

# How long will we be able to watch "Schrödinger's cat"?

A.V.Severin

alsewerin@yandex.ru

## Abstract

*We propose an experiment on introducing a macroscopic object into the state of "Schrödinger's cat" and obtaining information from both components through an interfering beam.*

Ever since the "Schrödinger's cat" [1] was invented, it was considered impossible to test the hypothesis directly, that is, to simultaneously obtain information from each of the states of the object. After all, having received a signal from one of the states, we lose contact with the other. In 1986, Yurke and Stoler proposed a scheme for an experiment that makes it possible to create and register a state like "Schrödinger's cat". [2] The Yurke-Stoler state is an interfering photon interacting with an anharmonic oscillator. In this way, an obstacle that previously seemed insurmountable is successfully overcome: we can receive information from both components of the composite state, because the interfering beam comes not from any one of them, but from both, and information is transmitted not through the presence or absence of a beam, but through interference. In this case, the resonators and waveguides through which the beam passes are macroscopic objects consisting of many atoms and electrons.

What prevents us from taking the last step towards reproducing the experiment with "Schrödinger's cat" literally - placing a cat in a box, a video camera, transmitting a video stream through beam interference and observing the cat's behavior in two parallel branches of reality?

The setup might look something like the one shown in Fig. 1. The object under study, located in a box isolated from the external environment, is transferred to a quantum state depending on the random number generator. The object data is transmitted to a phase converter, which does not delay the light passing through it, but only shifts the phase of the light beam by  $1/4$  wavelength forward or backward.

The light source and receiver are outside the box.

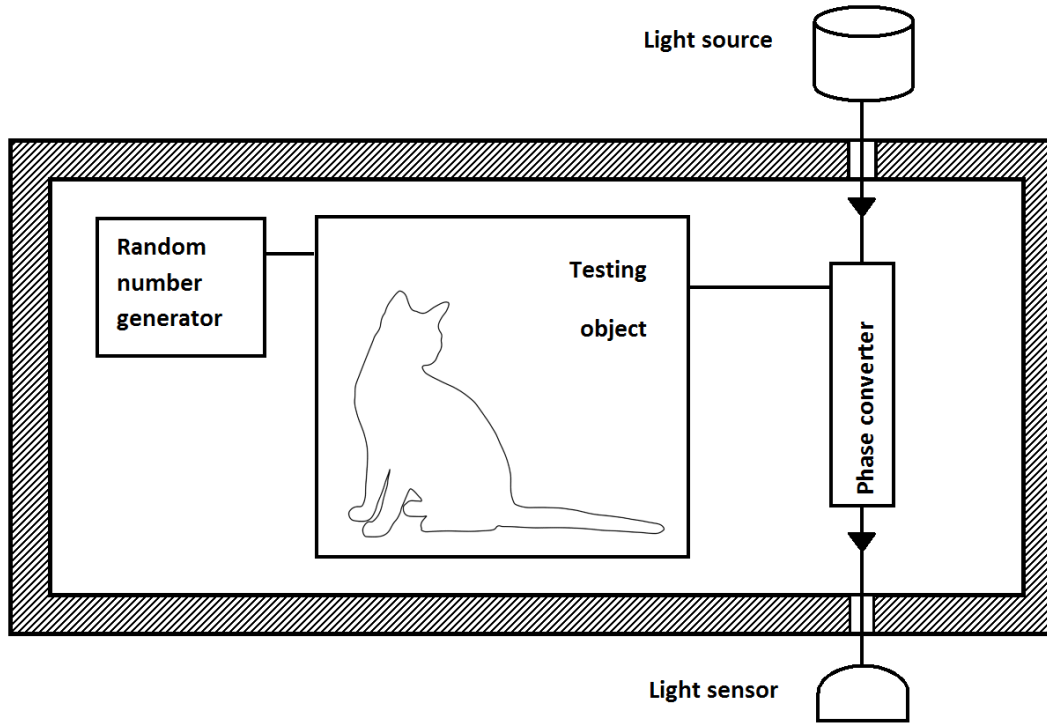


Figure 1. Experimental setup.

If the phase converter can be in the "Schrödinger's cat" state, and if two of its states shift the phase in opposite directions, then as a result of interference, an external observer will receive a zero flux of light at the output. If the phase shifts are of the same sign, then the light will pass through the converter unhindered.

By combining the phase shift directions, we can transmit any information about each of the states of the object under study to the outside world. In order to transmit 1 bit of information about each of the two states, two parallel channels are sufficient, consisting of a source, a converter and a sensor (Table 1).

Table 1.

transmitted value	channel 1		channel 2	
	state 1	state 2	state 1	state 2
0	$-\lambda/4$	$+\lambda/4$	$+\lambda/4$	$-\lambda/4$
1	$+\lambda/4$	$+\lambda/4$	$+\lambda/4$	$+\lambda/4$

In any of the four possible variants of the transmitted data, when summing the

phase shifts over the channels, channel 1 will contain a bit from the first state, and channel 2 from the second.

An observer outside the box cannot in any way determine from which of the states he received a signal, so the collapse of the wave function does not occur.

This differs from the Yorkey-Stoler experiment in that there the random number generator, the object under study and the phase converter are combined in one device. Instead of a phase converter driven by a random number generator, we have a random converter that has a 50% chance of shifting or not shifting the phase.

Why should this stop working when the described intermediates are introduced?

It is believed that as a result of the interaction of an object like "Schrödinger's cat" with the outside world, decoherence occurs. [3] That is, the two components of the composite state cease to be coherent to each other. But we don't need them to be coherent. It is sufficient that the beam components coming out of the phase converter be coherent. And this is ensured by the design of the phase converter and the large length of the light wave.

Composite states such as "Schrödinger's cat" are considered "fragile", in accordance with the principle of "quantum Darwinism" [4] they quickly disappear for the observer, since information carriers often come from pointer states, that is, individual components. But our information carriers are not random, but are specially made in such a way that they bring information about the composite state.

Nevertheless, the element of chance in the transfer of information cannot be completely excluded. Our information carriers - photons sometimes scatter. And it may happen that on the way between the phase converter and the sensor, not both components of the photon are scattered, but only one of them. This will be equivalent to opening the box, since we received a signal from one of the components. Thus, we will be able to transmit on average  $n = 1/D$  photons, where  $D$  is the probability of a photon being scattered between the transducer and the sensor.

## References

1. E.Schrödinger, Die gegenwärtige situation in der quantenmechanik // Naturwissenschaften 23, pp. 844-849 (1935).

2. B.Yurke, D.Stoler, Generating quantum mechanical superpositions of macroscopically distinguishable states via amplitude dispersion // Phys. Rev. Lett. 57, 13 (1986).
3. W.H.Zurek, Decoherence and the Transition from Quantum to Classical // Physics Today 44(10), 36, (1991).
4. W.H.Zurek, Quantum Darwinism // Nature Physics, vol. 5, pp. 181-188 (2009).

## Долго ли мы сможем наблюдать за "котом Шредингера"?

А.В.Северин

alsewerin@yandex.ru

### Аннотация

*В статье предлагается эксперимент по введению макроскопического объекта в состояние "кота Шредингера" и получению информации от обеих компонент через интерферирующий луч.*

С тех пор как "кот Шредингера" [1] был придуман, считалось невозможным проверить гипотезу непосредственно, то есть одновременно получить информацию от каждого из состояний объекта. Ведь получив сигнал от одного из состояний, мы теряем связь с другим. В 1986 году Йорки и Столером была предложена схема эксперимента, позволяющего создать и зарегистрировать состояние типа "кота Шредингера". [2] Состояние Йорки - Столера представляет собой интерферирующий фотон, взаимодействующий

с ангармоническим осциллятором. Таким способом успешно преодолевается препятствие, казавшееся ранее непреодолимым: мы можем получить информацию от обеих компонент составного состояния, потому что интерферирующий луч приходит не от какой-то одной из них, а от обеих, и информация передается не через наличие или отсутствие луча, а через интерференцию. При этом резонаторы и волноводы, через которые проходит луч - макроскопические объекты, состоящие из множества атомов и электронов.

Что же мешает нам сделать последний шаг к тому, чтобы воспроизвести эксперимент с "котом Шредингера" буквально - поместить в ящик кота, видеокамеру, передавать поток видео через интерференцию луча и наблюдать за поведением кота в двух параллельных ветвях реальности?

Установка может выглядеть примерно так, как показано на рис. 1. Исследуемый объект, находящийся в ящике, изолированном от внешней среды, переводится в квантовое состояние в зависимости от генератора случайных чисел. Данные объекта передаются на фазовый преобразователь, который не задерживает проходящий через него свет, а только сдвигает фазу светового луча на  $1/4$  длины волны вперед или назад. Источник и приемник света находятся вне ящика.

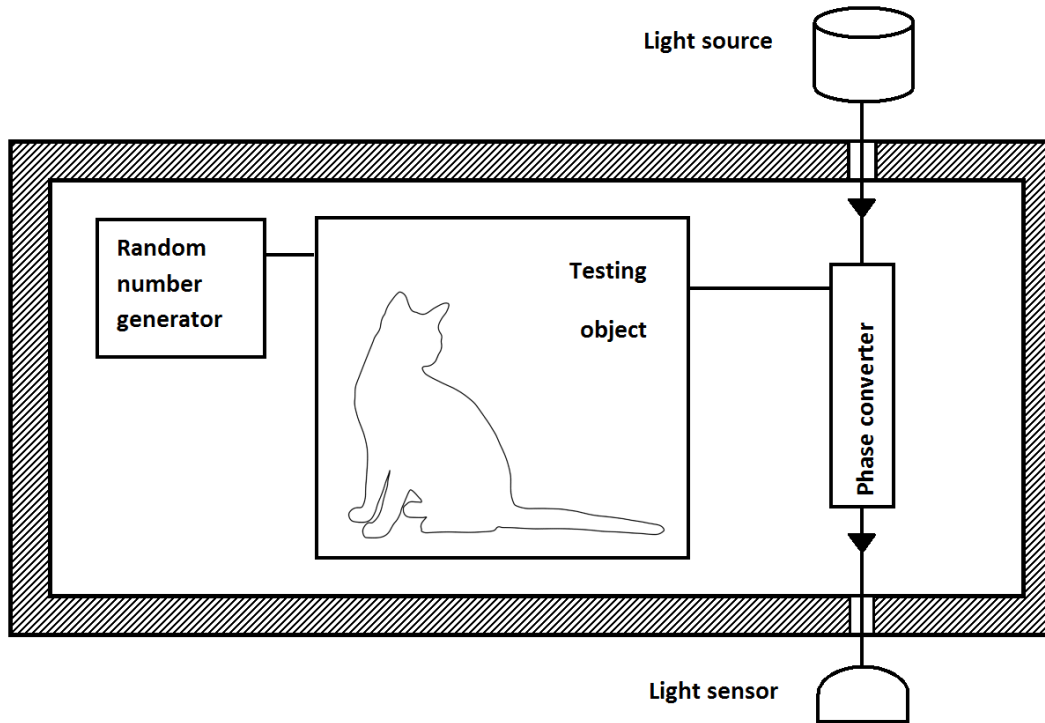


Рисунок 1. Схема установки.

Если фазовый преобразователь может находиться в состоянии "кота Шредингера" и если два его состояния будут сдвигать фазу в противоположных направлениях, то в результате интерференции внешний наблюдатель получит на выходе нулевой поток света. Если сдвиги фаз будут одного знака, то свет пройдет через преобразователь беспрепятственно.

Комбинируя направления сдвига фазы, мы можем передать во внешний мир любую информацию о каждом из состояний исследуемого объекта. Для того, чтобы передать 1 бит информации о каждом из двух состояний достаточно двух параллельных каналов, состоящих из источника, преобразователя и датчика (таблица 1).

Таблица 1.

передаваемое значение	канал 1		канал 2	
	состояние 1	состояние 2	состояние 1	состояние 2
0	$-\lambda/4$	$+\lambda/4$	$+\lambda/4$	$-\lambda/4$
1	$+\lambda/4$	$+\lambda/4$	$+\lambda/4$	$+\lambda/4$

В любом из четырех возможных вариантов передаваемых данных при суммировании сдвигов фаз по каналам в канале 1 окажется бит от первого состояния, а в канале 2 – от второго.

Наблюдатель вне ящика никак не может определить от какого из состояний он получил сигнал, поэтому схлопывания волновой функции не происходит.

От эксперимента Йорки - Столера это отличается тем, что там генератор случайных чисел, исследуемый объект и фазовый преобразователь объединены в одном устройстве. Вместо фазового преобразователя, управляемого генератором случайных чисел, мы имеем случайно срабатывающий преобразователь, который с вероятностью 50% сдвигает или не сдвигает фазу.

Почему это должно перестать работать при введении описанных промежуточных звеньев?

Считается, что в результате взаимодействия объекта типа "кота Шредингера" с внешним миром происходит декогеренция. [3] То есть две компоненты составного состояния перестают быть когерентными друг другу. Но нам и не нужно, чтобы они были когерентными. Достаточно, чтобы были когерентными компоненты луча, выходящие из фазового преобразователя. А это обеспечивается за счет конструкции фазового преобразователя и большой длины световой волны.

Составные состояния типа "кота Шредингера" считаются "хрупкими", в соответствии с принципом "квантового дарвинизма" [4] они быстро исчезают для наблюдателя, поскольку носители информации чаще приходят от состояний-указателей, то есть отдельных компонент. Но у нас носители информации не случайны, а специально сделаны такими, чтобы приносили информацию именно о составном состоянии.

Все же элемент случайности в переносе информации нельзя полностью исключить. Наши носители информации - фотоны иногда рассеиваются. И может случиться так, что на пути между фазовым преобразователем и датчиком рассеются не обе компоненты фотона, а только одна из них. Это будет равносильно открытию ящика, поскольку мы получили сигнал от одной из компонент. Таким образом, мы сможем передать в среднем  $n = 1/D$  фотонов, где  $D$  - вероятность рассеяния фотона между преобразователем и датчиком.

## Литература

1. E. Schrödinger, Die gegenwärtige situation in der quantenmechanik // Naturwissenschaften 23, pp. 844-849 (1935).
2. V. Yurke, D. Stoler, Generating quantum mechanical superpositions of macroscopically distinguishable states via amplitude dispersion // Phys. Rev. Lett. 57, 13 (1986).
3. W.H.Zurek, Decoherence and the Transition from Quantum to Classical // Physics Today 44(10), 36 (1991).
4. W.H.Zurek, Quantum Darwinism // Nature Physics, vol. 5, pp. 181-188 (2009)