

Literatura:

- "Quantum theory & Measurement" Wheeler, Zurek
- "Q. detection and estimation theory", Helstrom
- "Probabilistic and statistical aspects of q. theory" Holevo
- "Fundamentals of statistical signal processing - estimation theory" Kay (klasyka)

I. POMIARY KWANTOWE1. Aspekty filozoficzne

1.1. "Postulat pomiarowy" w mechanice kwantowej
 Z każdą mierzalną wielkością fizyczną związanym jest operator hermitowski $A = \sum_i \lambda_i |a_i\rangle\langle a_i|$
 \uparrow własny spectrum

W wyniku pomiaru stanu $|\psi\rangle$, uzyskany wynik λ_i z prawdopodobieństwem $p_i = |\langle \psi | a_i \rangle|^2$

Po tym pomiarze: $|\psi\rangle \rightarrow |a_i\rangle$
 (Redukcja funkcji falowej)

Wartość oczekiwana obserwabli $\langle A \rangle = \langle \psi | A | \psi \rangle$

Między innymi: mamy pewien zestaw ortogonalnych up. wartości

$P_i = |a_i\rangle\langle a_i|$ i dany wynik i zachodzi

z prawdop. $p_i = \langle \psi | P_i | \psi \rangle = \text{Tr}(P_i S)$

— Pomiar jestony.

Tym samym ewolucja $|\psi\rangle$ w mechanice kwantowej odbywa się na dwa sposoby

a) ciągła, deterministyczna ewolucja unitarna

zadanie przez równ. Schrödingera

$$\frac{d|\psi\rangle}{dt} = -\frac{i}{\hbar} H |\psi\rangle$$

b) nieciągła, probabilistyczna zmiana $|\psi\rangle$

do polega ze stanów własnych $|a_i\rangle$

op. pomiarowego

Mamy do czynienia z pełnym "dualizmem"

Z poziomu sygnalizacji potrzebna do ewolucji rzeczywistych
prawdopodobieństw w fizyce klasycznej

$S(q_1, \dots, p_1, \dots, p_n)$ - gęstość stanu przed, że nastąpi
zmierzanie się w p.t. q_i i miara przedy p_i .

a) ewolucja zadaną równ. Liouville

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -\{S, H\}$$

b) "pomiar" uchwycenia rezultat prawdopodobieństwa
"nieciągła zmiana miary wiedzy."

Istotne różnice:

• W fiz. klasycznej S reprezentuje miarę niepewności
w rzeczywistości wyznaczonej w układzie fizycznym w danym
stałym momencie w każdej chwili czasu.

Pomiar nie ma żadnego magicznego statusu w tym
po prostu odwołanie (istotnych) parametrów układu

• W fiz. kwantowej dopiero pomiar określa
o jakich właściwościach fizycznych układu można mówić

Jeśli mówimy "północ", "południe" cz. 1

to nie mówimy o "właściwościach cz. 1"

a o tym, jak w ogóle wykluczamy się szanse
pomiarowego. Pomiar - przykład pierwotnym teori

Nic ale pomiar to... odwołanie układu

z un. stanem pomiarowym. (na miarę w tym)

2. Umieć mierzyć pomiarowym, Czy mierzyć w takim
 razie aby pomiar nie opisał jako ewolucję
 układu kwantowego? I umieć decydować ;

Czy musimy zadowalać się

tylko tym, że fiz. kw. pomiaru przewidywać
 prawdopodobieństwa dla wielokrotnie pomiarów
 eksperymentalnie tym:

przygotowane układy kwantowe pomiar

nie ma sensu mówić o się dzieje z kwantowym układem
 w między czasie, traktować kw. jako narzędzie
 przewidywania prawdopodobieństwa. Nie traktować
 kw. jako jednego z wielu stanów polaryzacji układu, który
 doznaje ewolucji i „coś się zmienia” do pomiaru
 nie zmienia. Zfalsyfikowane kwantowe jest
 zamknięte nie jest silniejszą zmianą fizycznych
 warunków po sobie.

1.2 „Pre-pomiar”

Umieć mierzyć pomiarowe tej opisyjny jako układ
 kwantowy i pomiar oddzielny

$$\begin{matrix} \text{układ} & \text{umieć mierzyć pomiarowe} \\ \downarrow & \downarrow \\ |\psi\rangle_S & |\chi\rangle_M \xrightarrow{U} |\Phi\rangle_{SM} \in \mathcal{H}_S \otimes \mathcal{H}_M \end{matrix}$$

Ewolucja U będzie nazywać „pre-pomiar” jeśli
 istnieje baza $|a\rangle \in \mathcal{H}_S$ t. i. i. ;

$$|a\rangle \otimes |\chi\rangle \xrightarrow{U_M} |a\rangle \otimes |\chi_a\rangle$$

\uparrow $|\chi_a\rangle \in \mathcal{H}_M$ st. antygardzie $\in \mathcal{H}_M$
 (układ pomiarowy)

Jeśli możemy sądzić stan nie wpływ.

$$|\psi\rangle \otimes |\chi\rangle = \sum_a c_a |a\rangle \otimes |\chi\rangle \xrightarrow{U_M} \sum_a c_a |a\rangle \otimes |\chi_a\rangle = |\Phi_{SM}\rangle$$

Parzysta silna korelacja (splątanie) między
 wielkimi pomiarowymi a układem

Jeśli teraz postępujemy jak na produktach

$$S_s = \text{Tr}_M(|\Phi_{SM}\rangle \langle \Phi_{SM}|) = \sum_a |c_a|^2 |a\rangle \langle a|$$

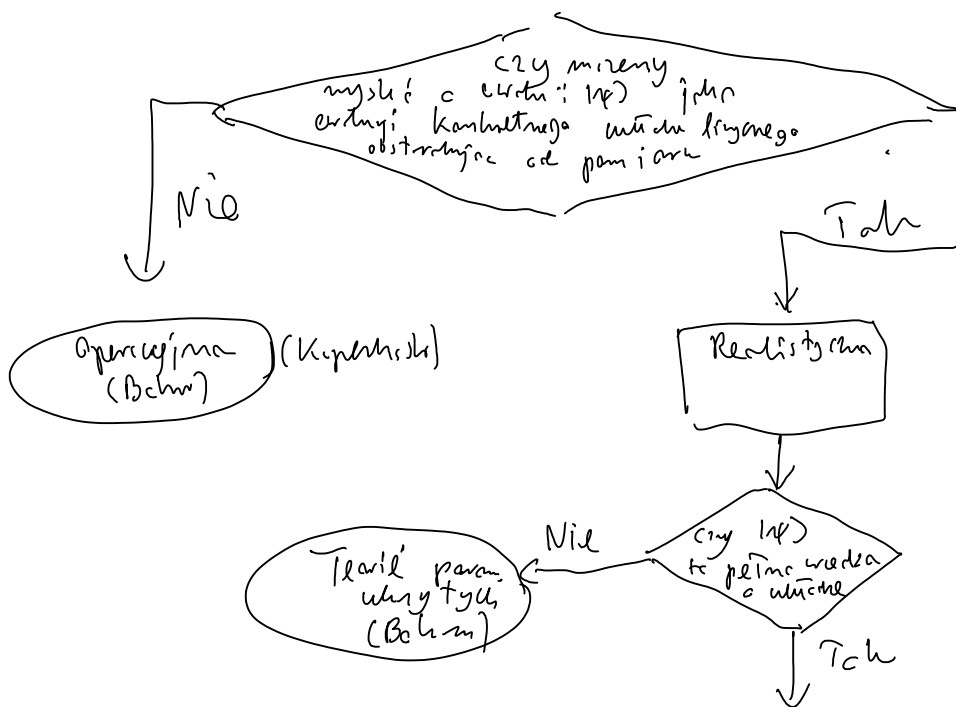
Wygląda jak klasyczny mieszany stan. a ,
 może być ujęte jako „preparacja” zmieszanej superpozycji,
 i ujęte jako problem zamknięty

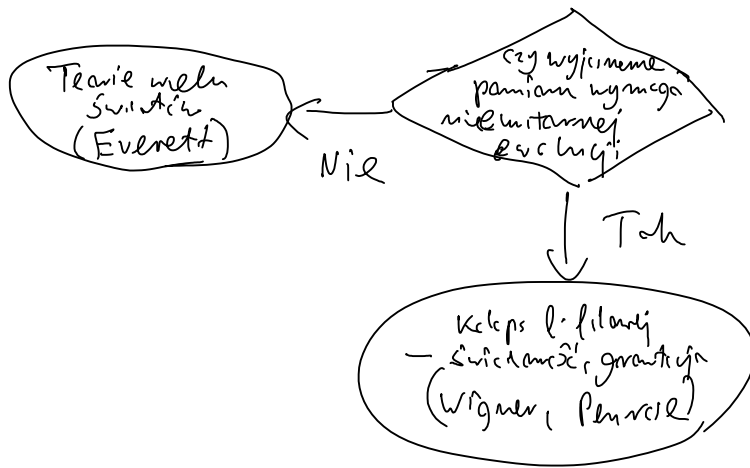
Ma jest ten problem - superpozycja wciąż istnieje
 choć się bierze kładzie myślenie pomiaru
 Na umocnienie pomiarowe „prawy obserwator”:

$$\left(\sum_a c_a |a\rangle \otimes |n_a\rangle \right) \otimes |0\rangle \xrightarrow{M_0} \sum_a c_a |a\rangle \otimes |n_a\rangle \otimes |0_a\rangle$$

to oczywiście fundamentalnie nic nie zmienia

1.3 Interpretacje





o Operacyjna (~Kopenhaska)

Funkcja falowa Ψ nie ma fizycznej rzeczywistości poza stanem układu, bez pytania o fizyczną sygnalizację pomiarową

Ψ - jest modelem przewidywanym paradygmatu redukcji zdanem przy wykorzystaniu pomiaru eksperymentalnie z takim samym przygotowaniem i pomiarem.

W tym sensie Ψ przypisane jest całej zbiorowi stanów przygotowanych w pewnym sposób - nie jest to pomiar układowy.

Bez zdefiniowania pomiaru nie ma się pytać o się, wskazać dalej z całościem ---

Jeśli mówimy "pomiarem", "płd", nie mówimy o właściwościach całości, ale o pewnych schematach pomiarowych.

Poprawnie pomiar jest pojęciem pierwotnym w teorii i jego opis nie musi się, w teorii

o Redukcyjna

a) teoria parametrów układowych, gdzie f. falowa to tylko nie kompletny opis rzeczywistości.

jakie metody teorii Mechaniki Kwantowej,

Pomiar = oddziaływanie układu z urządzeniem pomiarowym

$$|a\rangle |z_{[...]} \rangle \xrightarrow{U_M} |a\rangle |z_{[... a]}\rangle$$

dla dowolnego stanu:

$$|\psi\rangle |z_{[...]} \rangle \xrightarrow{U_M} \sum_a c_a |a\rangle |z_{[... a]}\rangle$$

$c_a = \langle a | \psi \rangle$

„pomiar” urządzenia pomiarowego

oddziaływanie wyznacza nam pewną bieżącą wartość pomiarową, w momencie oddziaływania układ jest tylko jeden „gotowy” ale funkcji prawdopodobieństwa występuje

Pomiar dwukrotny.

$$\sum_a c_a |a\rangle |z_{[... a]}\rangle \rightarrow \sum_a c_a |a\rangle |z_{[... a a]}\rangle$$

Wynik ten sam.

„Pomiar” ma kilka takich samych układów

$$|\psi_1\rangle \dots |\psi_N\rangle |z_{[...]} \rangle \xrightarrow{M_i^j}$$
$$\rightarrow \left(\sum_{a_1} c_{a_1} |a_1\rangle |\psi_2\rangle \dots |\psi_N\rangle |z_{[... a_1^{(1)}]}\rangle \right) \rightarrow$$
$$\xrightarrow{M_i^j} \left(\sum_{a_1, a_2} c_{a_1} c_{a_2} |a_1\rangle |a_2\rangle \dots |\psi_N\rangle |z_{[... a_1^{(1)} a_2^{(2)}]}\rangle \dots \right)$$

Nie ma nigdy klęsk, oddziaływanie powoduje ciągłe rozprzeczanie się układu „urządzenia pomiarowe” to układ układy kwantowe skorelowane z innymi w pewnym wyjątkowym sposobie. Różne trajektorie („różne historie wadliwych”) mogą być pomiarowe $\rightarrow \infty$ istoty układy. Jeśli tylko zlokalizowane typowe. My jesteśmy obserwatorami w typowej sytuacji...

$$P_{a_1 \dots a_n} = P_{a_1} \dots P_{a_n}$$

Ciekawym pytaniem jest przygotowanie układu:

= skonstruowanie go u siebie w domu
początkowo plany pomiaru - wtedy
ustalony "startowa gęstość" i później
można je obserwować.

Obserwator w formie gęstości nie
zawraca obecności innych gęstości!

Wskazywał tylko warunki obserwacji f. f. lawej
Wskazywał same "miejscowości" referencyjne same
"wyniki".

1.3

Ogólna mądrość:

Głównie med. kwantowej (Misty cyfry)

- obliczony og. "święta tam no quantum"

do "święta odniesienia do obserwacji"

(pamięć ludzi już robiono tenże wykład)

no i puste, tutaj robimy więcej...

Świat obserwujemy od środka