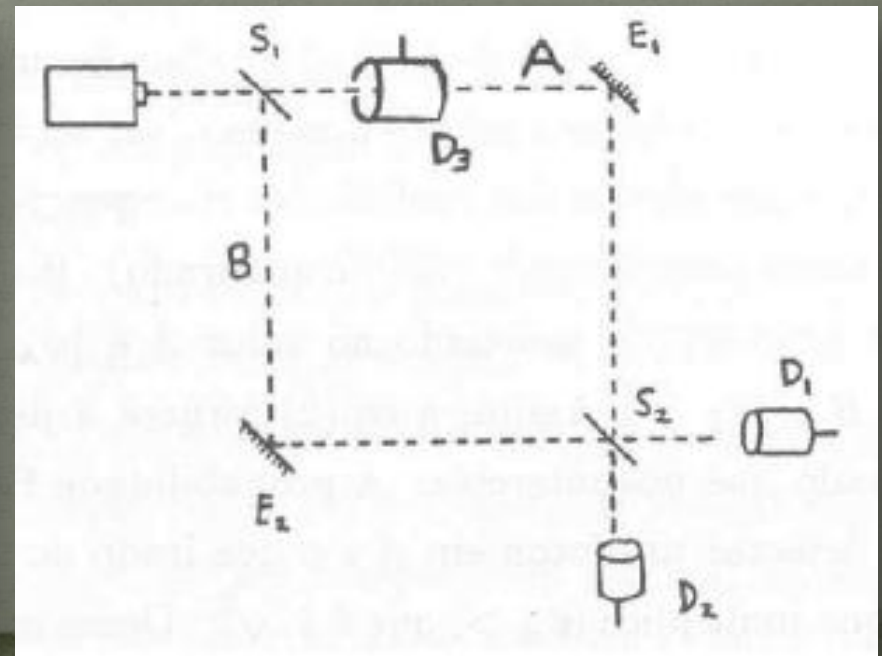
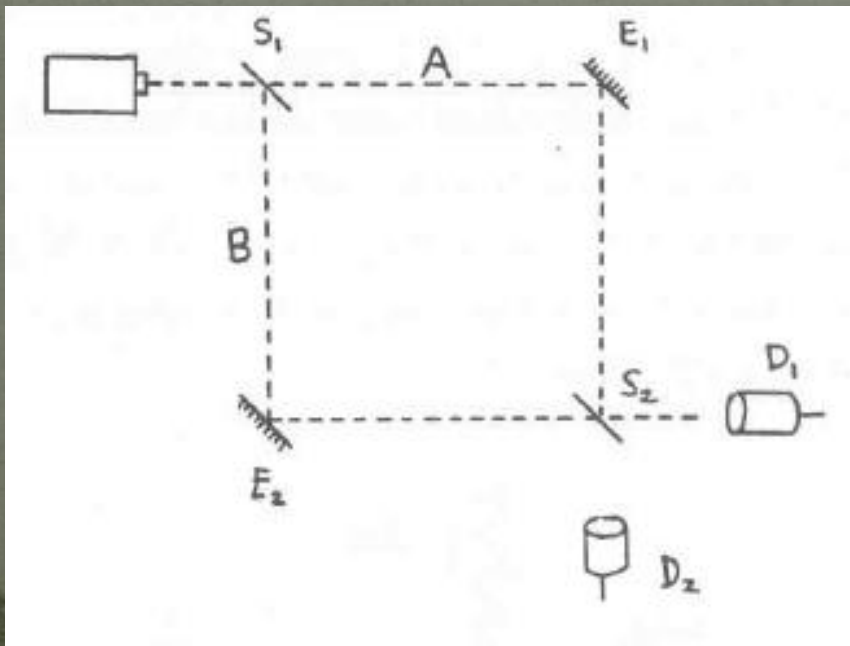
# Werner Heisenberg (1927): papel do observador

- Aluno de Bohr, membro do grupo de Copenhagen
- A função de onda  $\Psi(r)$  é “objetiva”, mas não é “real”
- Na observação/medida de um objeto microscópico, ocorre uma “redução de estado”, de maneira abrupta e descontínua (não um colapso da função de onda)
- Congresso da Solvay (1927): o colapso é provocado pelo observador e não é um processo que ocorre espontaneamente na natureza



# John Wheeler (1974): idealismo “criador”

- Herdeiro das ideias de Bohr, mas influenciado pela interpretação de muitos mundos do seu aluno Everett (1957)
- Desenvolveu a noção de *observador participante*
- Explorou o experimento de “escolha demorada”



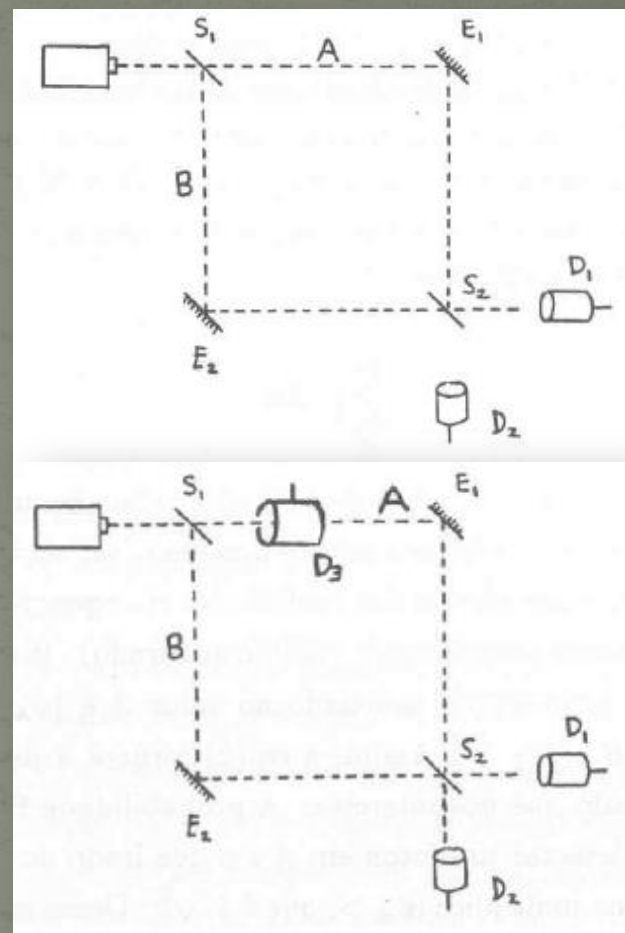
# John Wheeler (1974): idealismo “criador”

- No instante to, antes de inserir o detector, o objeto quântico não decidiu se é onda ou partícula. Após finalizar o experimento, aí sim posso dizer se a realidade em to era ondulatória ou corpuscular, dependendo da escolha que foi realizada.
- O passado “se atualiza” no presente: o passado teria uma *realidade indefinida* antes da conclusão do experimento. A observação *alteraria* essa realidade passada para um aspecto ondulatório ou corpuscular.
- A realidade passada é que muda, não o nosso conhecimento sobre ela

É errado pensar naquele passado como “já existindo” em todos os detalhes. O “passado” é teoria. O passado não tem existência enquanto ele não é registrado no presente. Ao decidirmos quais perguntas o nosso equipamento quântico de registro irá fazer no presente, temos uma escolha inegável sobre o que temos o direito de perguntar sobre o passado. (Wheeler 1978.)

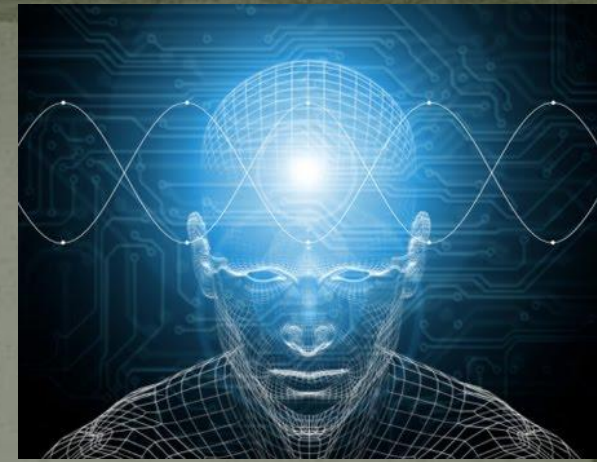
# Von Weizsäcker: o idealismo voluntarista (1944)

- Grupo de Leipzig, na Alemanha, que elaborou uma “interpretação kantiana” da Teoria Quântica
- Apesar da imprevisibilidade da FQ, a causalidade permanece intacta
- A FQ renuncia ao princípio de *objetividade*



O conceito de objeto não poderá mais ser utilizado sem estar referido ao sujeito do conhecimento. [...] Em toda proposição visando uma descrição da natureza, apenas entram duas funções fundamentais da consciência: o saber e o querer (von Weizsäcker, 1945, p. 127).

# London e Bauer (1939): a consciência legisladora



- Von Neumann: o colapso da função de onda se dá com a observação por um ser consciente
- London e Bauer popularizaram essa posição de Von Neumann: a superposição microscópica se estende para o aparelho de medição, até a consciência
- Walter Heiter (1949): a consciência é essencial na observação. Ex: duas chapas fotográficas paralelas, após uma câmara de nuvens – somente um ser consciente pode interpretar o resultado
- Outros físicos com a mesma postura: James Jeans (1943), Arthur Eddington (1928), John Haldane e Wigner (1964)



# Gato de Schrödinger (1935): extensão do idealismo para objetos macroscópicos

- Objetivo de Schrödinger: mostrar que FQ a sua interpretação ortodoxa não podiam constituir uma teoria completa, já que levava a paradoxos



# Eugene Wigner (1962): o amigo do solipsista

- Experimento mental: cientista + amigo + gato
- A realidade é afetada pelo observador e é diferente para cada sujeito
- Solipsismo: além de nós, só existem nossas experiências. Não é possível um conhecimento objetivo comum. O conhecimento está fundado em experiências interiores e pessoais
- Wigner não defendeu o solipsismo: tentou contornar o problema adicionando um termo não-linear a equação de Schrödinger



# Hugh Everett (1957): estados relativos/Int. Muitos Mundos

- Teoria Quântica se aplica ao universo como um todo
- Não há observadores externos que fazem medições e provocam colapsos
- O universo como um todo e os observadores entram em superposições
- Ao fazer um medição, o observador se desdobra em duas “amplitudes” ou ramos do mundo
- A amplitude que observou um resultado não tem acesso às memórias da outra: mundos paralelos



# Reações realistas/objetivistas na Física Quântica

- A realidade não deve depender da mente  
O mundo existe independente das nossas mentes/observação



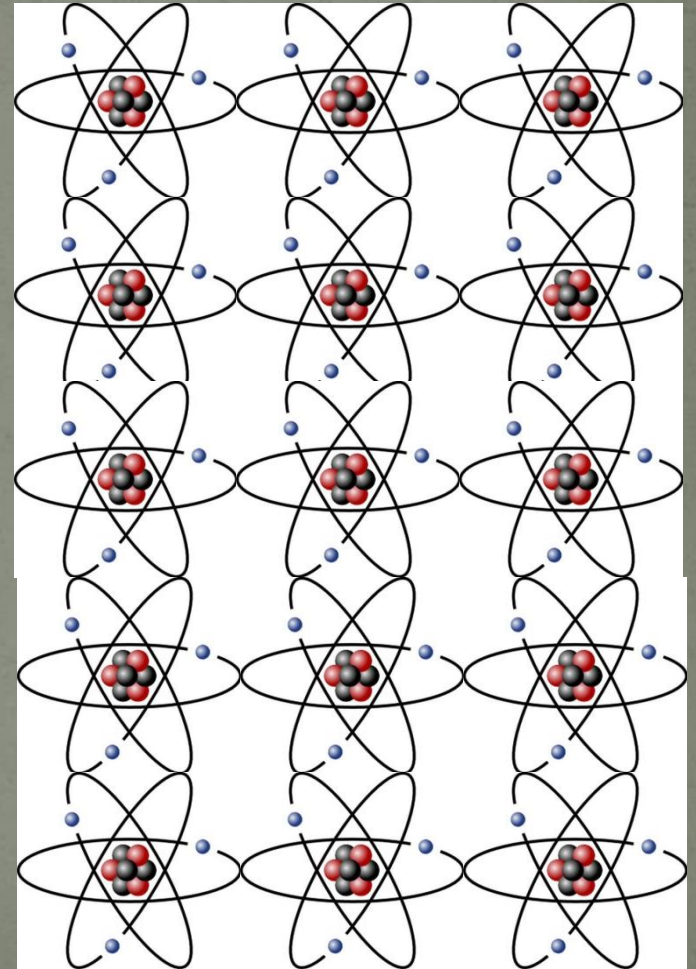
# Contexto Pós 2ª Guerra Mundial

- Guerra Fria: URSS x EUA
- Influência do pragmatismo nos EUA: não favorável ao entendimento das ideias de Bohr
- Influência dos materialistas e marxistas da URSS: ideias de Bohr eram acusadas de promover tendências idealistas na ciência e foram praticamente banidas. Necessidade de fornecer uma interpretação causal para a MQ ou mais objetiva, baseada na matéria



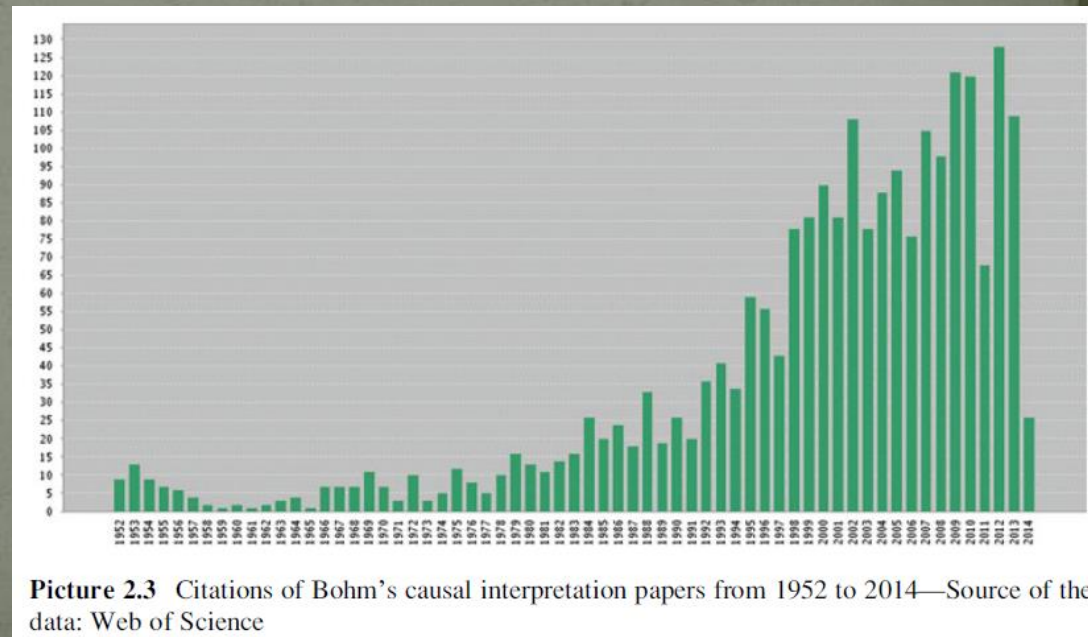
# Interpretação dos coletivos estatísticos

- Desenvolvida nos EUA: Slater, Kemble e Margenau – tradição pragmática
- E na URSS: Blokhintsev e Terletskii – influenciada pelo materialismo
- Além de Landé, Popper, Bunge e Ballentine
- Interpretação corpuscular
- Não se refere a partículas individuais, mas a uma grande coleção de partículas



# David Bohm (1952): ressurgimento da interpretação dualista

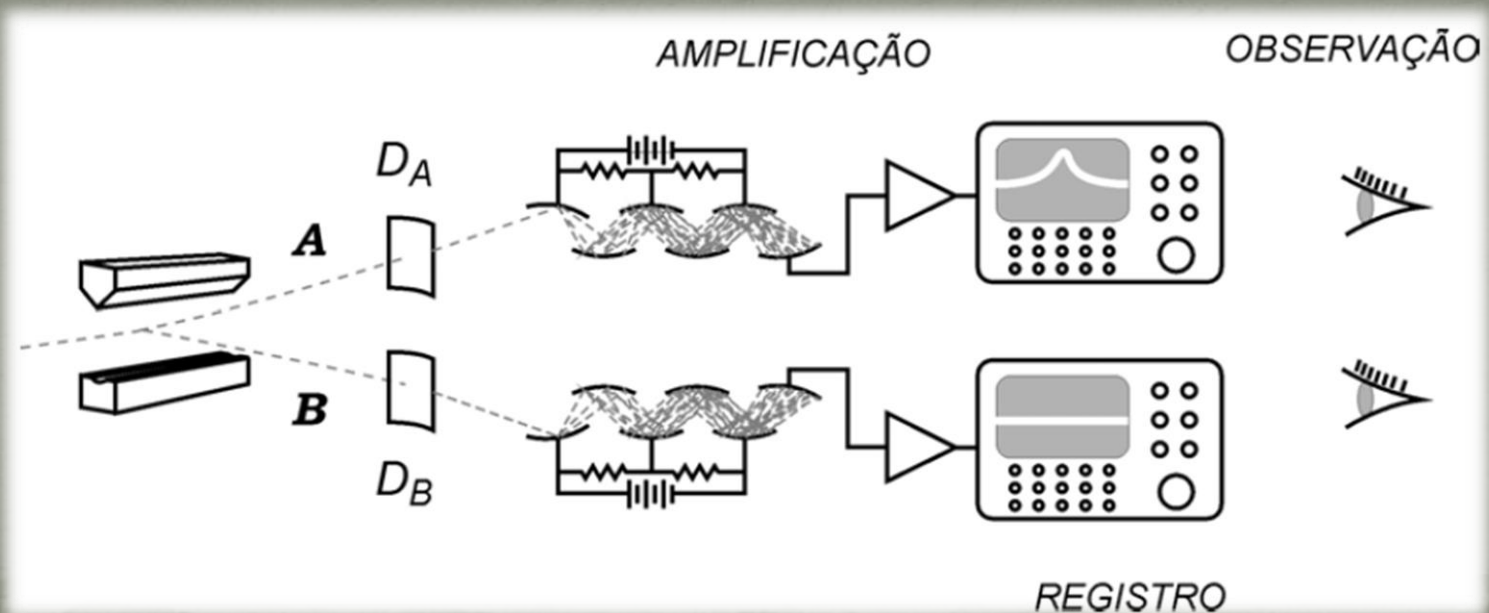
- Bohm era estadunidense e ingressou no Partido Comunista, em 1943
- Foi obrigado a se exilar devido ao macartismo (1950 a 1957) nos EUA: histeria anti-comunista
- Se exilou no Brasil e trabalhou no Instituto de Física da USP (1951-1955)
- Buscou uma interpretação causal para a FQ: tentativa de recuperar o determinismo através de variáveis ocultas
- Superior à tentativa anterior de deBroglie, com sua teoria da onda-piloto



Picture 2.3 Citations of Bohm's causal interpretation papers from 1952 to 2014—Source of the data: Web of Science

# Programa de amplificação termodinâmica (anos 1950)

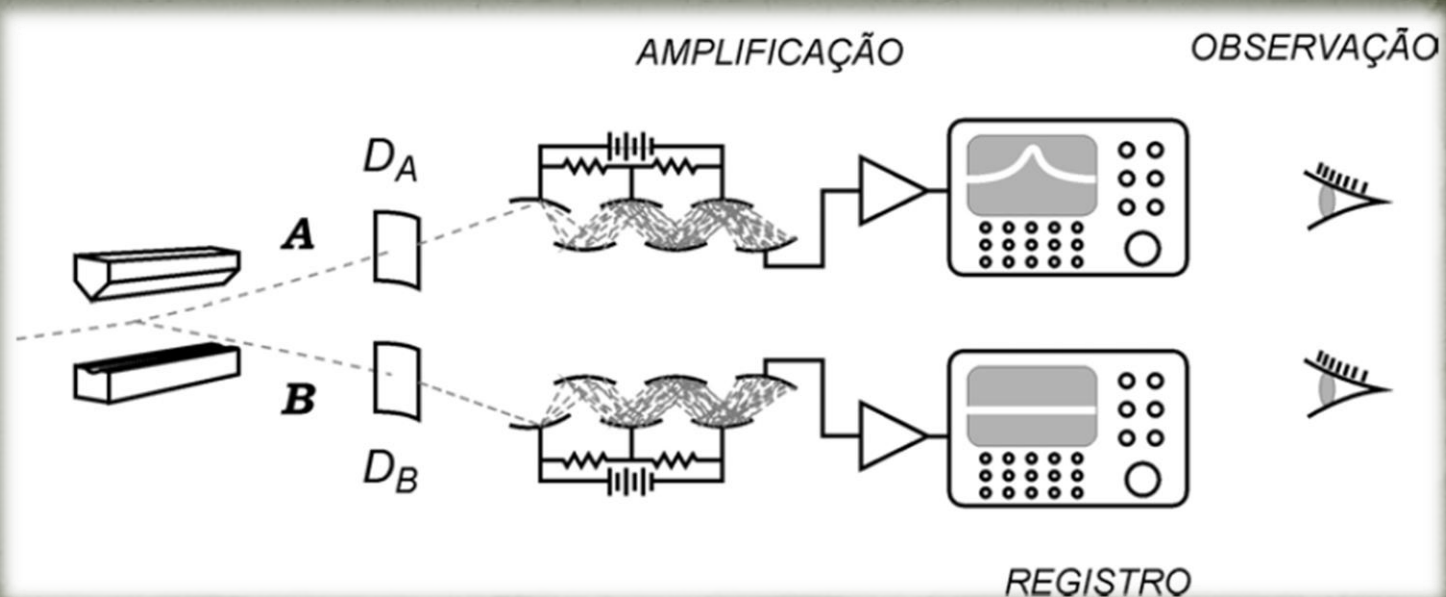
- Substituir o papel fundamental do sujeito humano por um papel semelhante desempenhado pelo aparelho de medição
- Estágio da medição responsável pelo colapso: amplificação
- Medição: processo termodinâmico de amplificação irreversível, resultando em um registro macroscópico





# Programa de amplificação termodinâmica (anos 1950)

- Teve seu auge com a teoria de Daneri, Prosperi e Loinger (1962) e foi defendida por Leon Rosenfeld (1965) e outros seguidores da Int. da complementaridade, apesar da proibição de Bohr de tratar o aparelho de medição como um sistema quântico
- Anos 1960: enfraquecimento do programa de pesquisa
- Argumento elaborado em 1959, por Renninger: experimentos de resultado nulo
- Argumento lançado por Tausk (1966) e apropriado e divulgado por Jauch, Wigner e Yanase (1967)



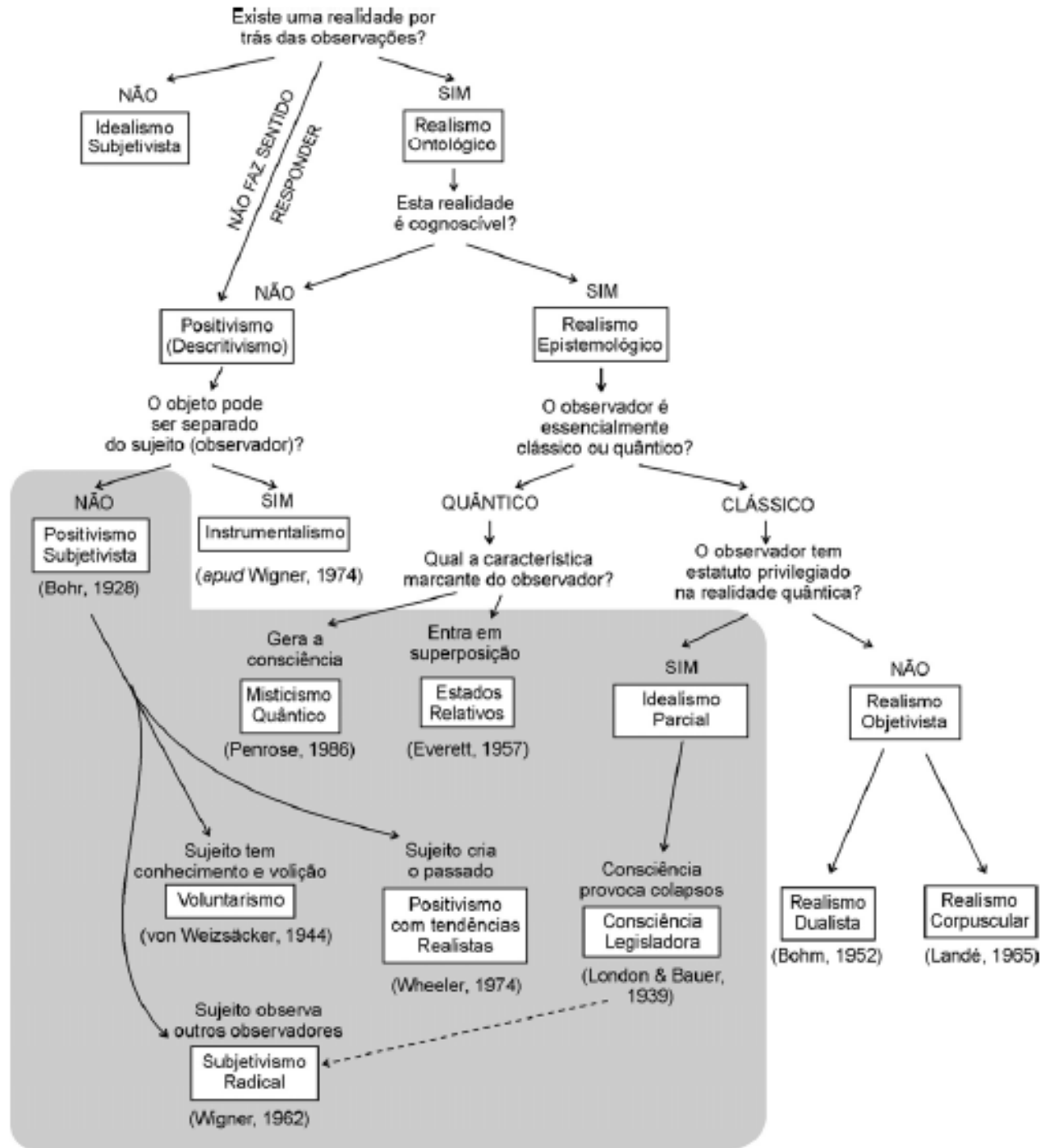


Figura:  
Pessoa (2001)

# Há uma realidade independente do observador?

