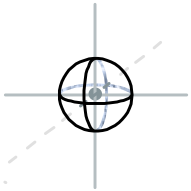
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

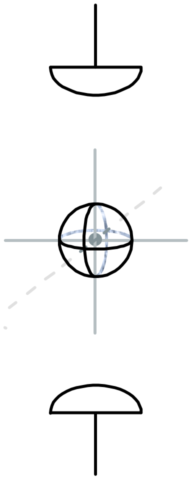
0) Сглобяване - квантов бит



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

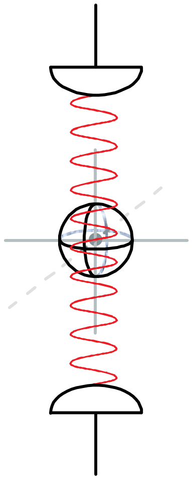
0) Сглобяване - квантов бит



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

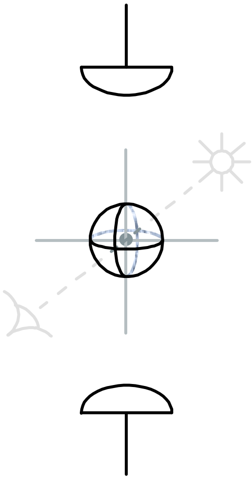
0) Сглобяване - квантов бит



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

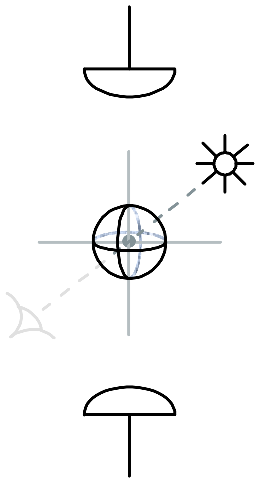
0) Сглобяване - квантов бит



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

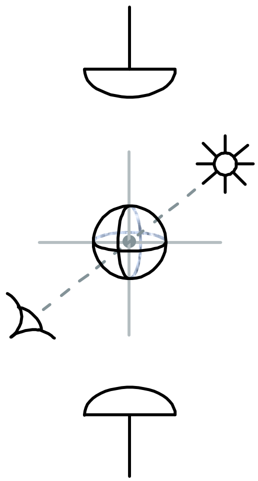
0) Сглобяване - квантов бит



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

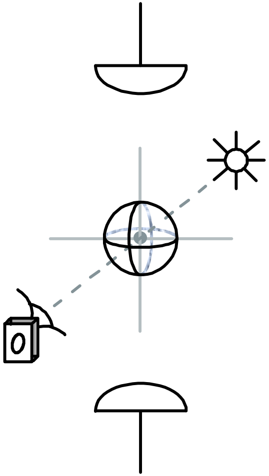
0) Сглобяване - квантов бит



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

0) Сглобяване - квантов бит



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

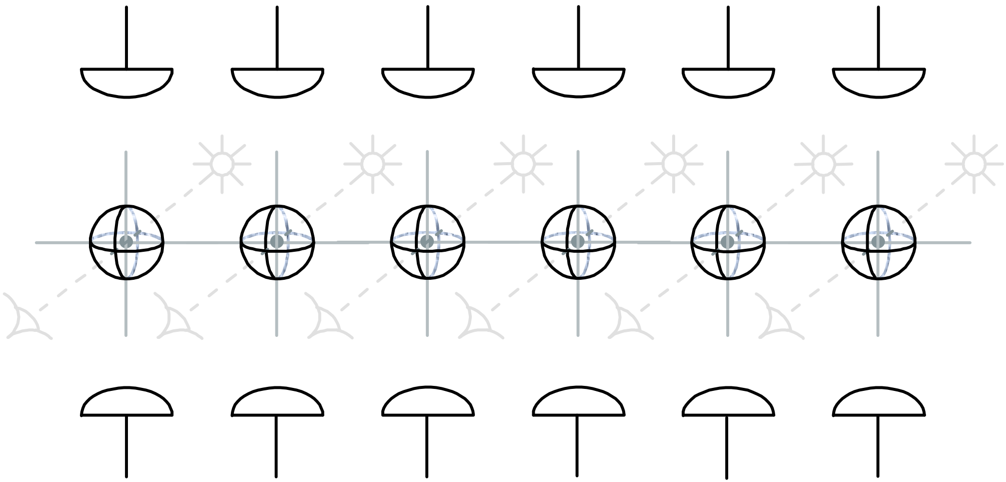
Николай Митов

0) Сглобяване - квантов бит

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

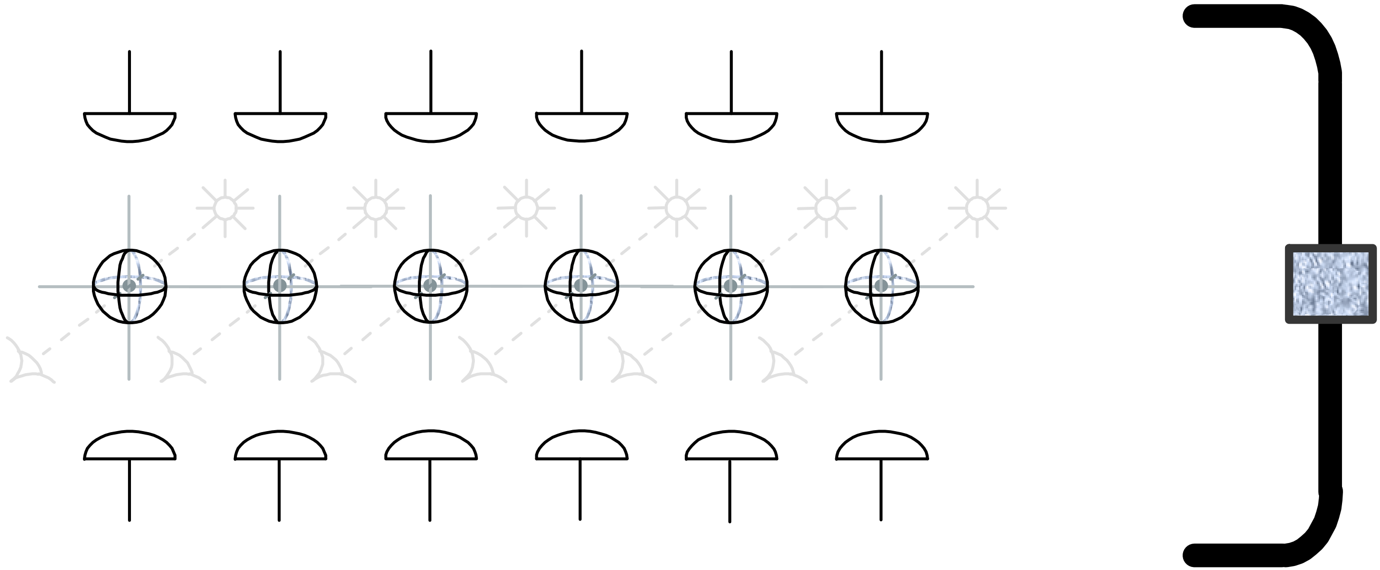
0) Сглобяване - система от квантови битове



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

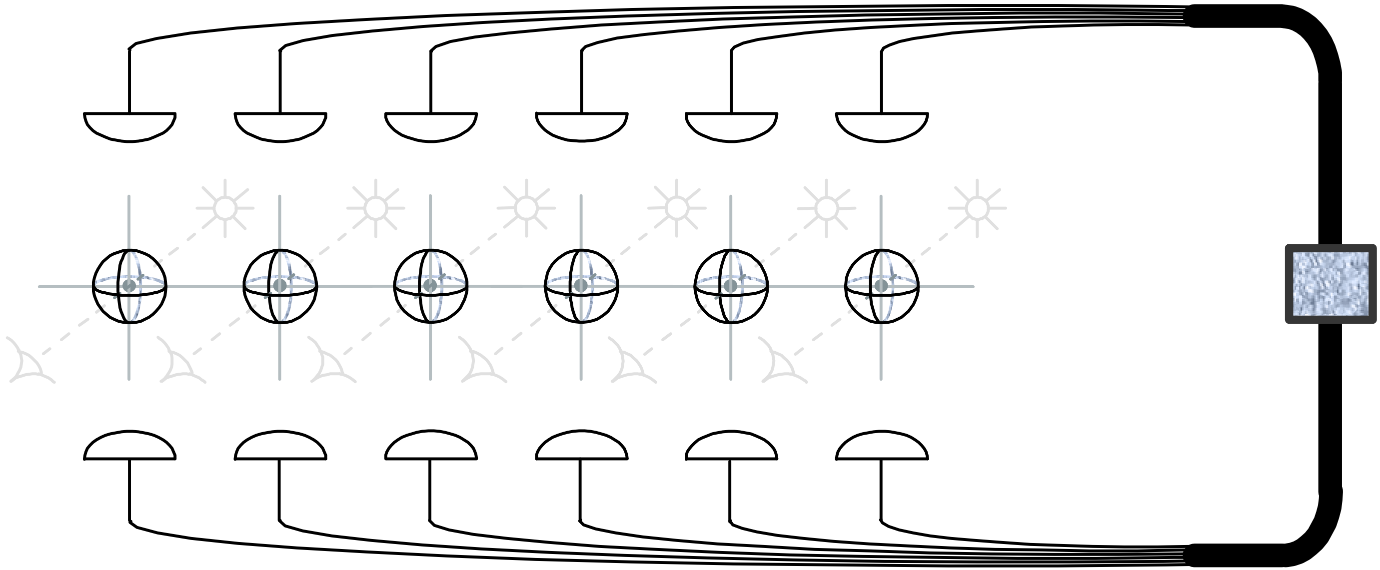
0) Сглобяване



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

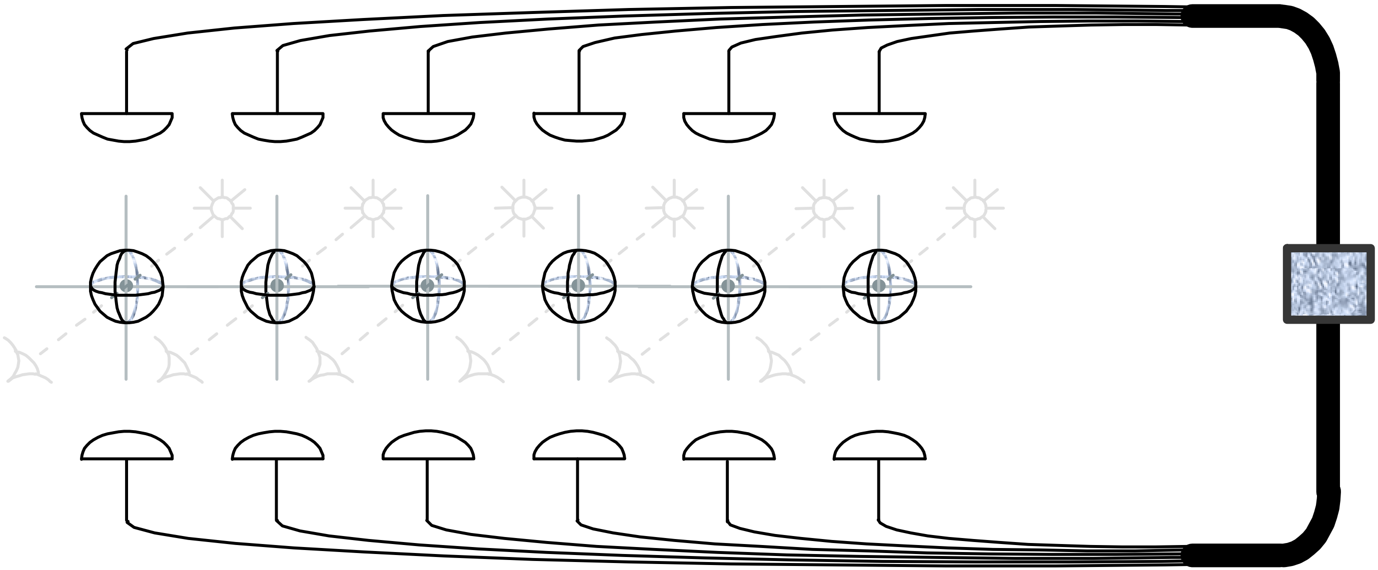
0) Сглобяване



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

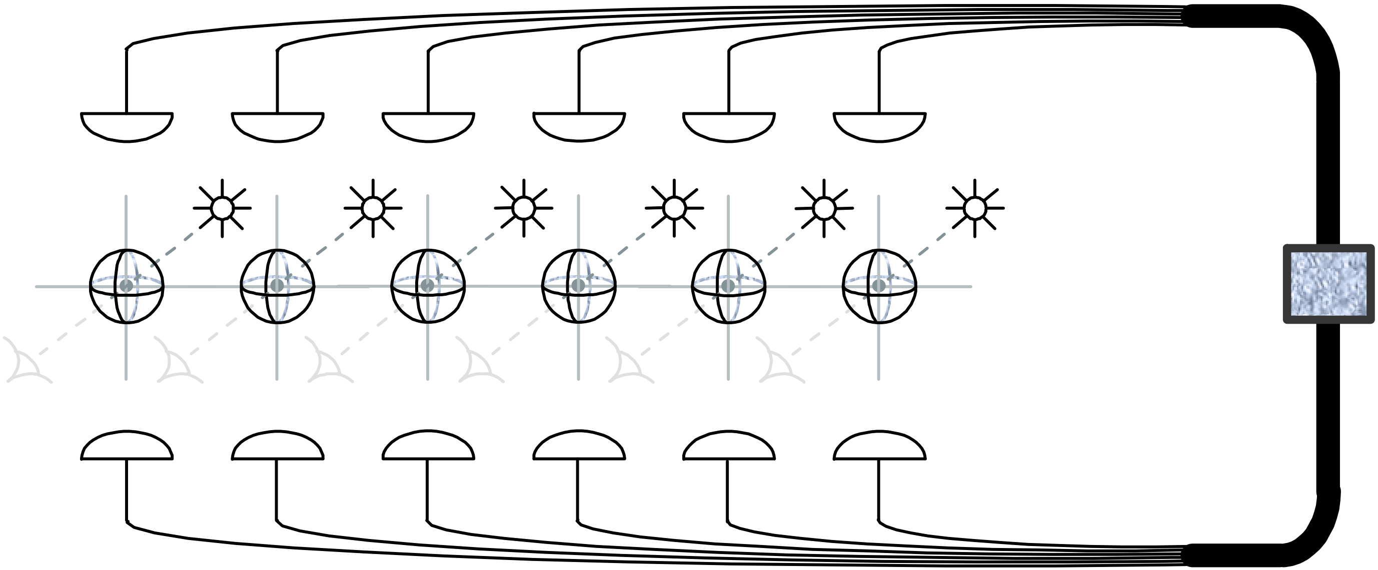
1) Инициализация



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

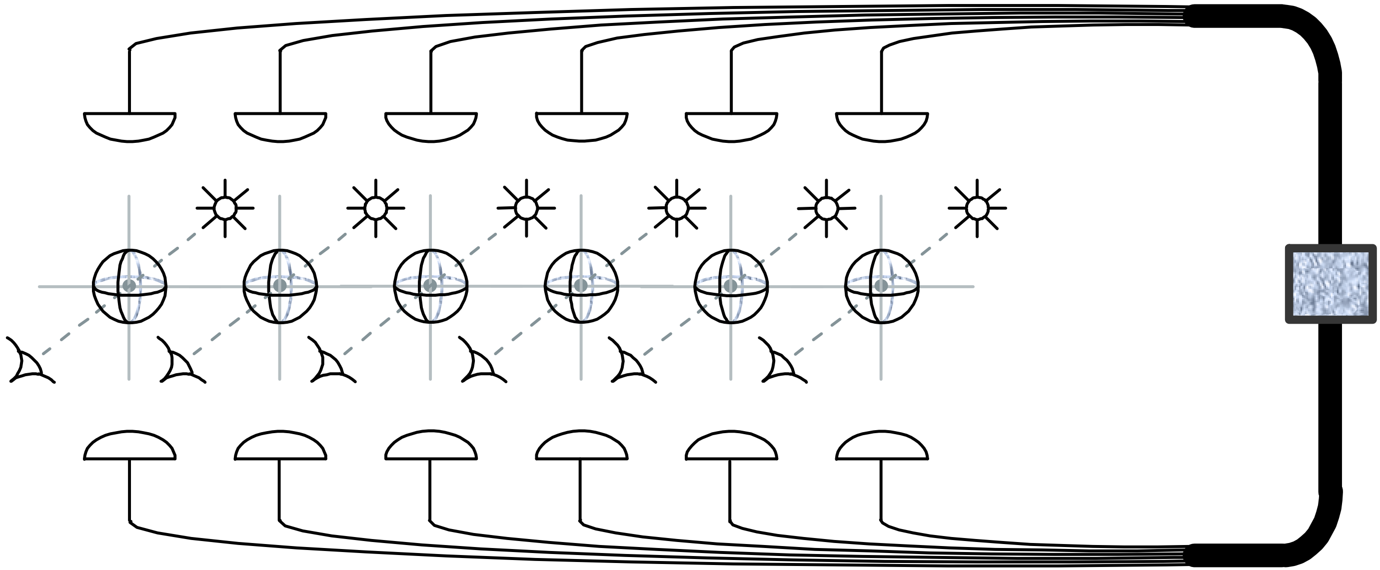
1) Инициализация



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

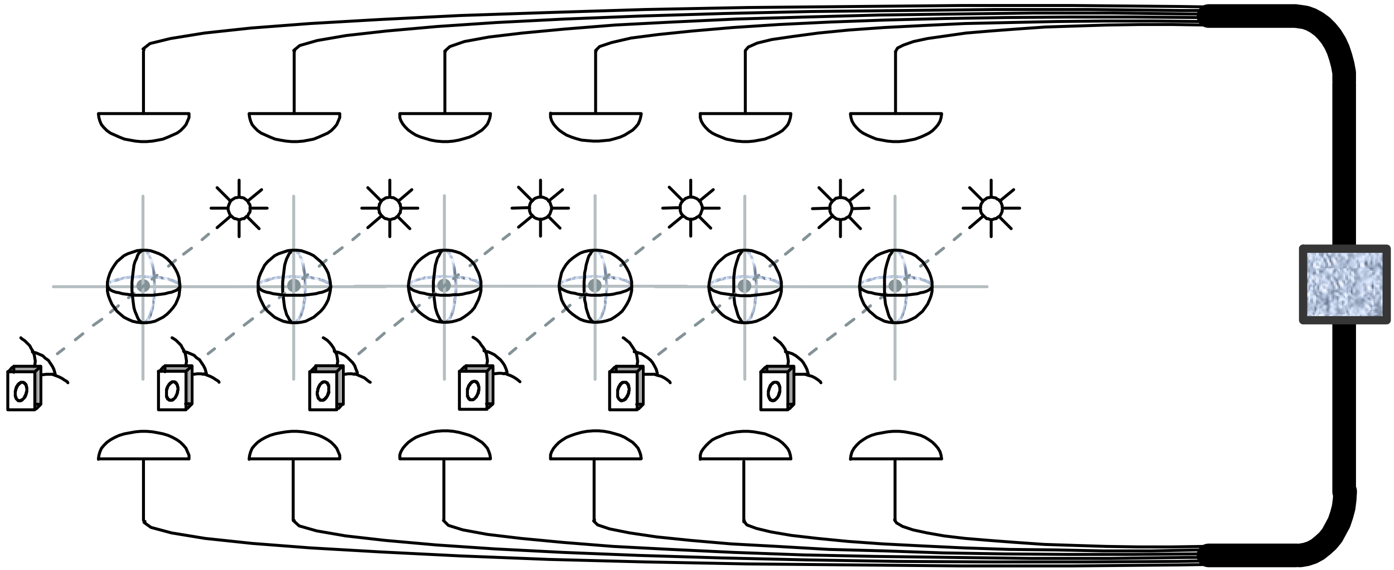
1) Инициализация



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

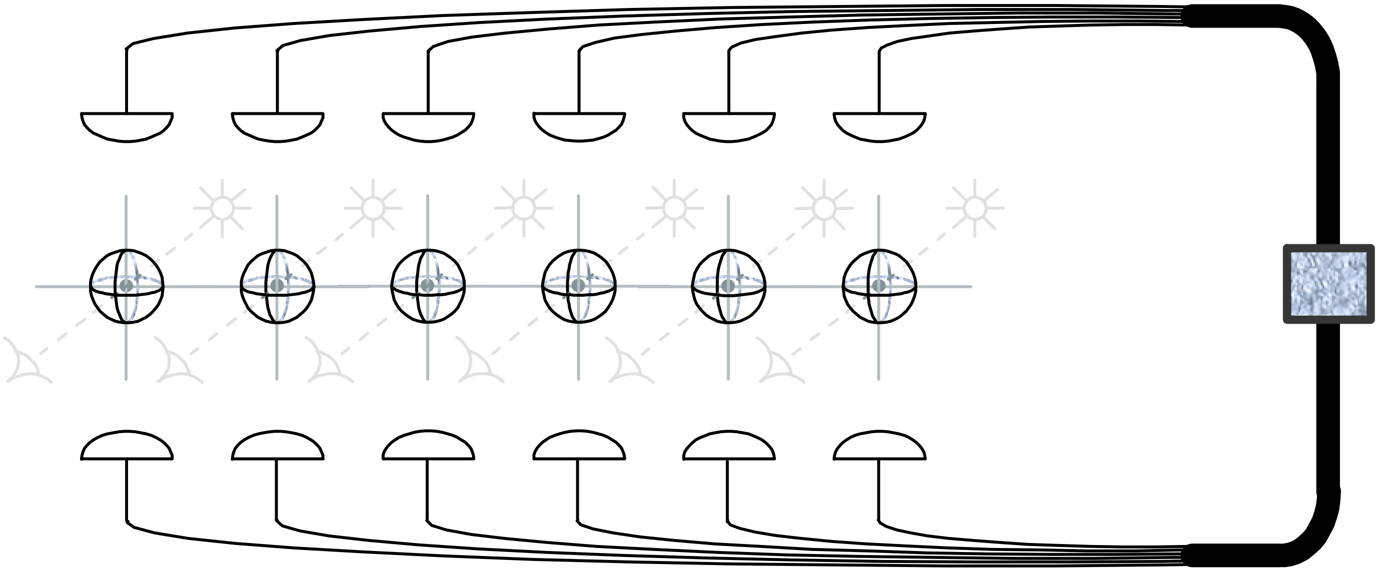
1) Инициализация



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

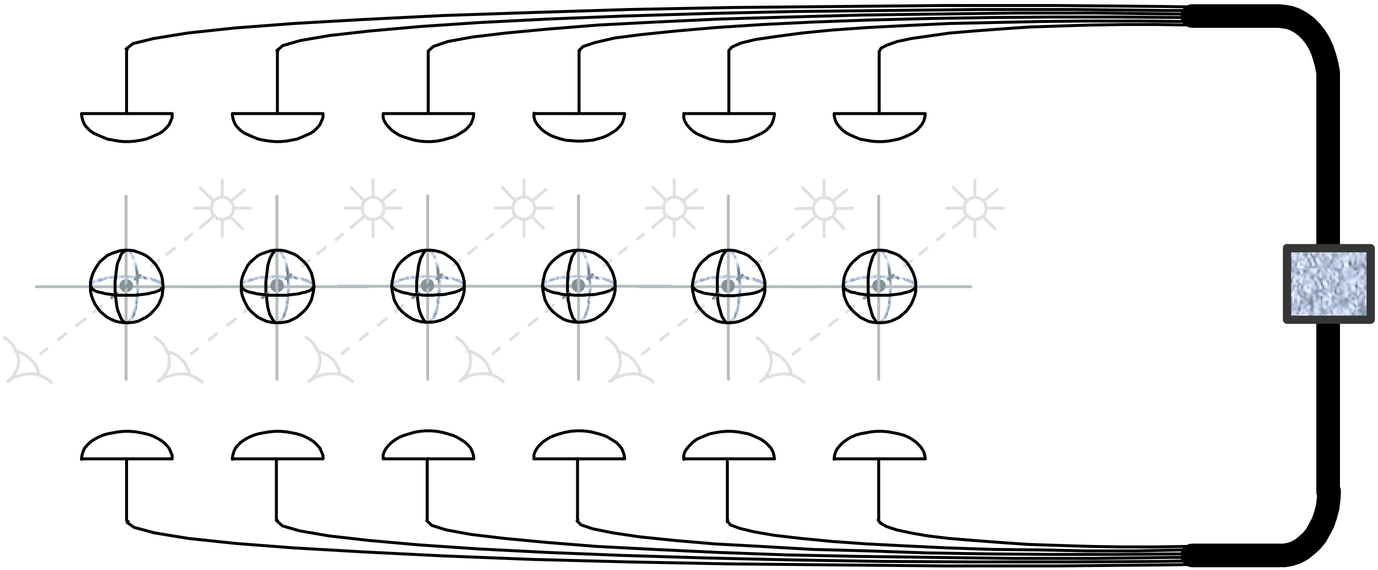
1) Инициализация



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

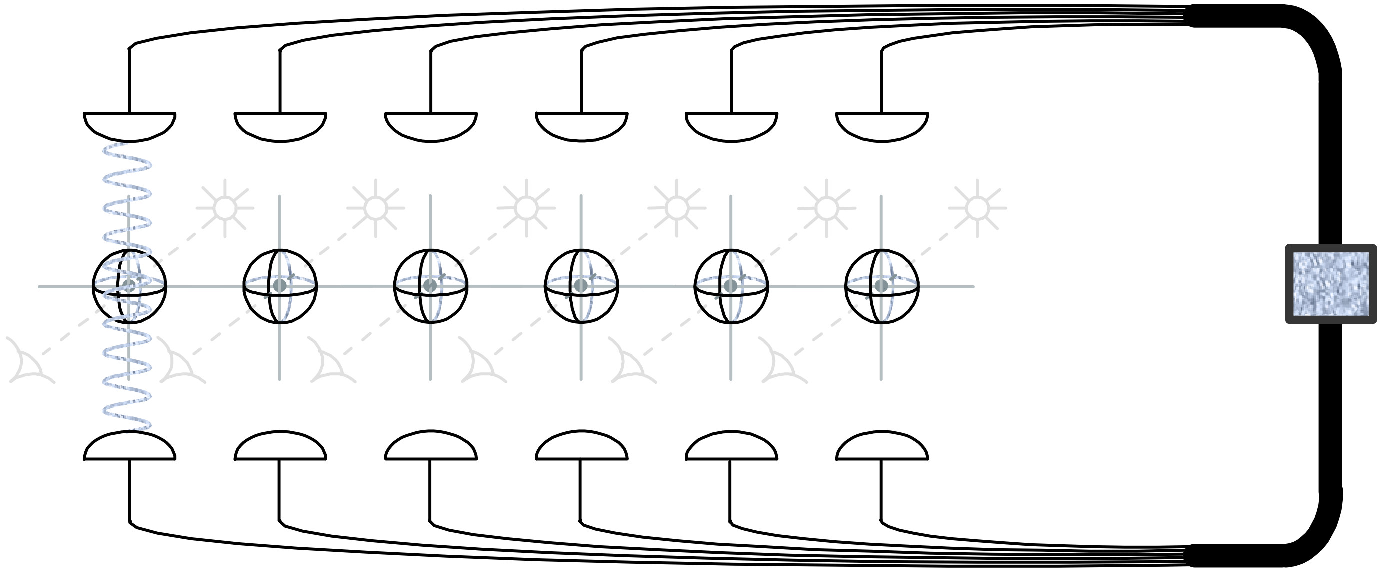
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

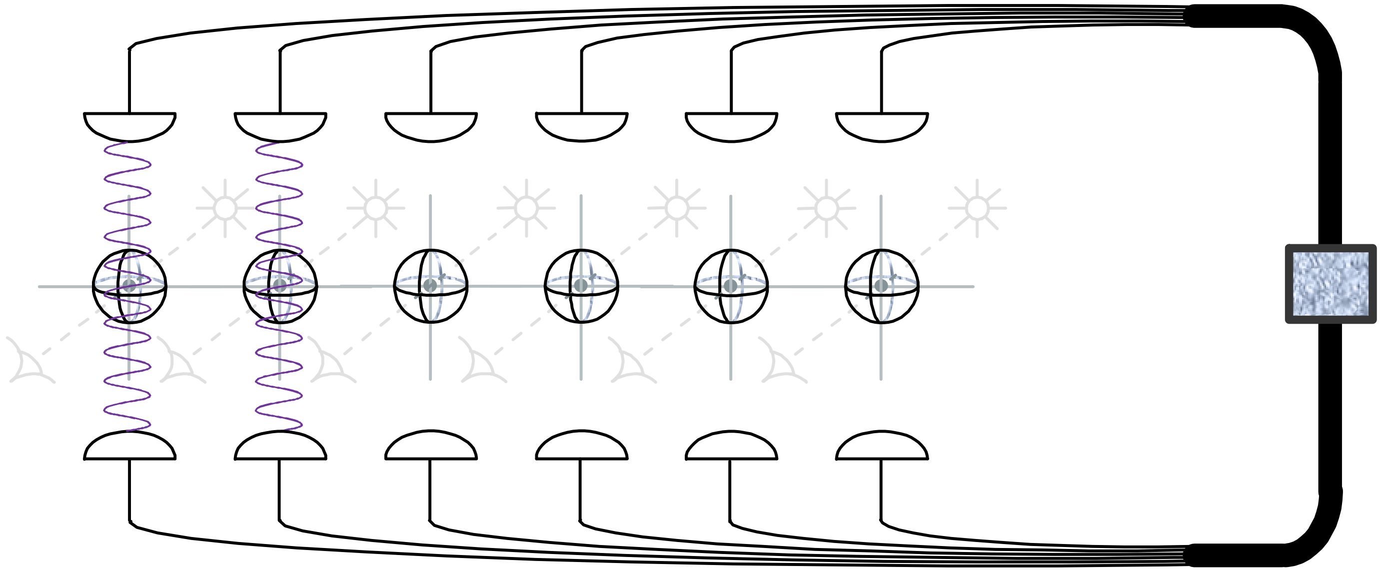
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

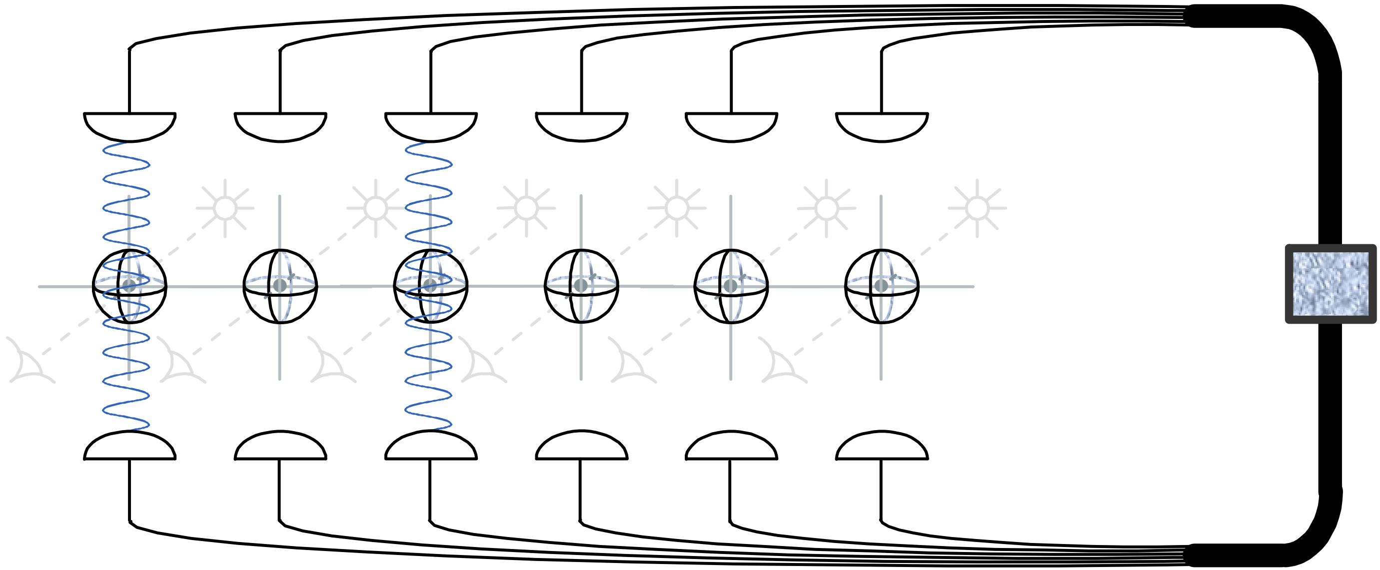
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

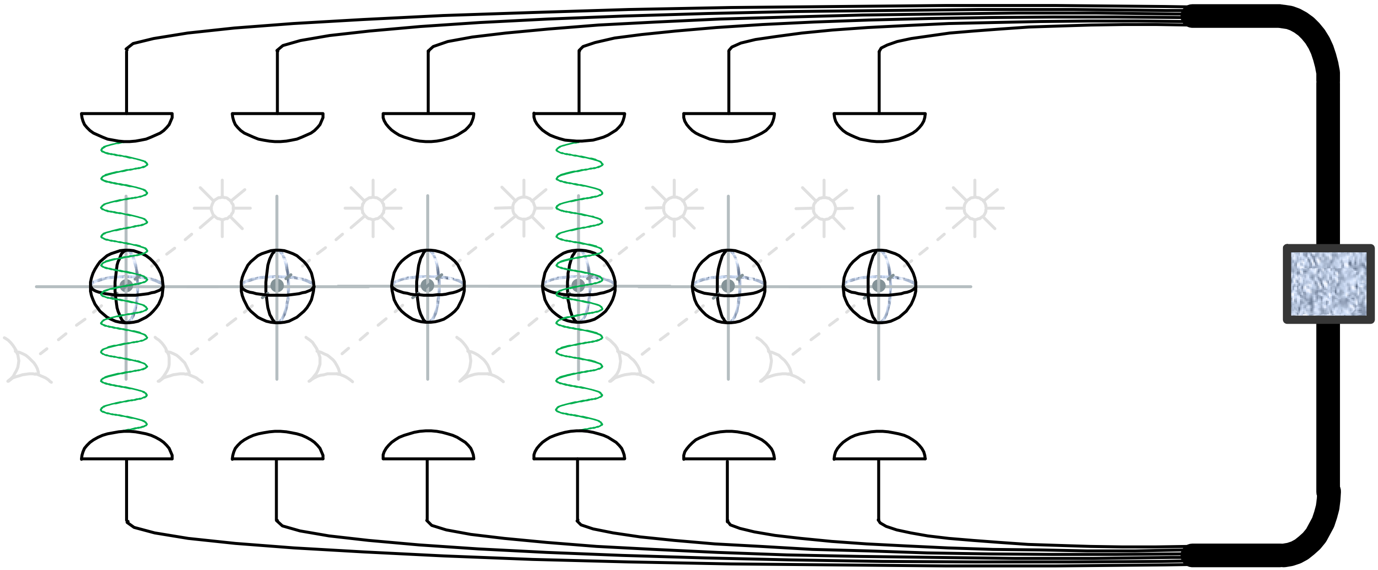
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

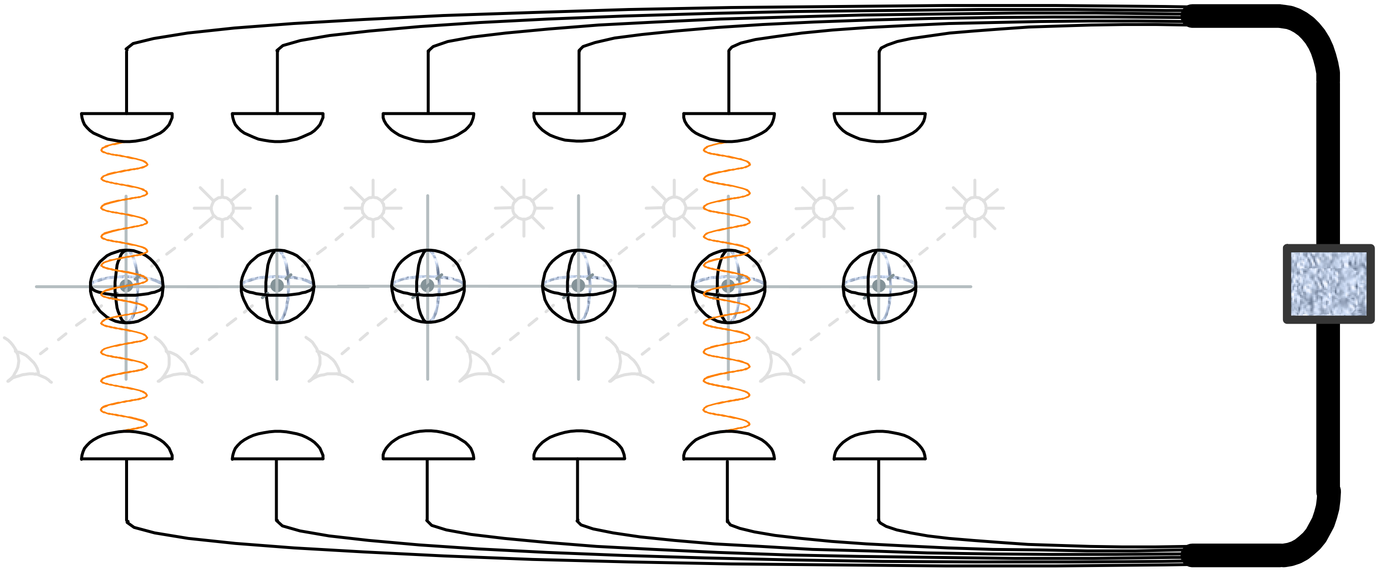
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

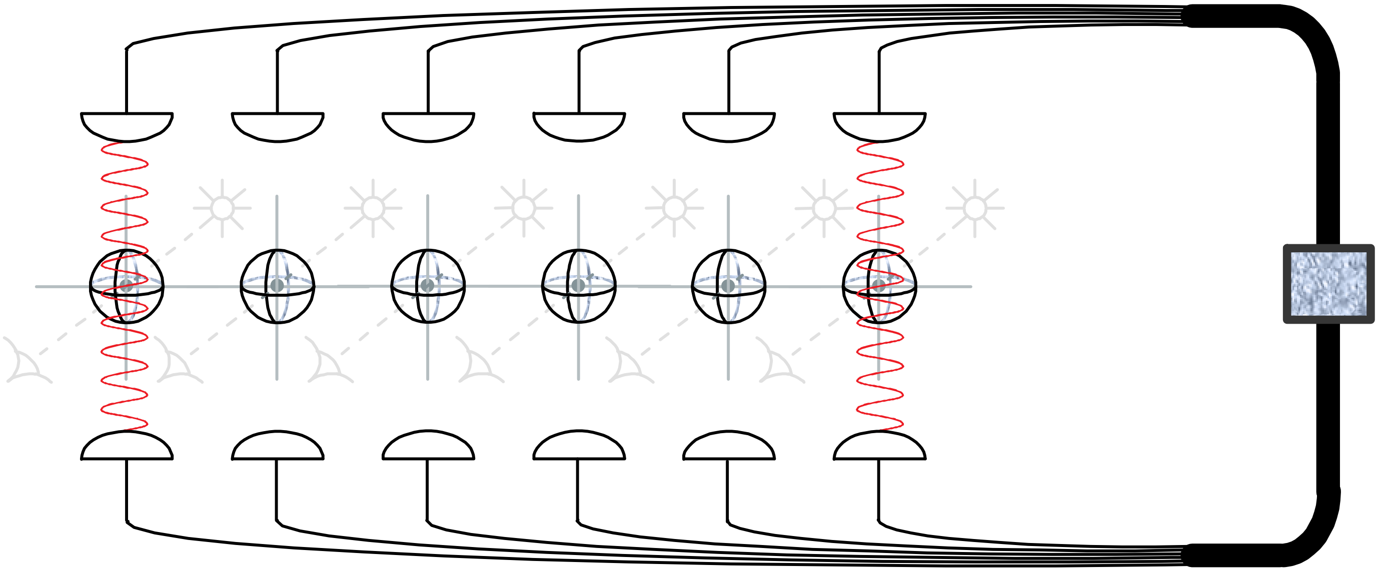
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

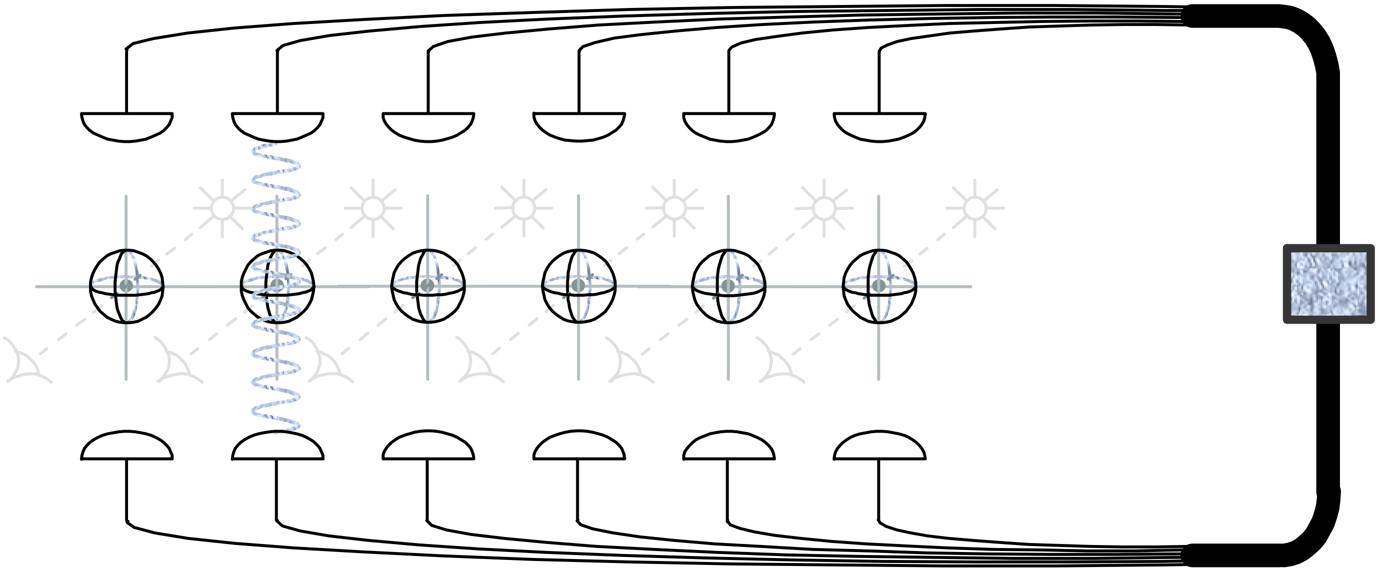
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

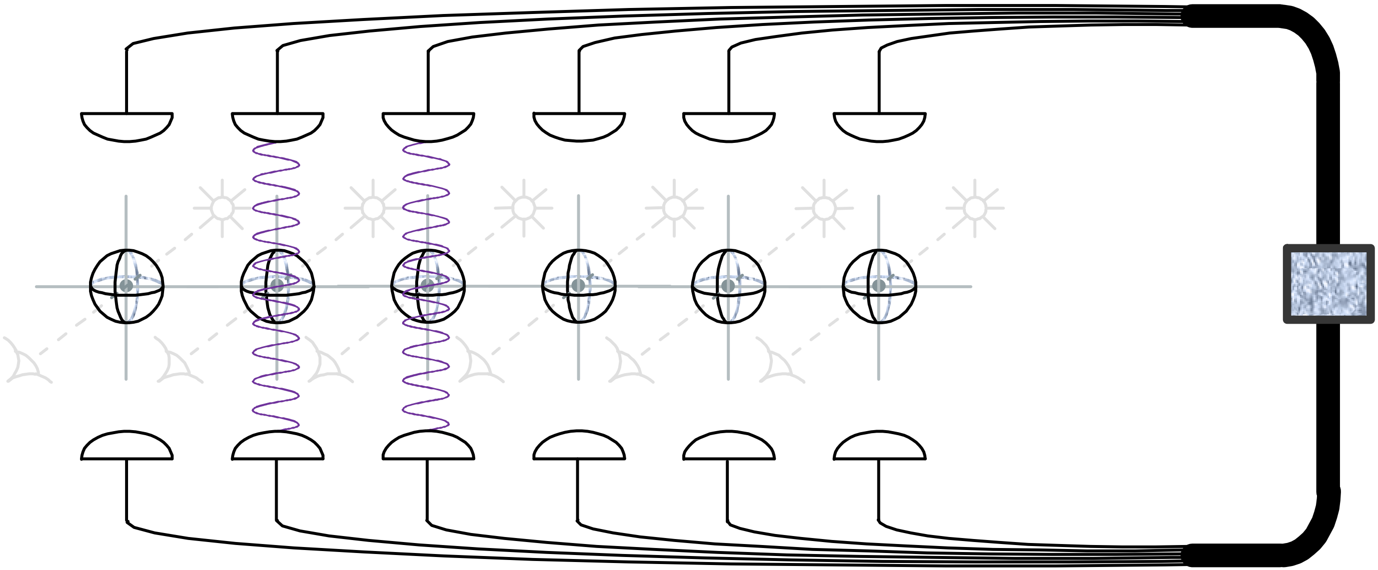
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

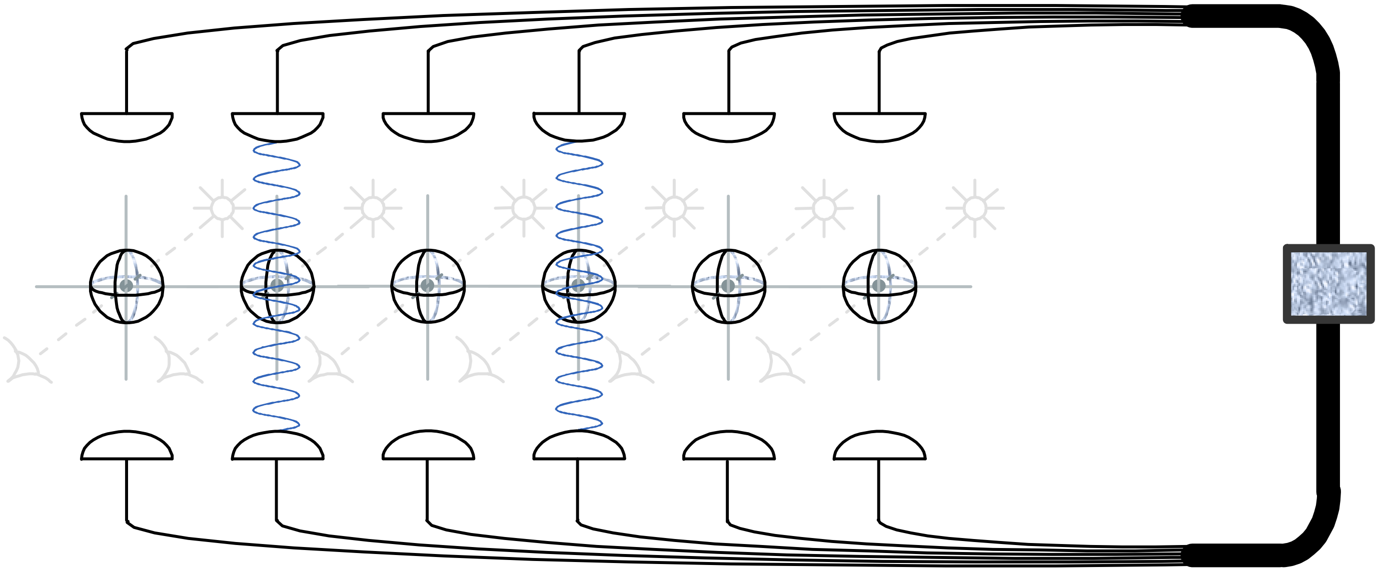
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

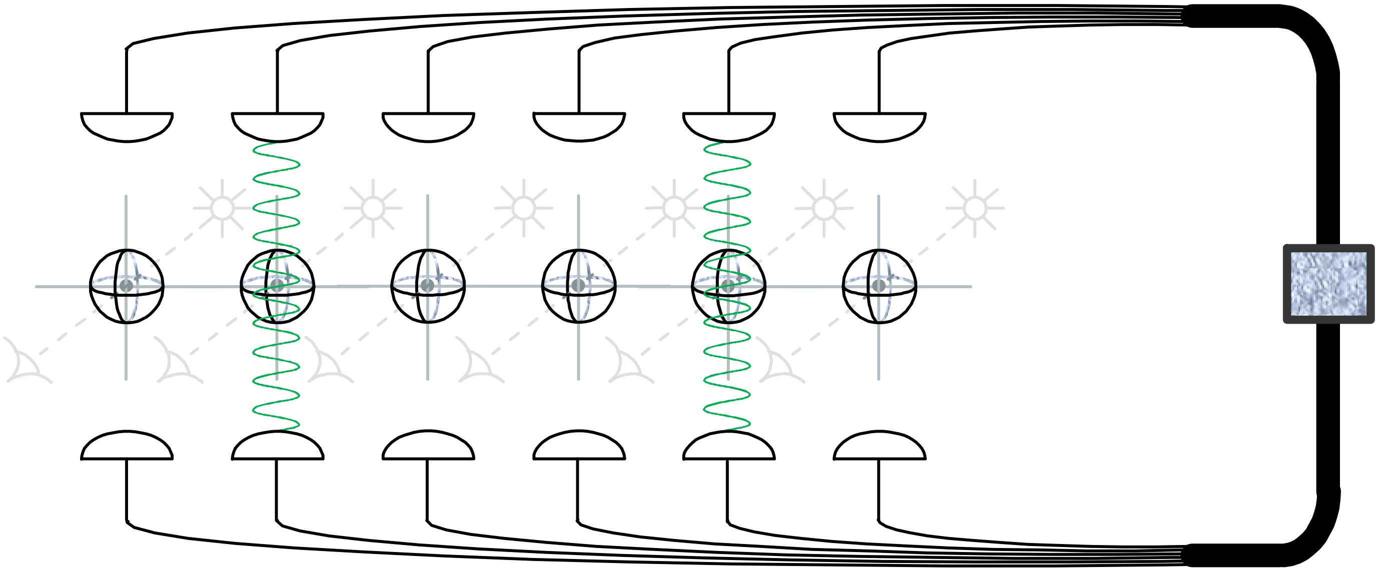
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

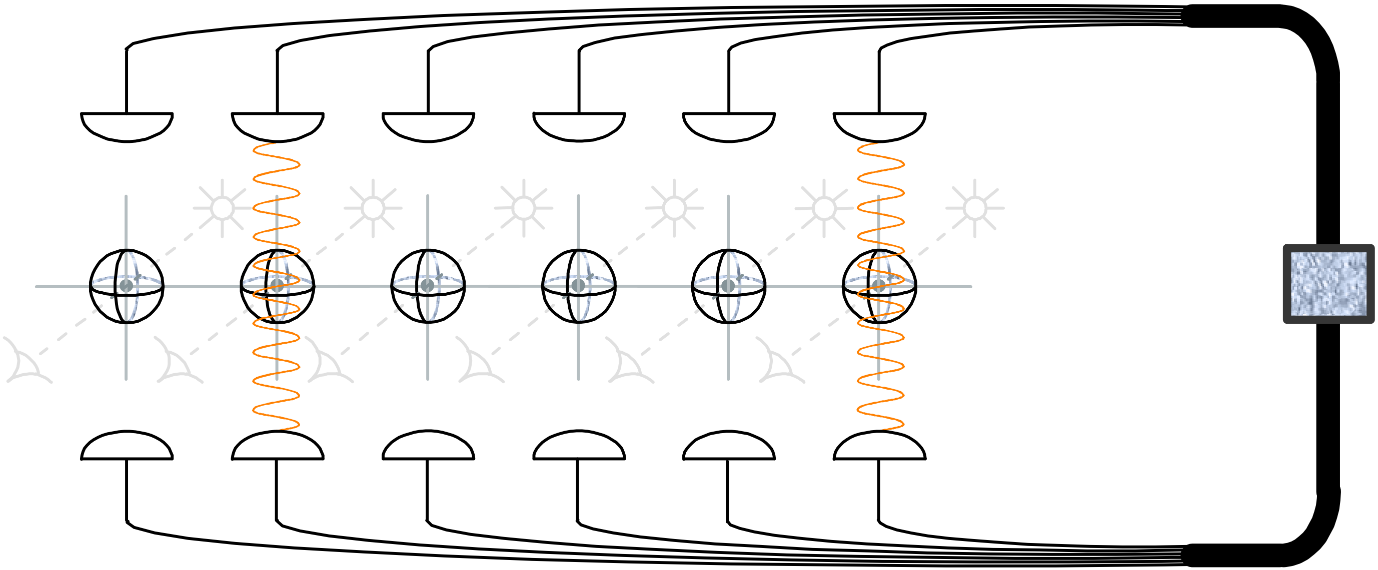
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

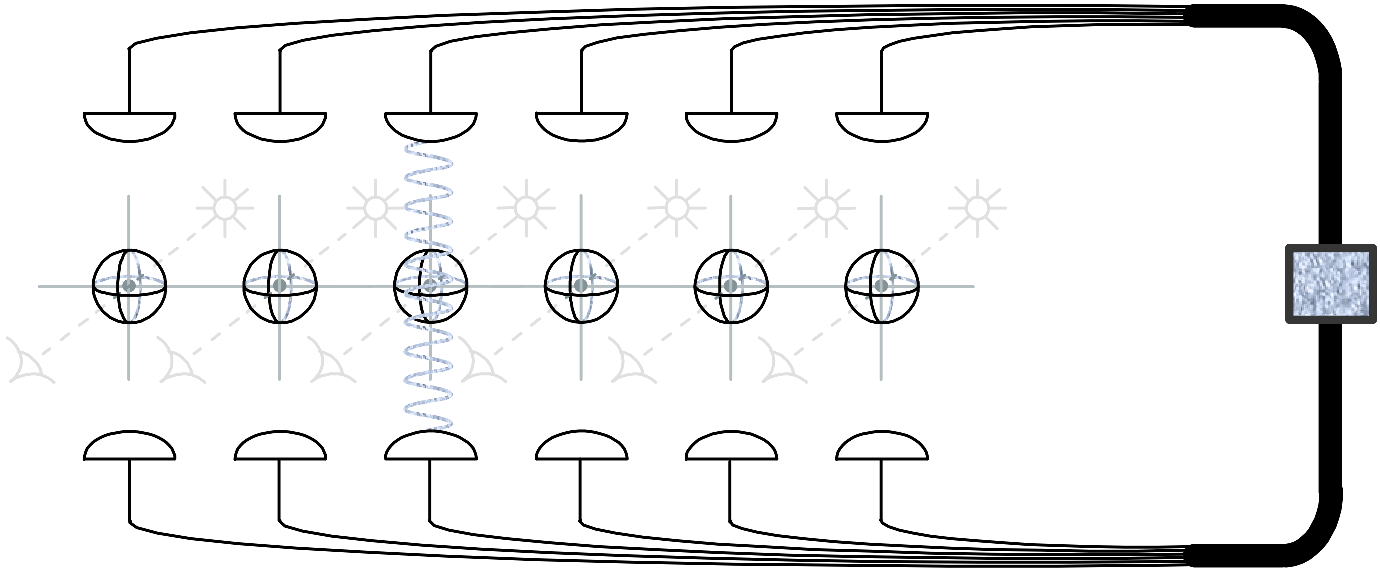
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

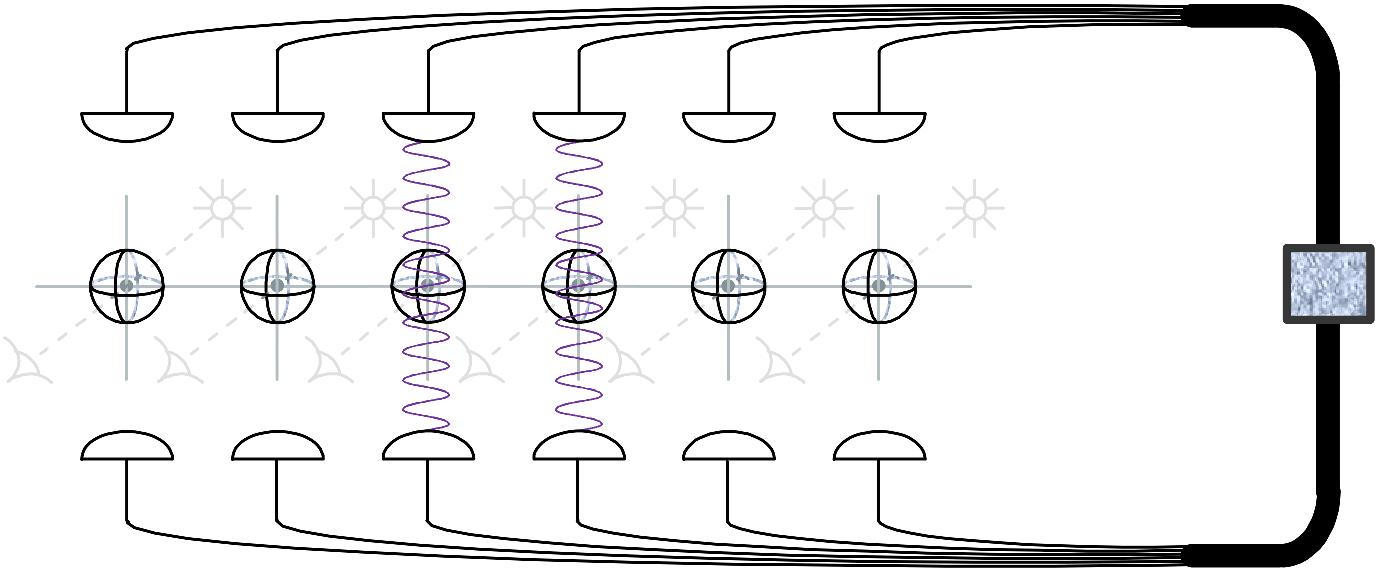
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

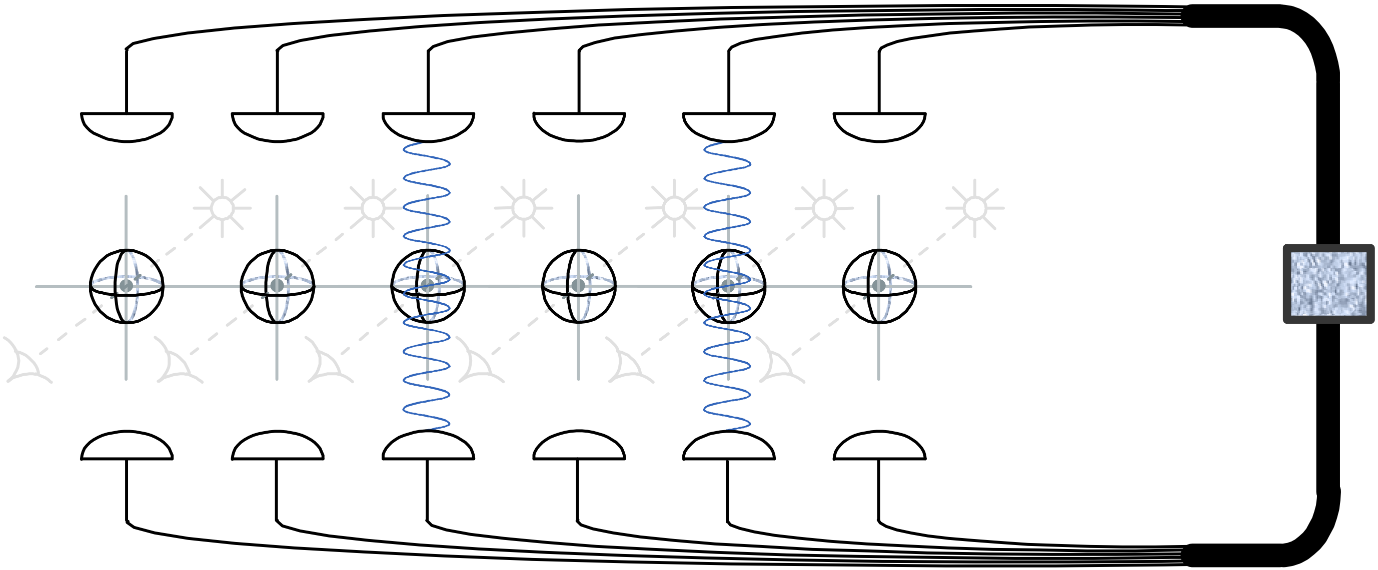
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

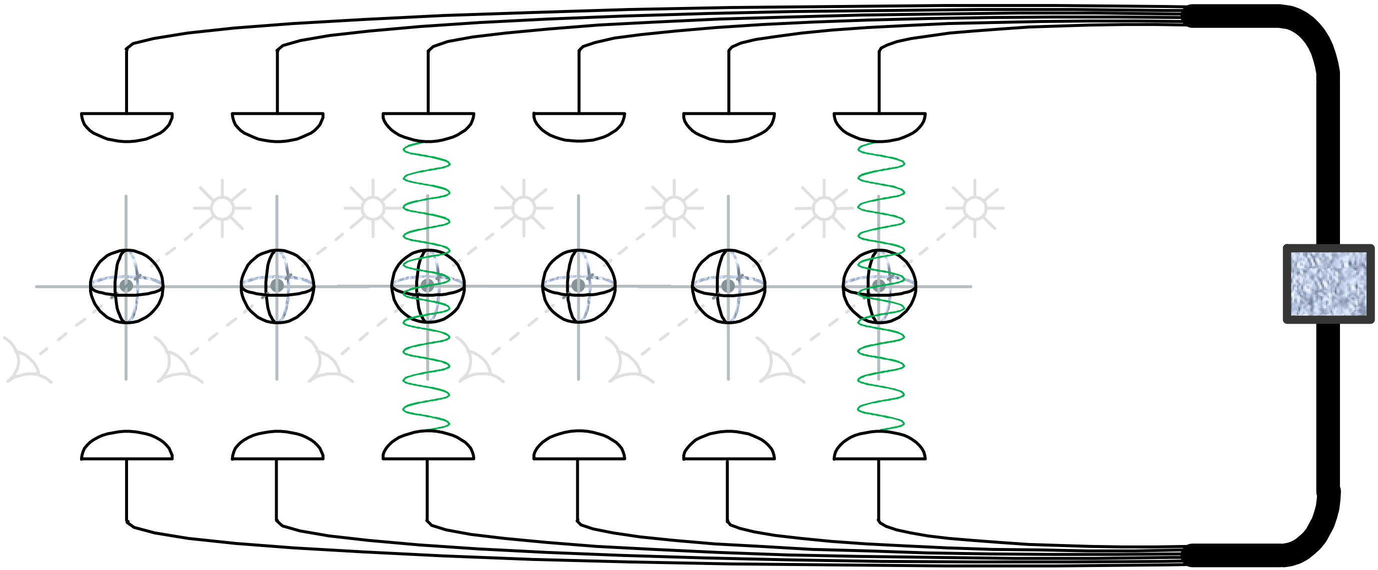
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

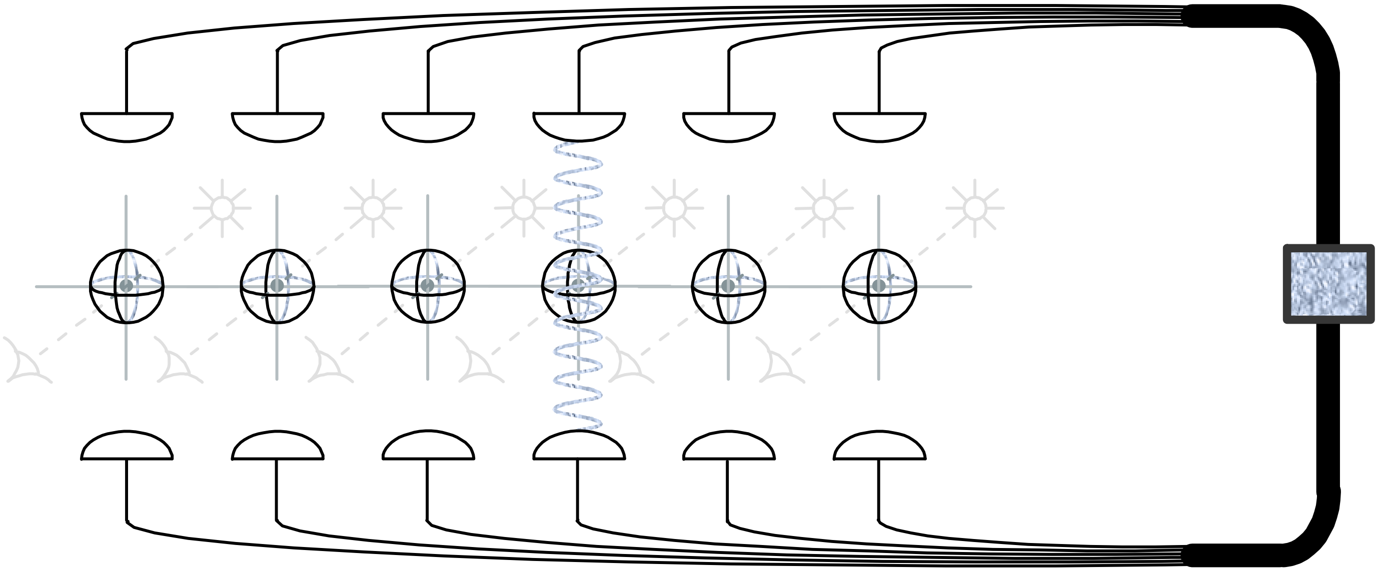
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

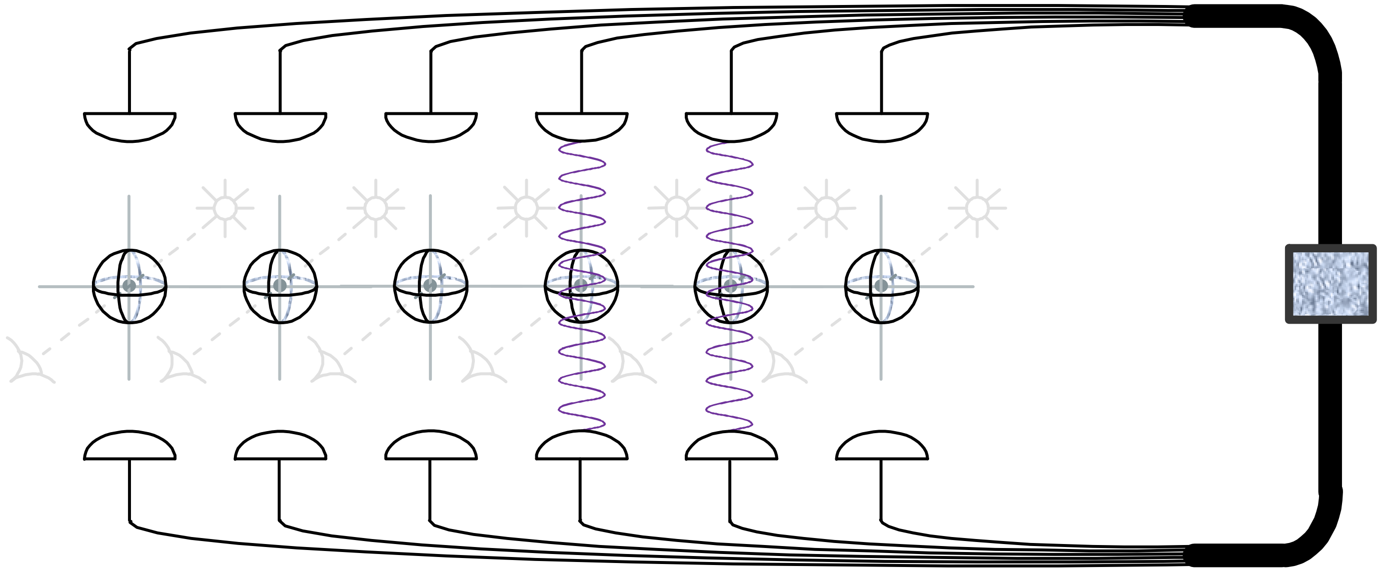
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

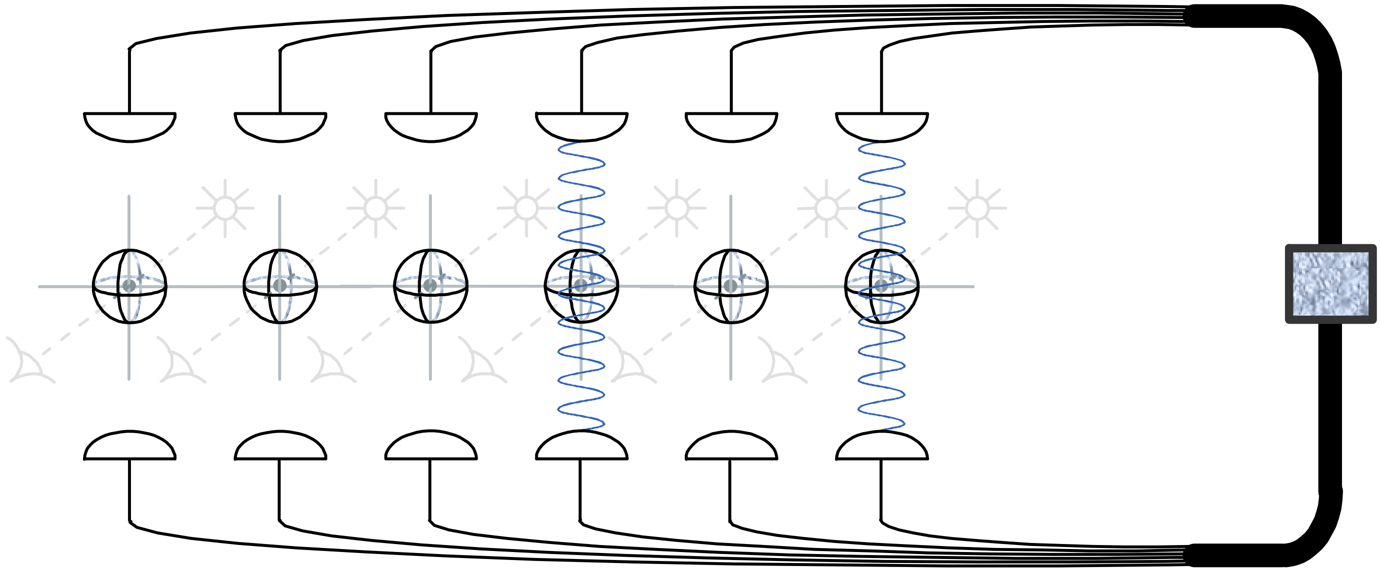
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

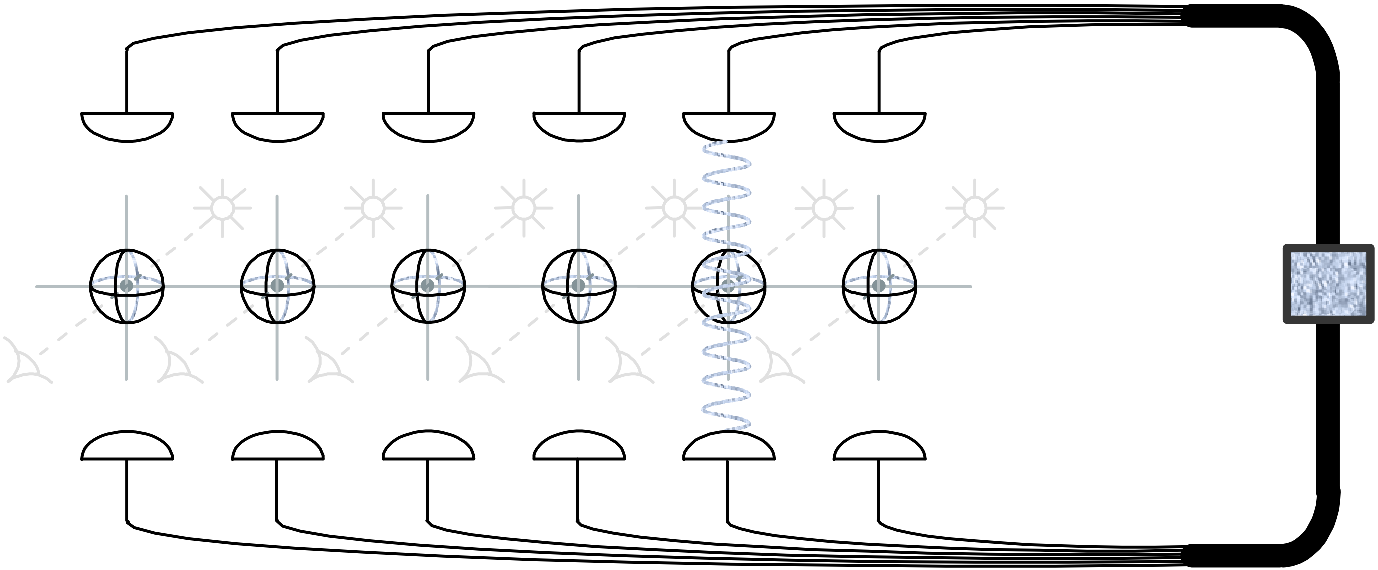
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

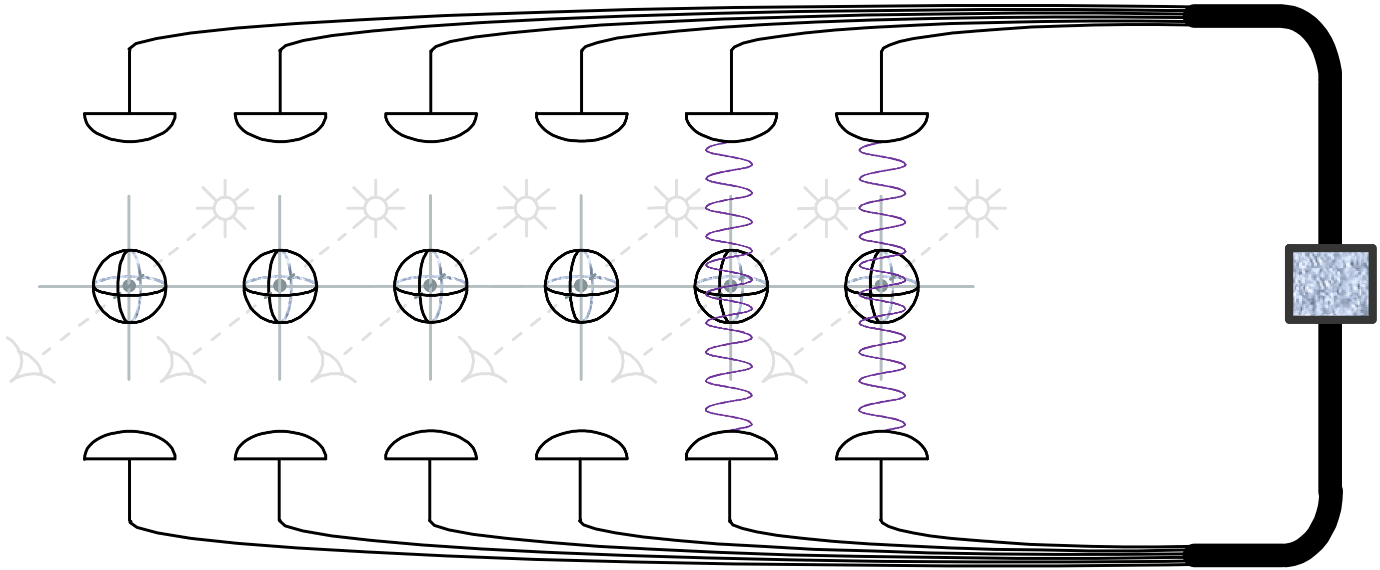
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

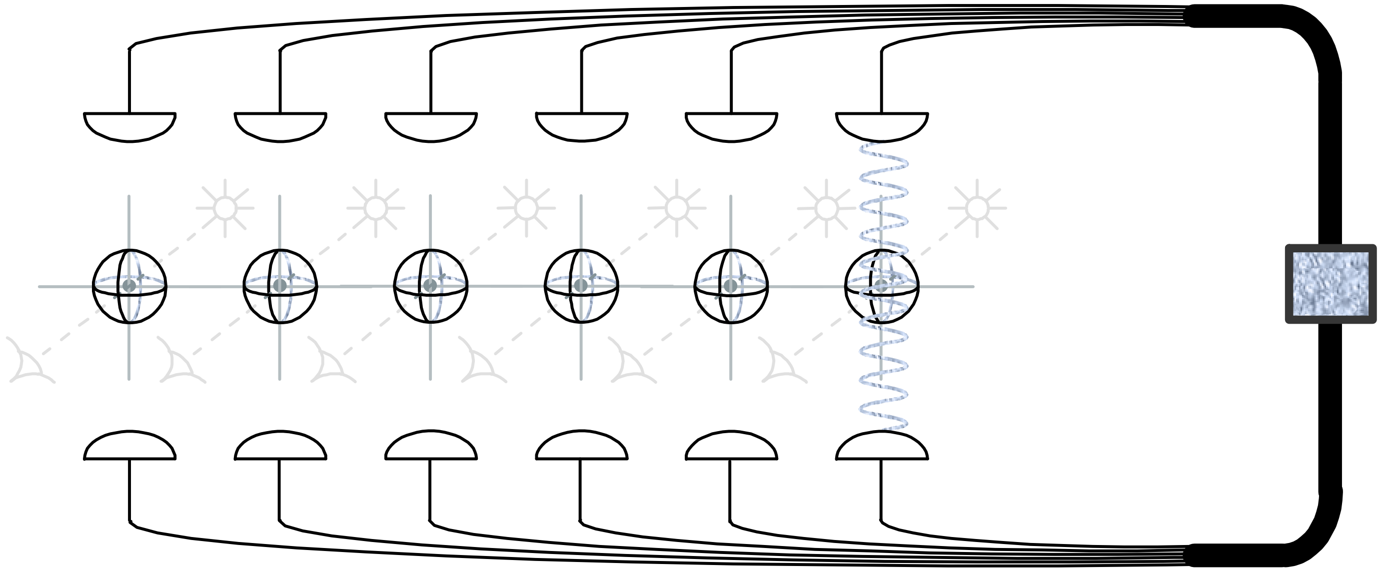
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

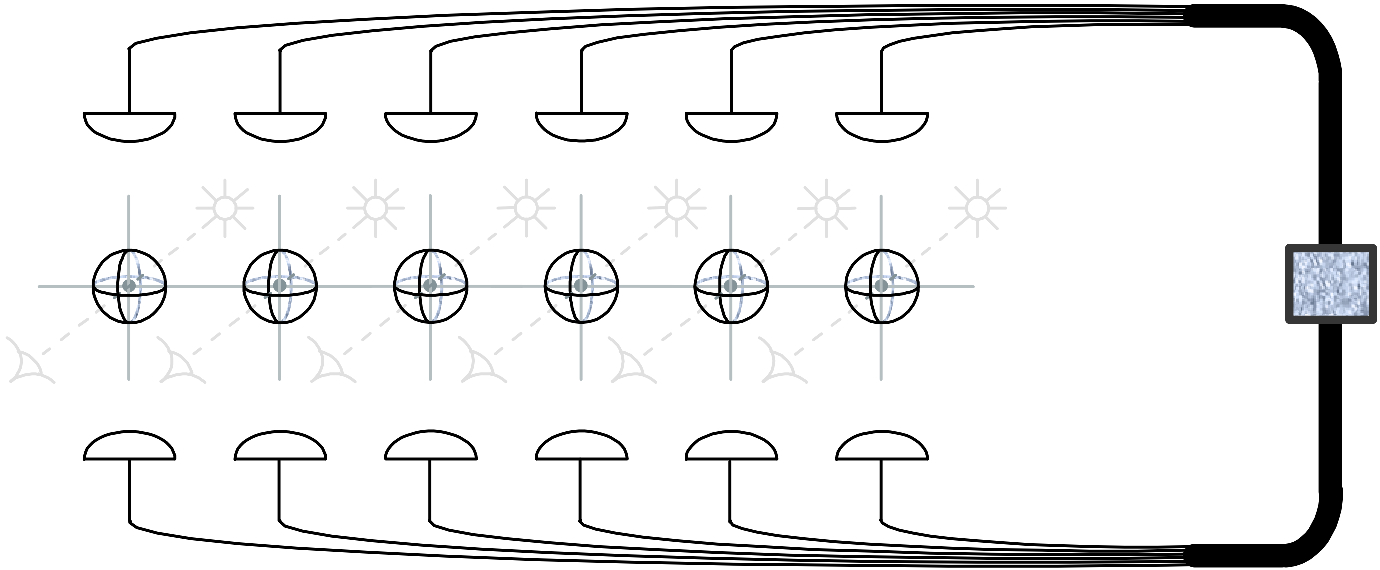
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

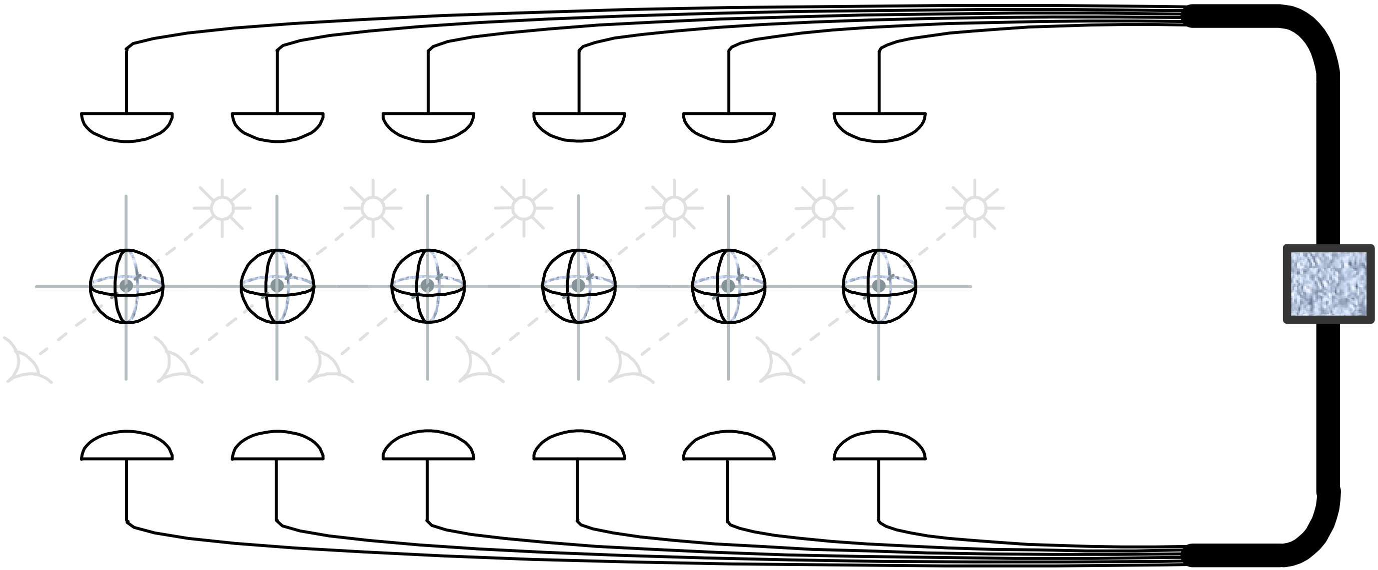
2) Квантово изчисление



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

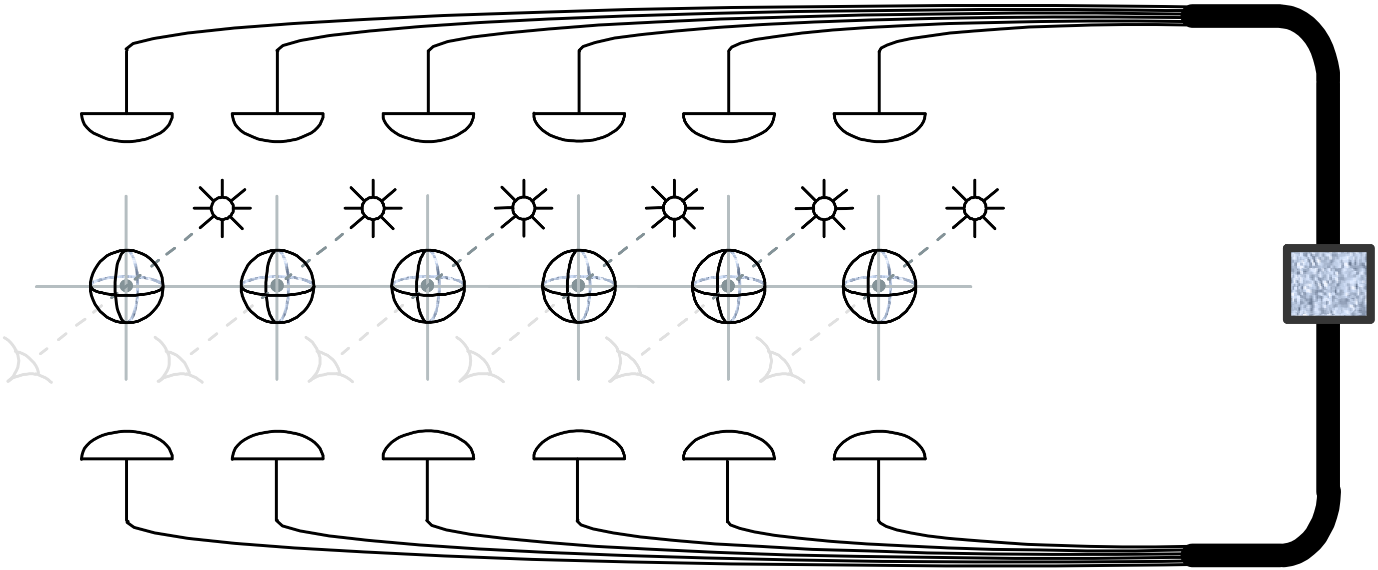
3) Измерване на резултата



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

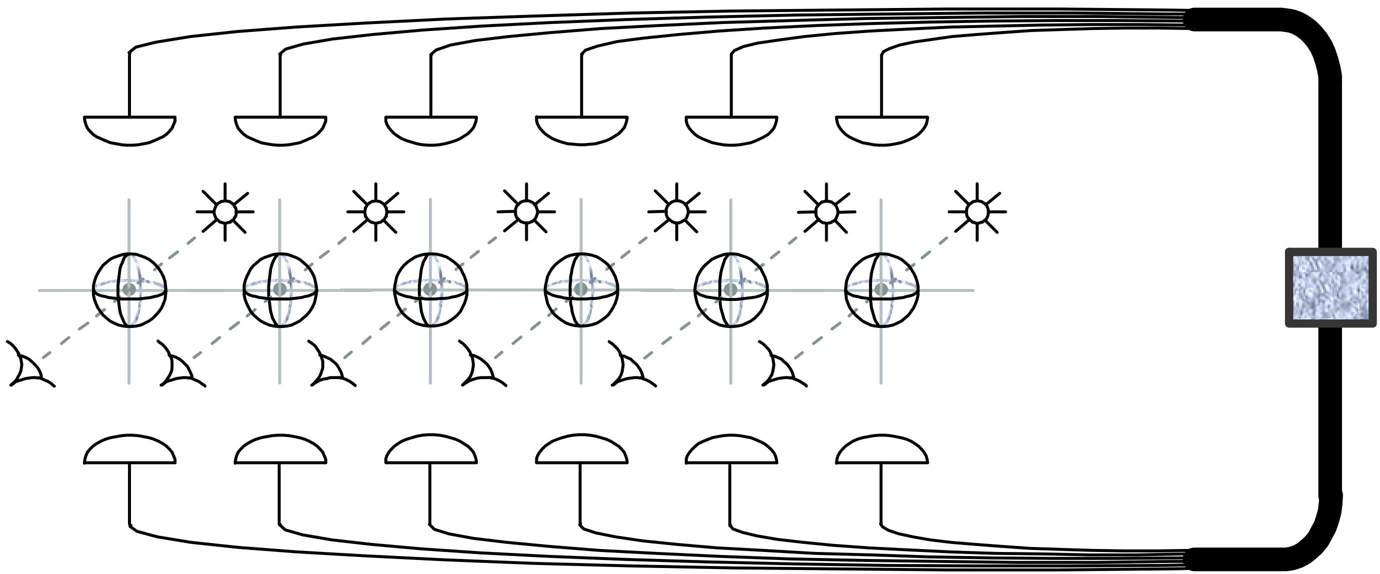
3) Измерване на резултата



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

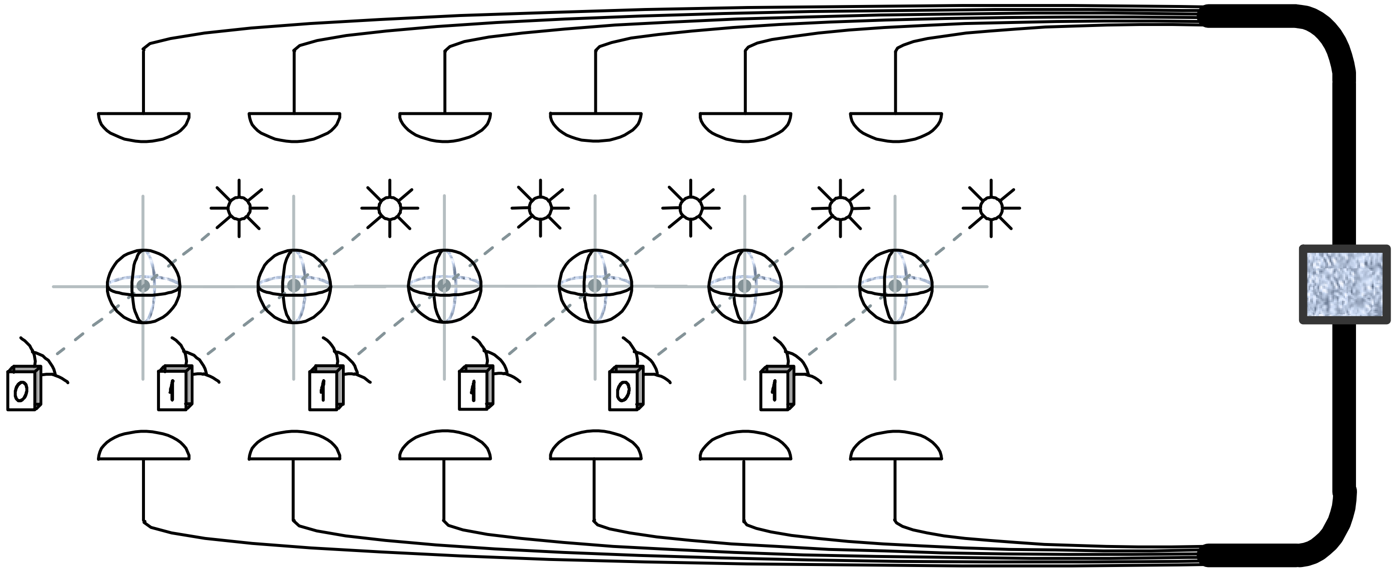
3) Измерване на резултата



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

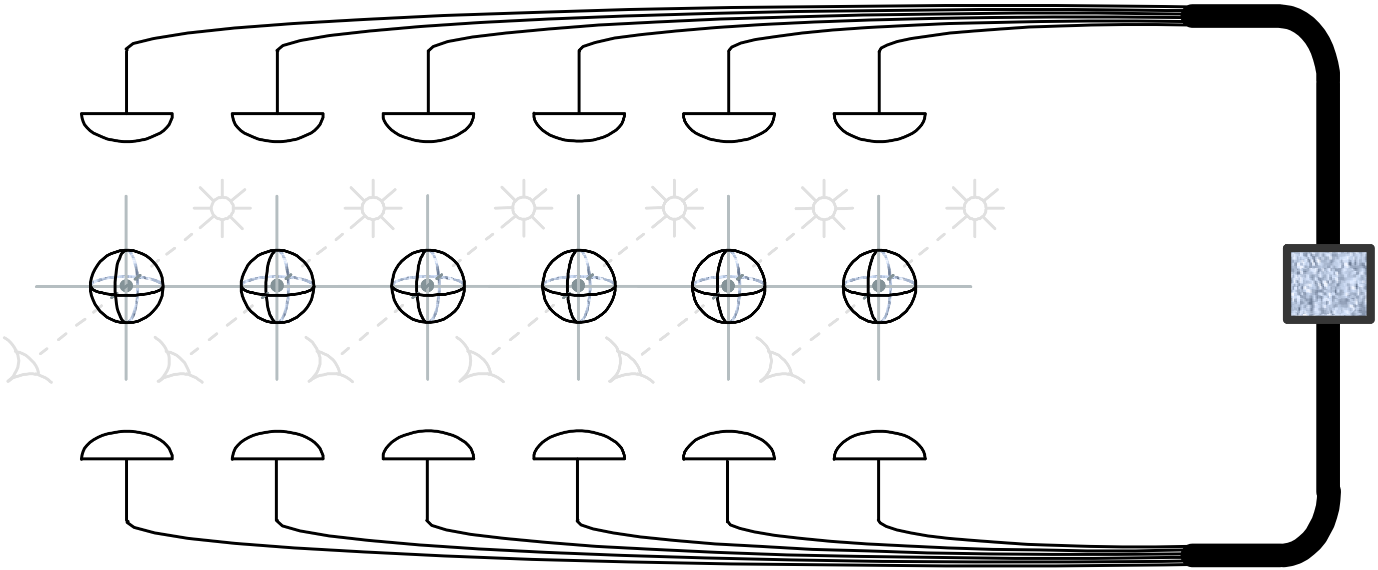
Николай Митов

3) Измерване на резултата



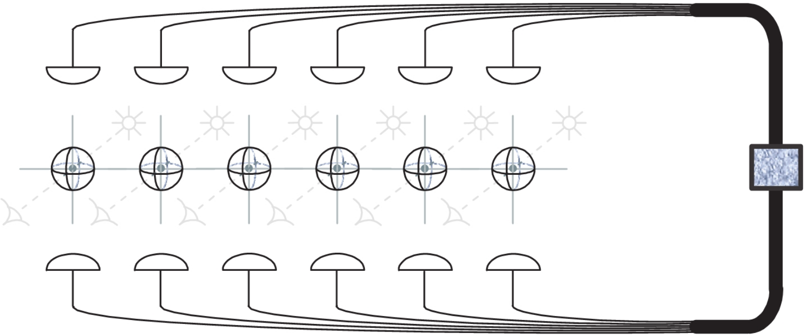
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



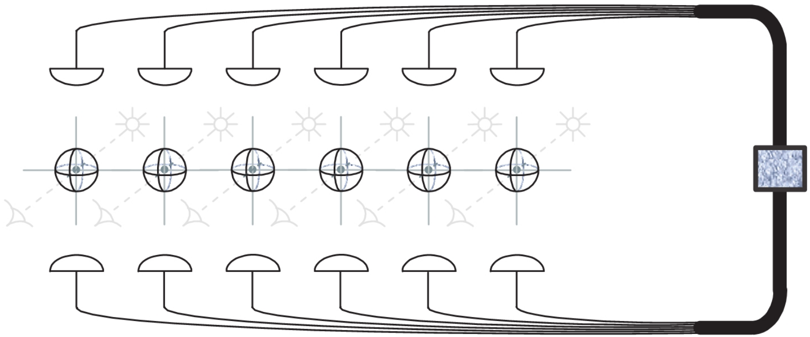
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

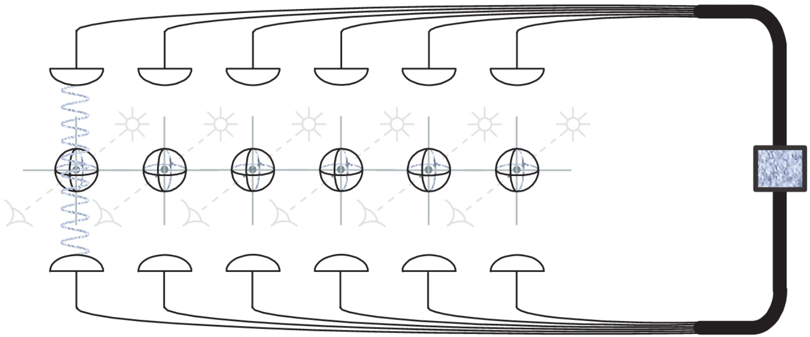
Николай Митов



Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

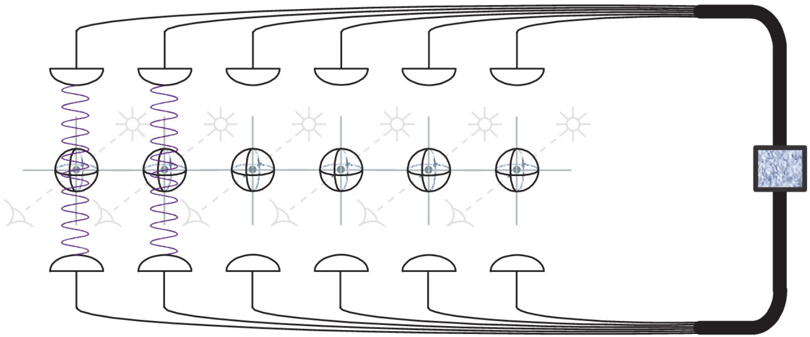
Николай Митов



Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

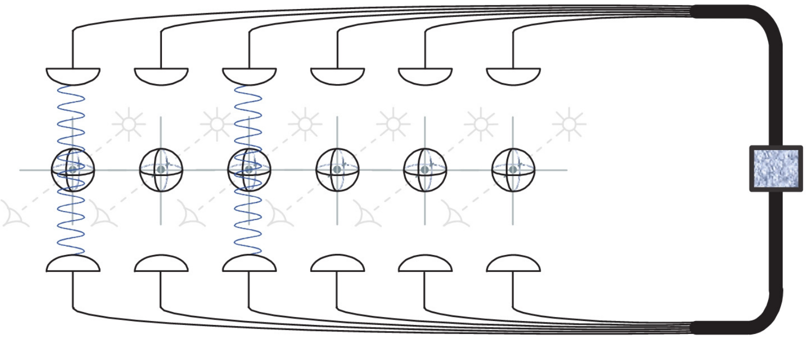
Николай Митов



Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

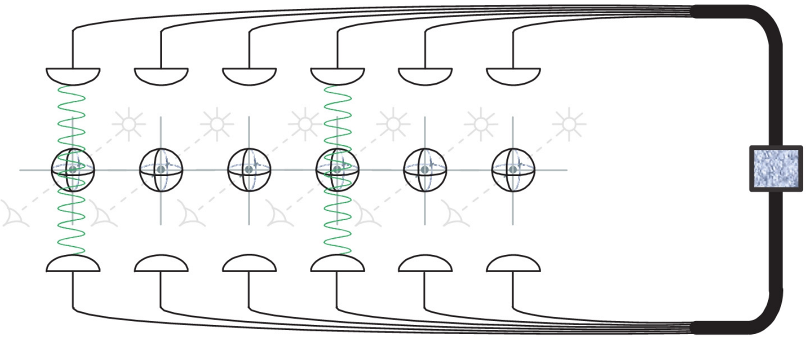
Николай Митов



Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

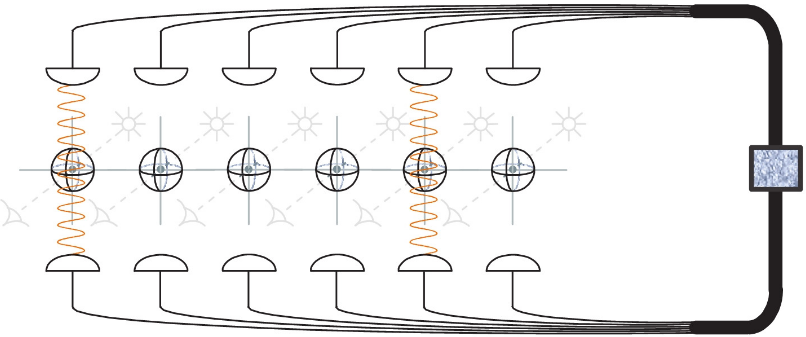
Николай Митов



Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

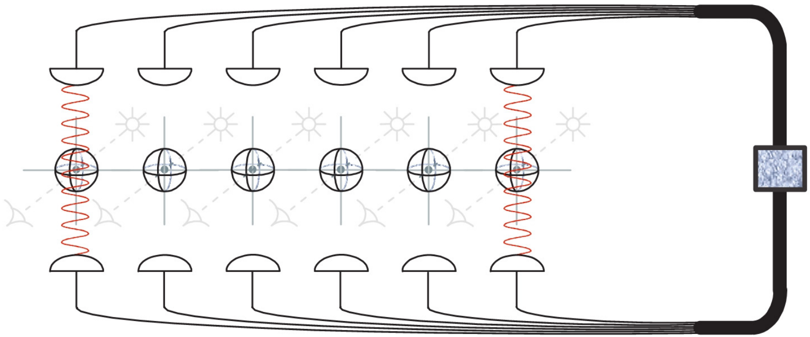
Николай Митов



Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

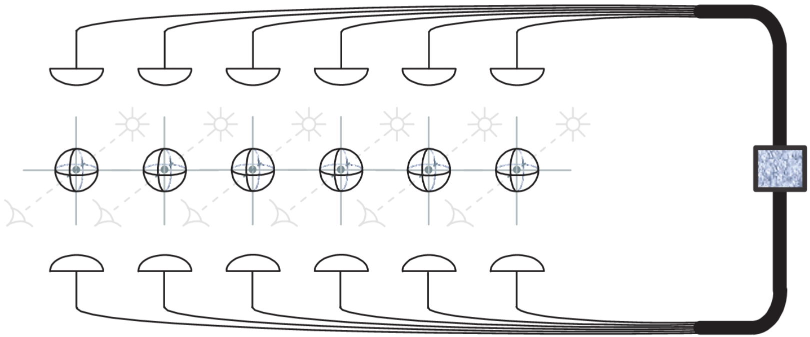
Николай Митов



Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

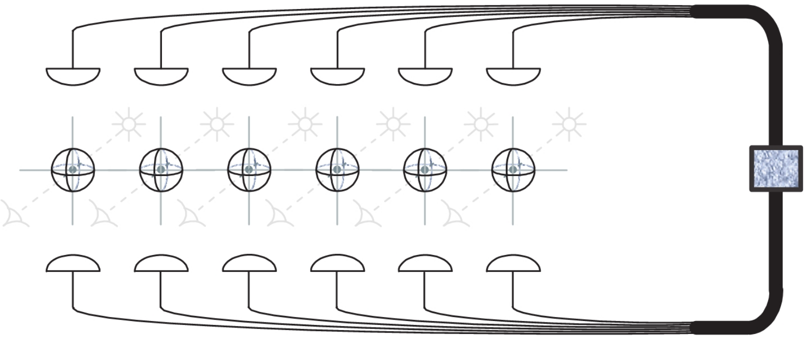
Николай Митов



Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

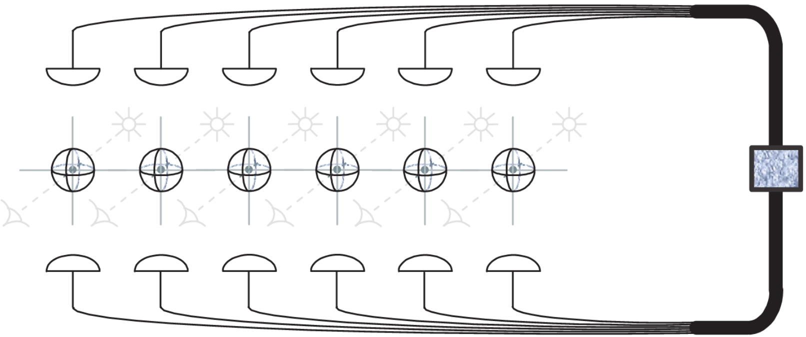


Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).

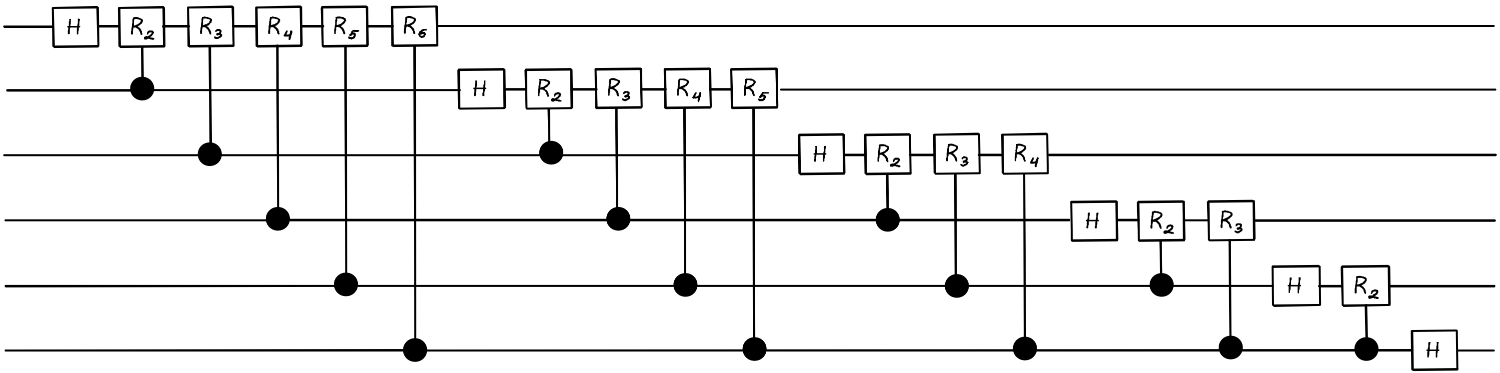
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



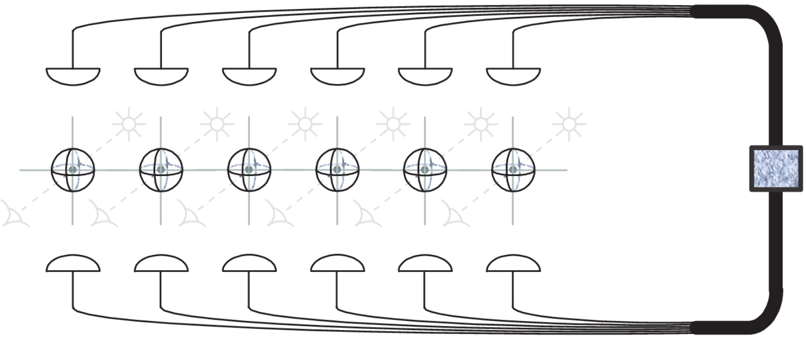
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

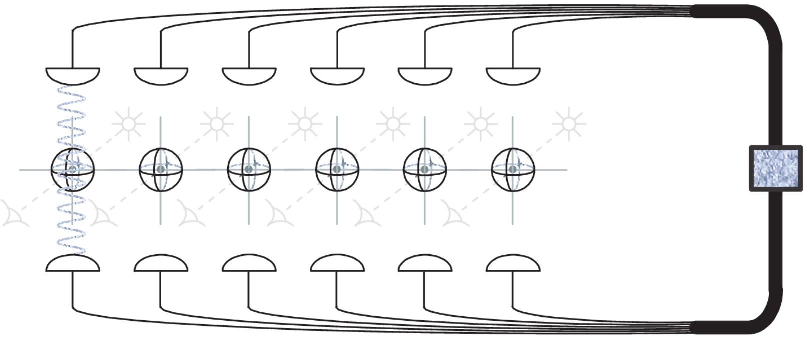


Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).

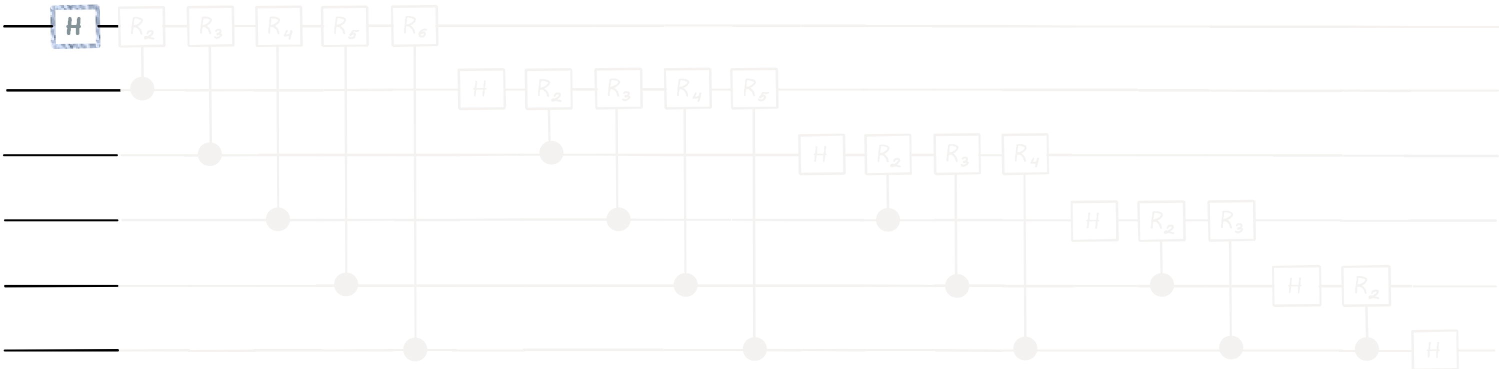
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



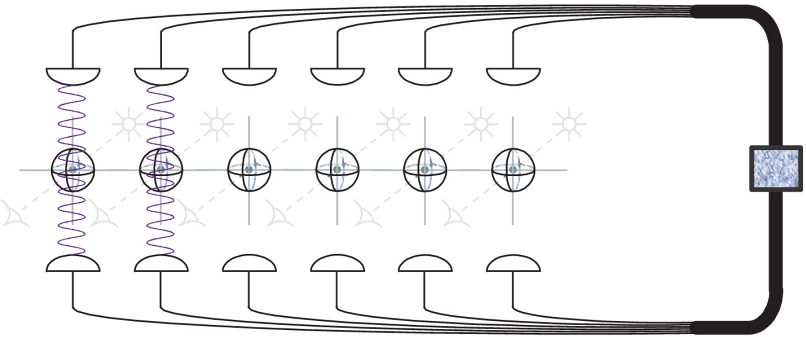
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

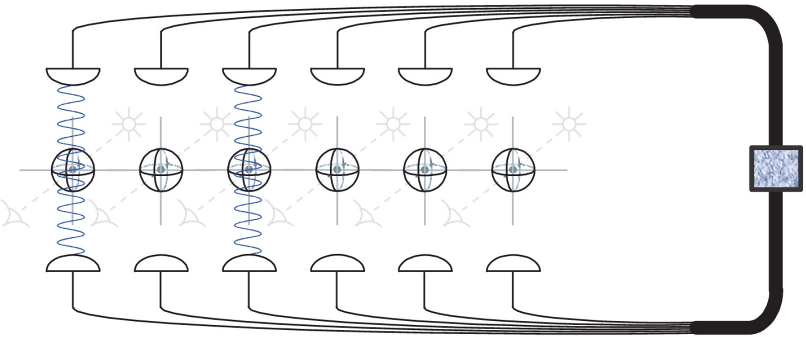


Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

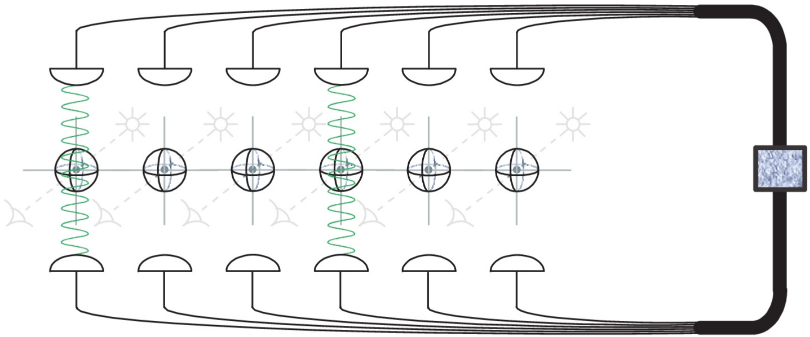


Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

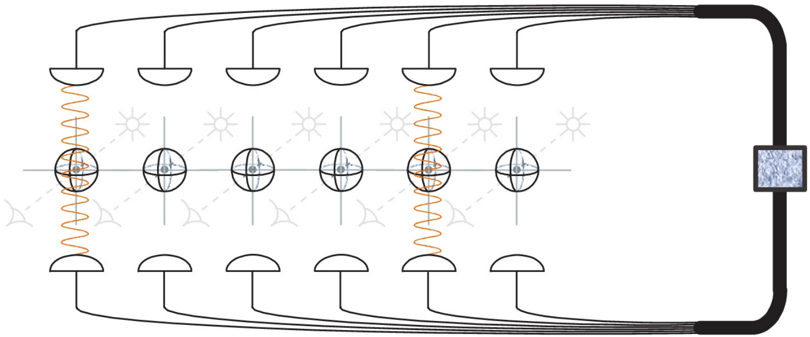


Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

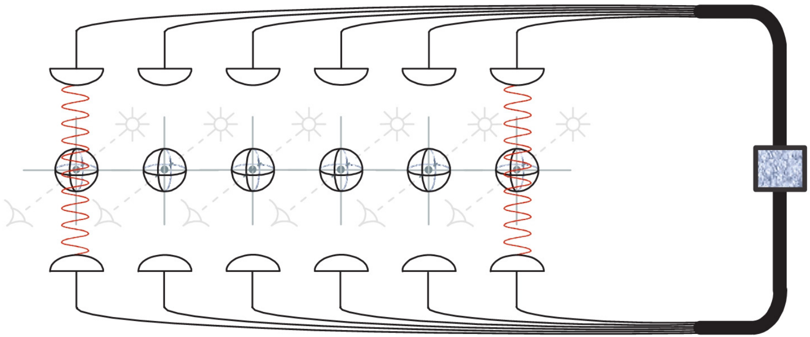


Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

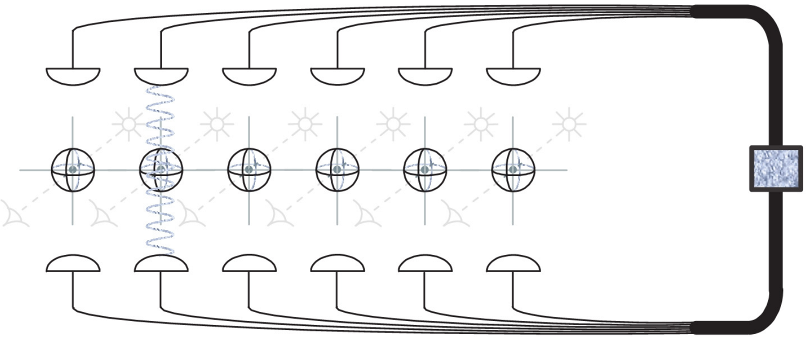


Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).

Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов

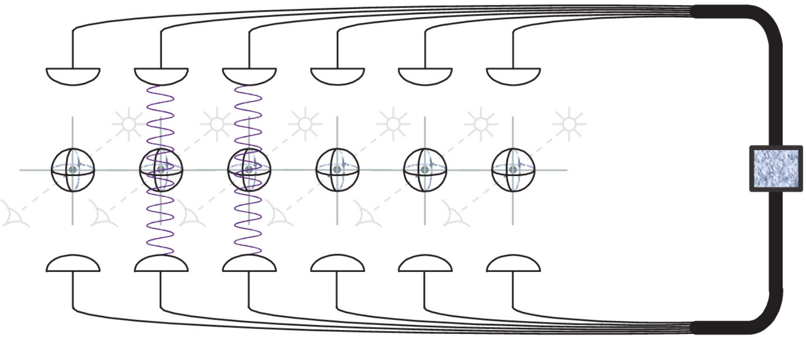


Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).

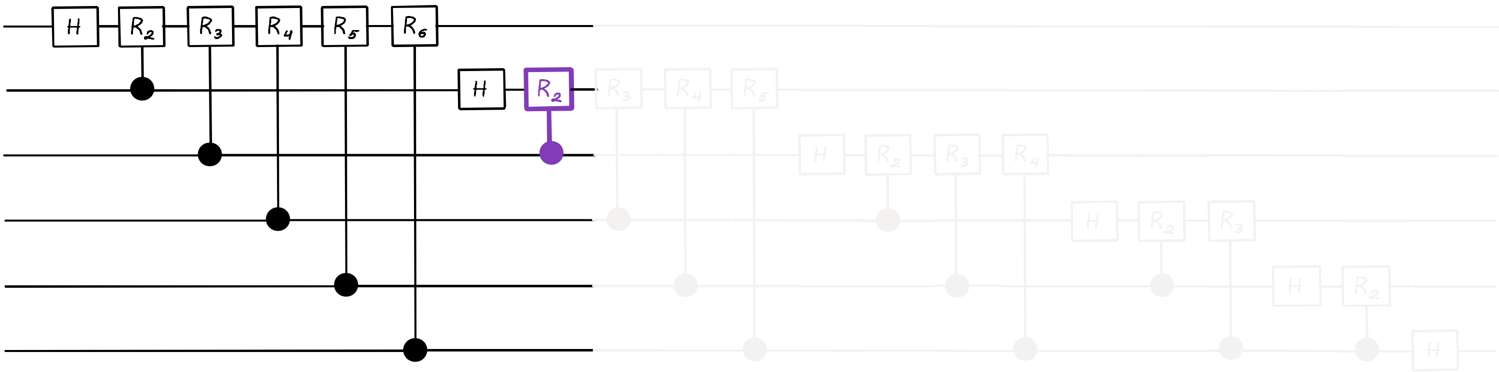
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



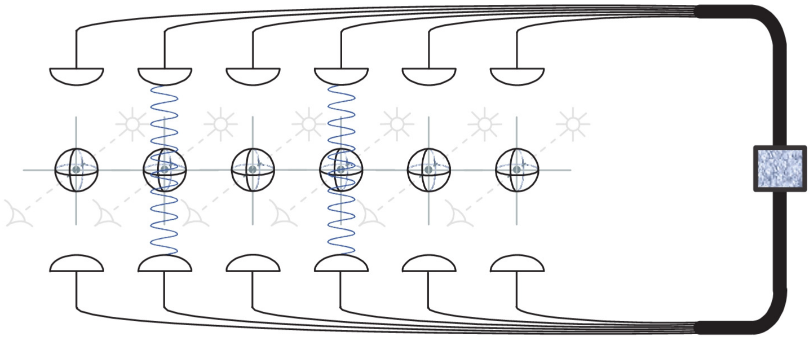
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



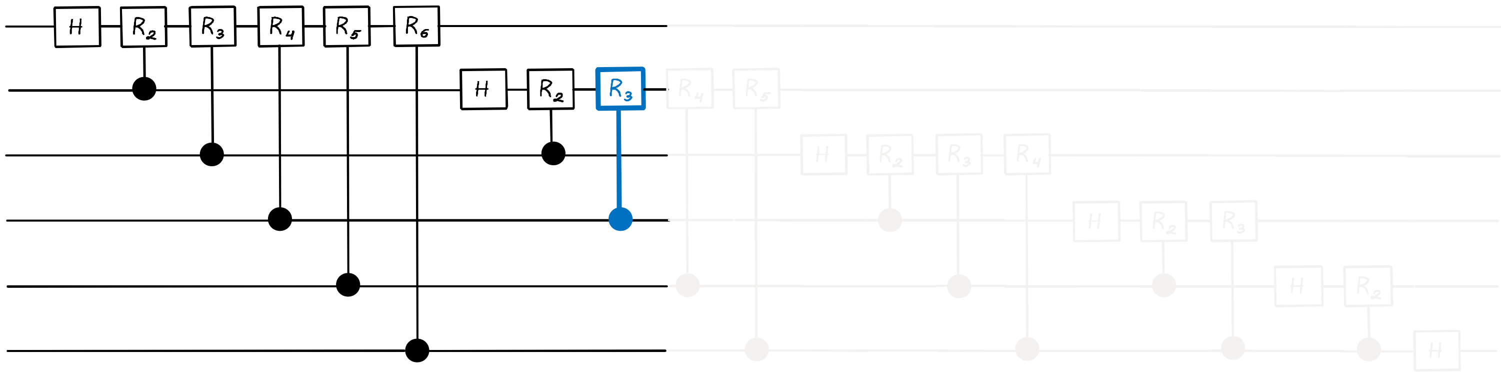
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



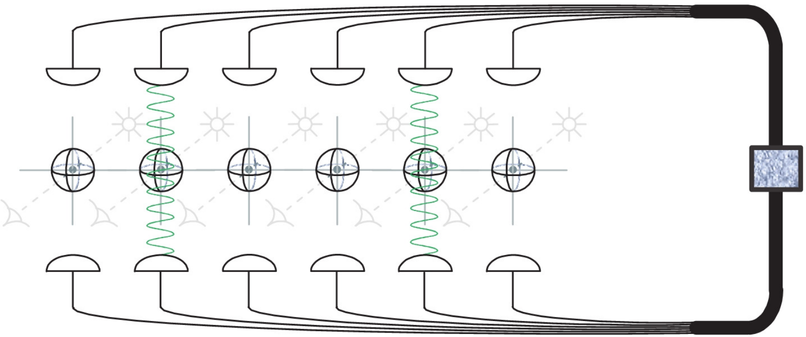
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



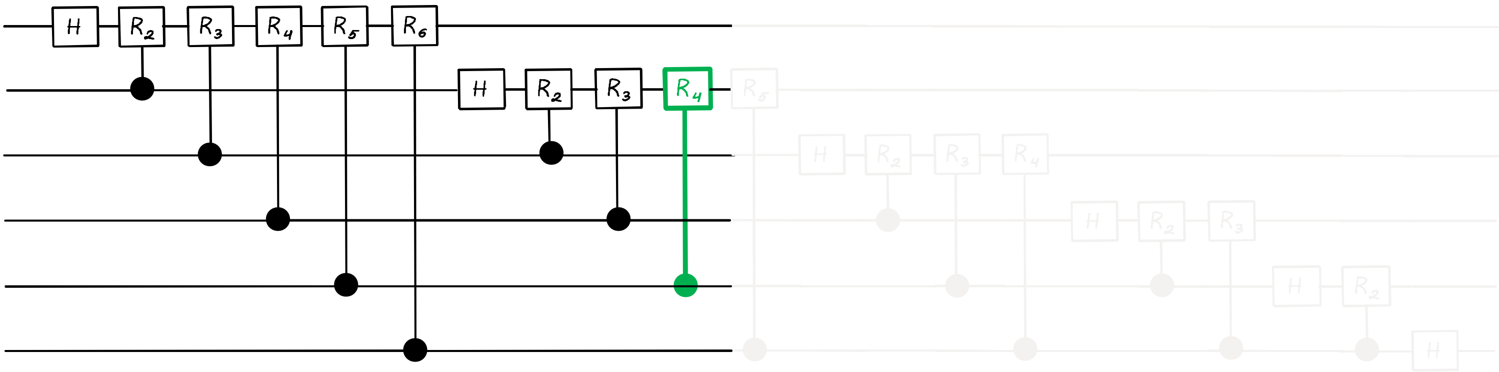
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



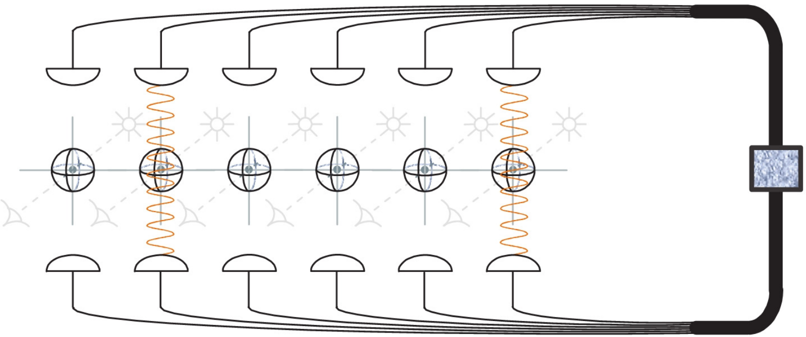
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



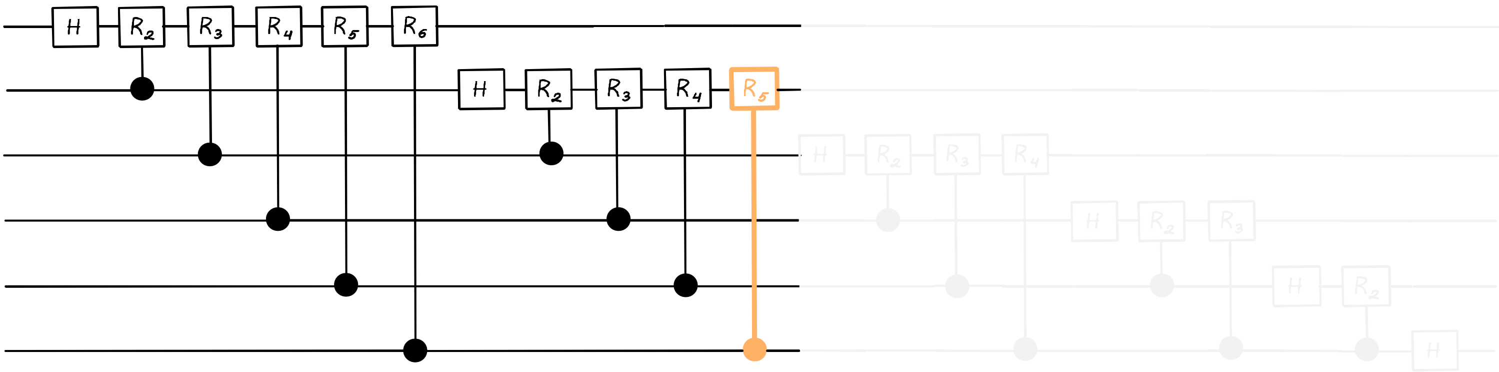
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



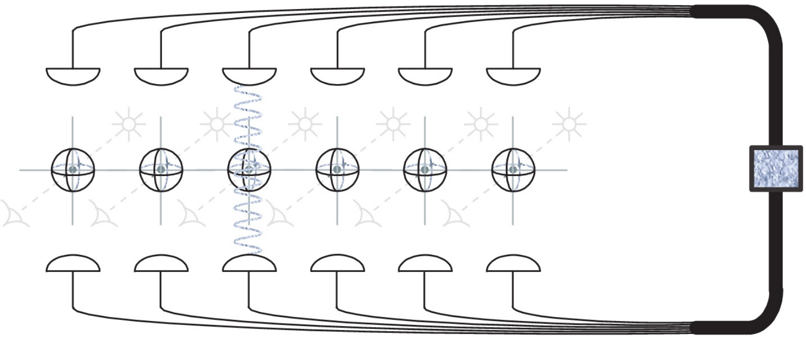
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



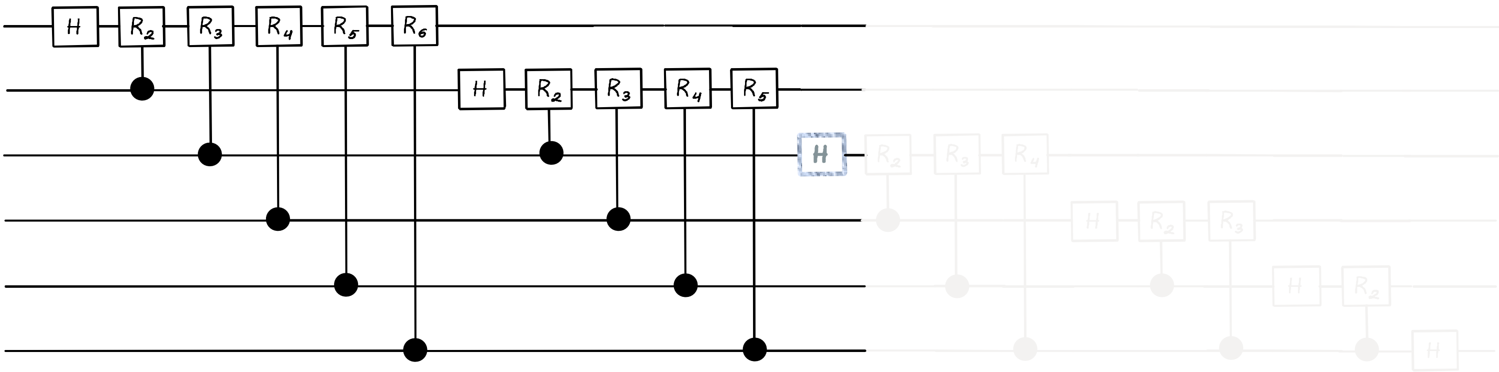
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



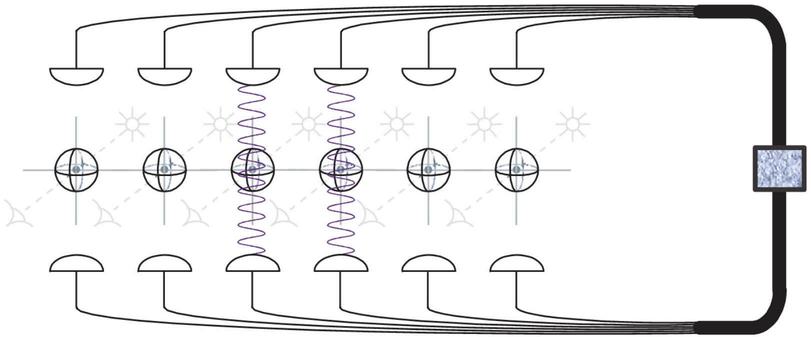
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



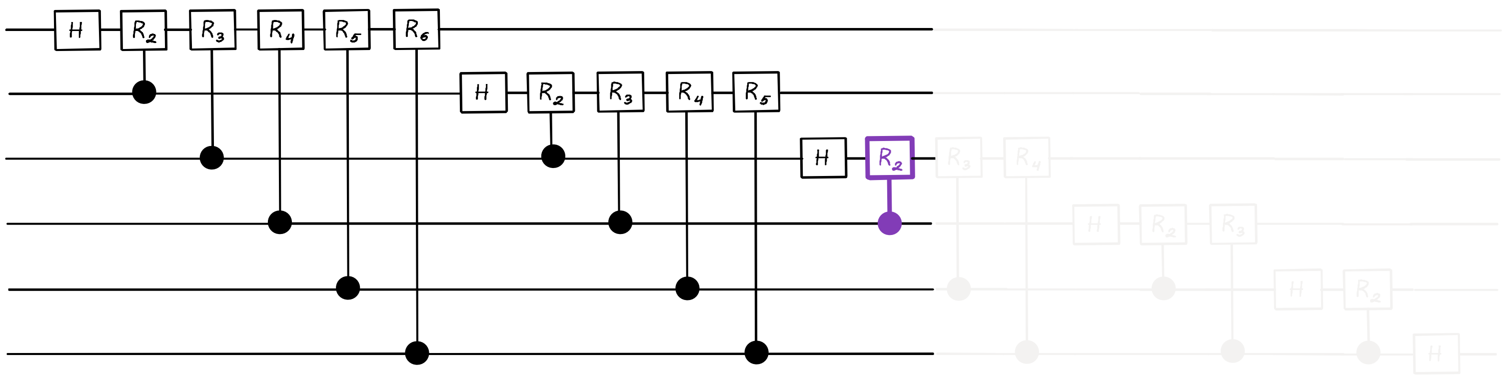
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



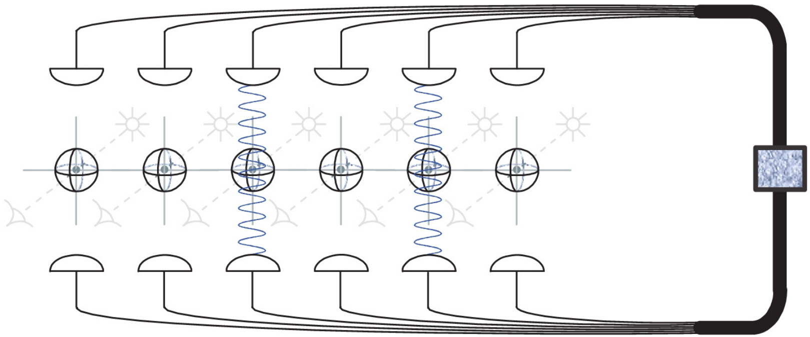
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



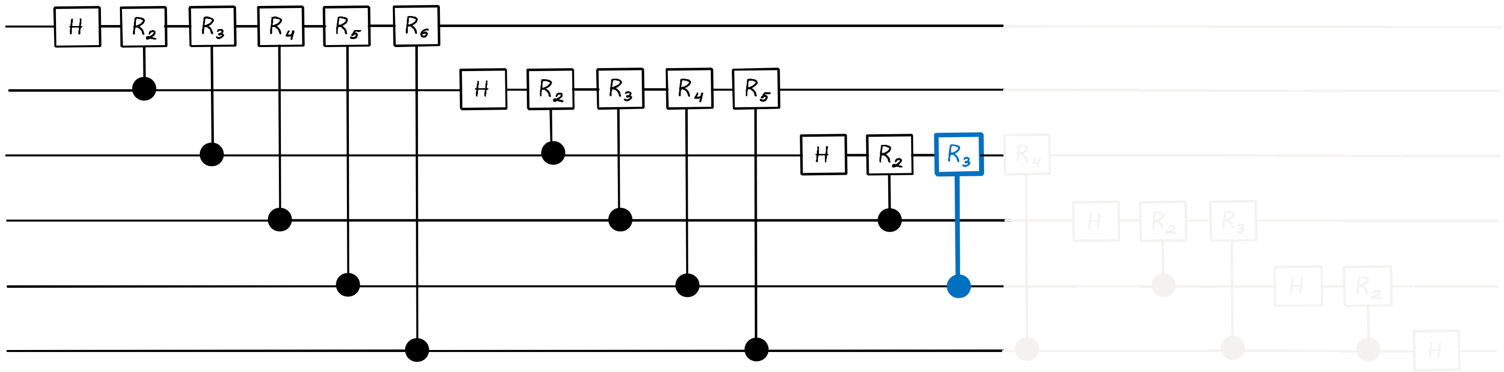
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



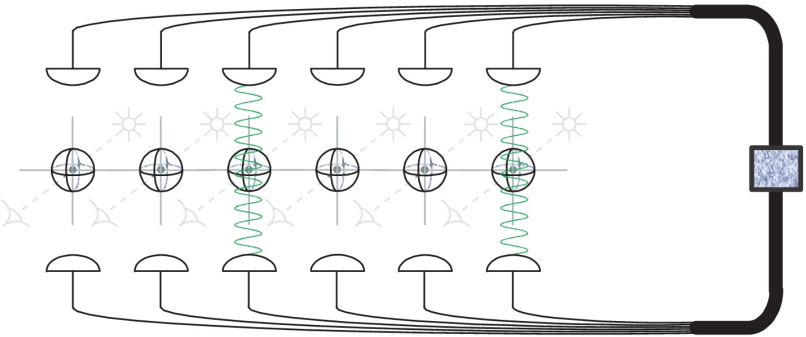
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



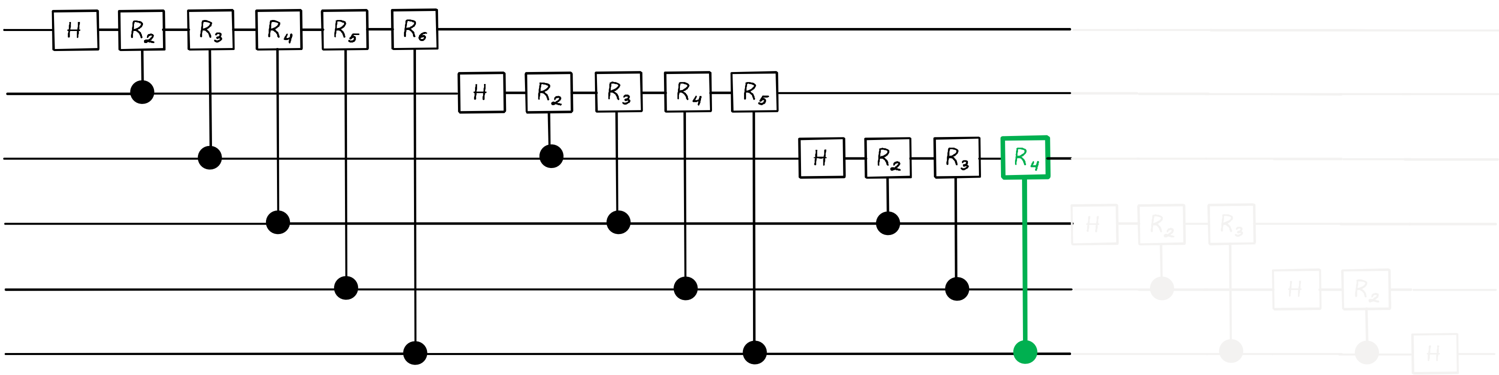
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



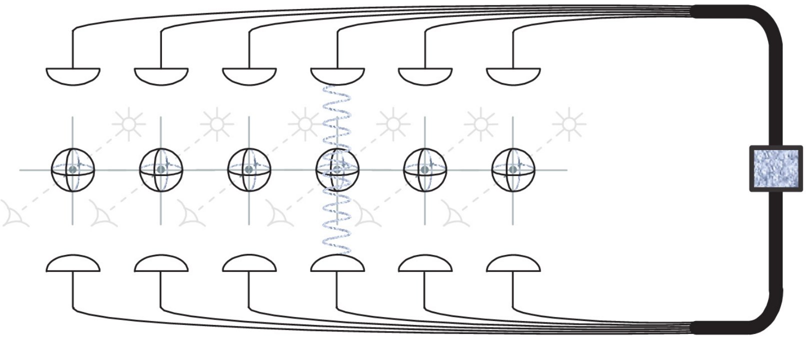
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



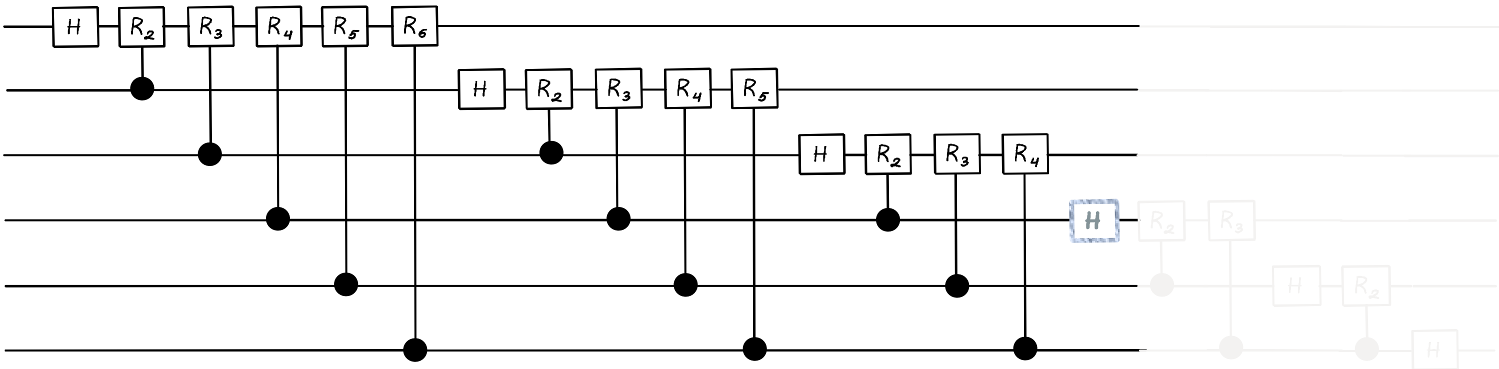
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



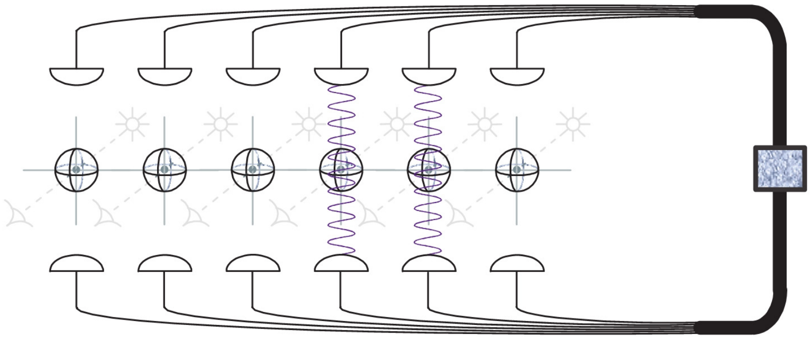
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



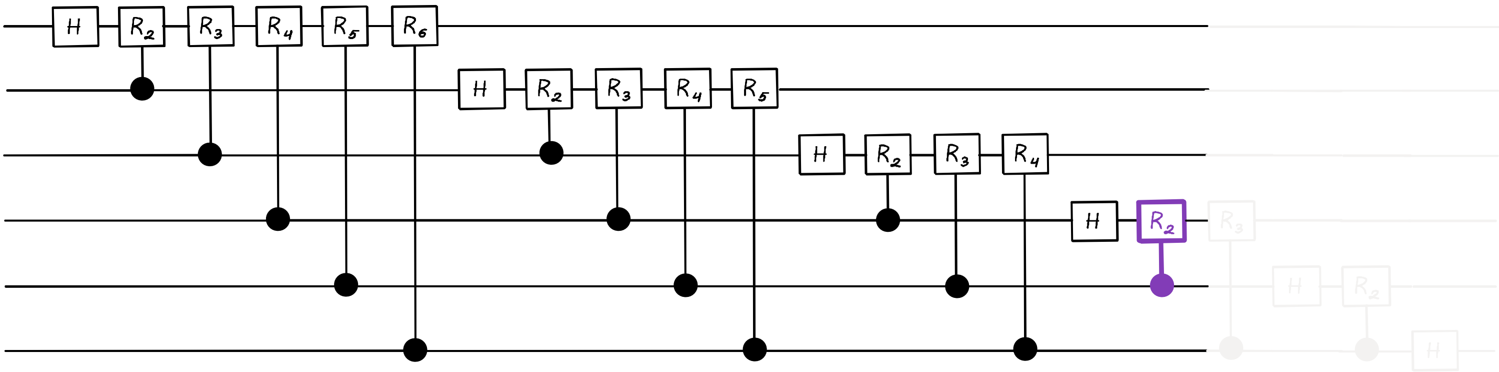
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



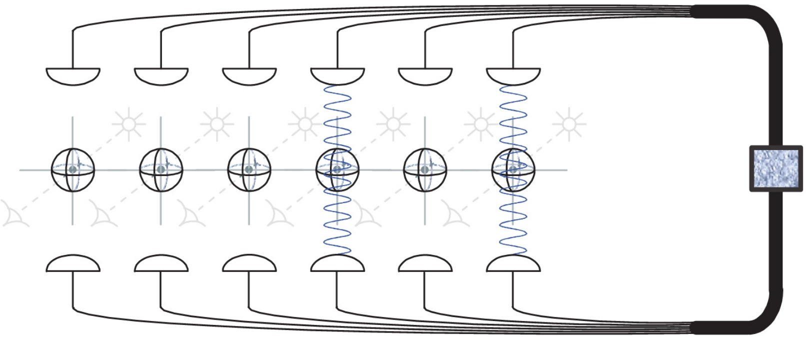
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



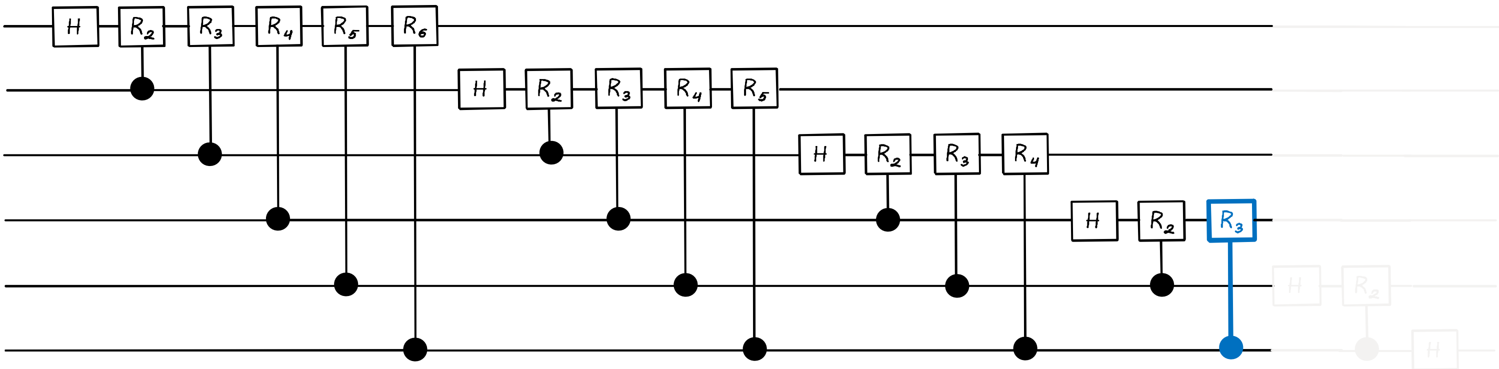
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



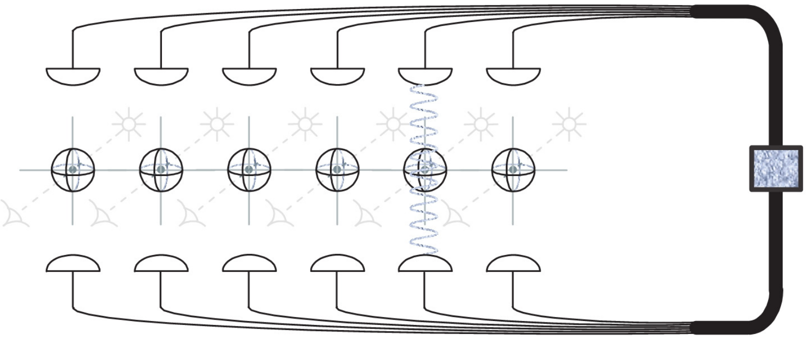
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



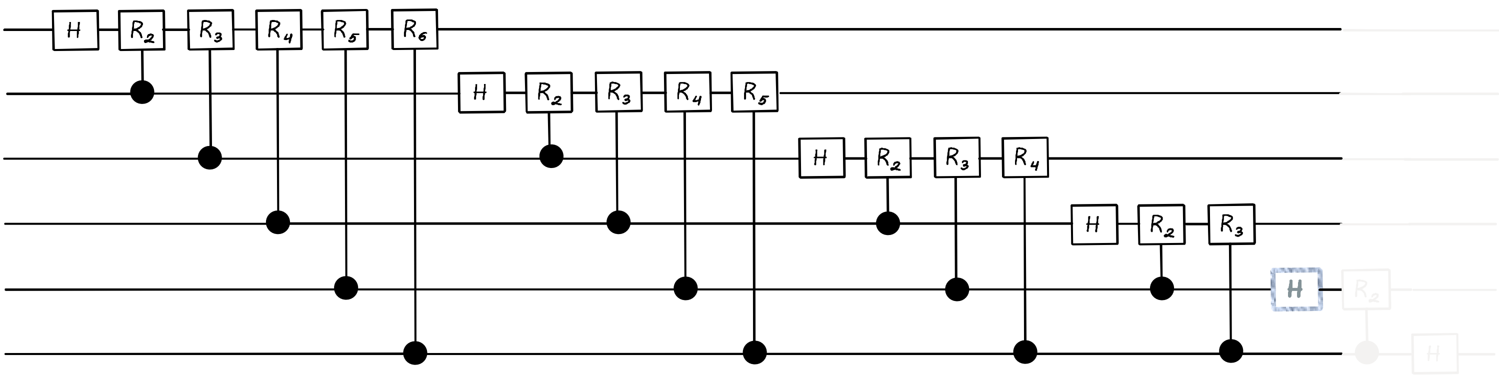
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



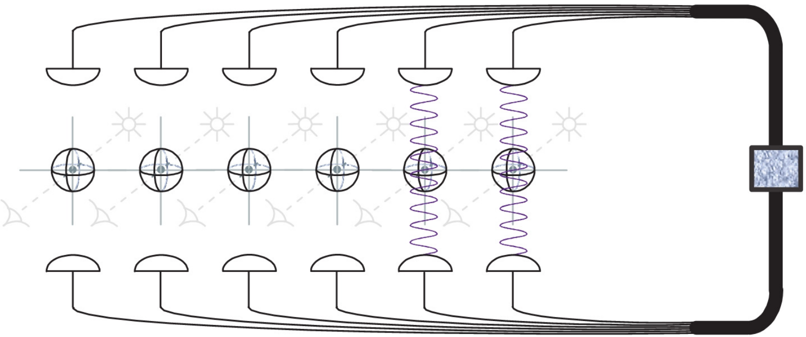
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



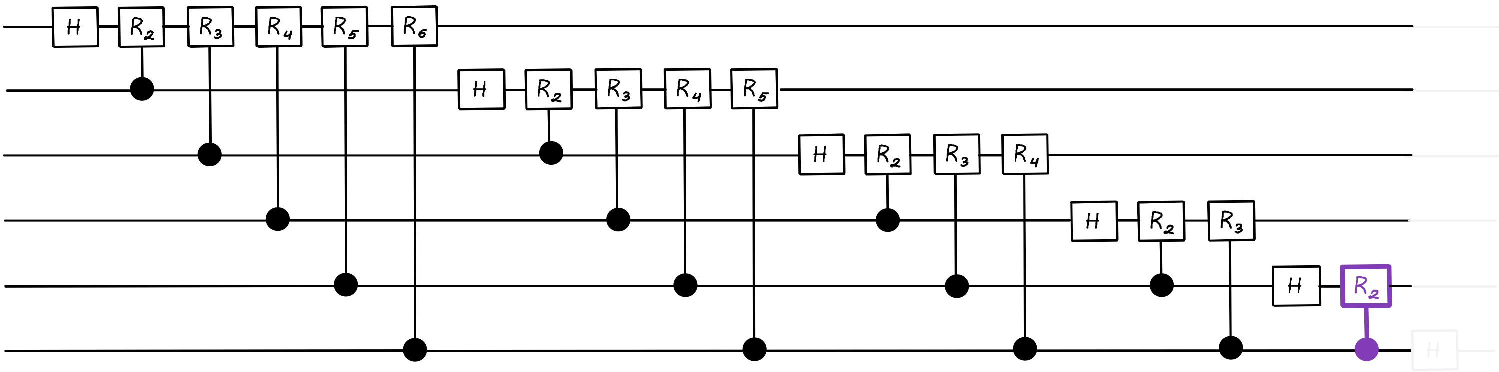
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



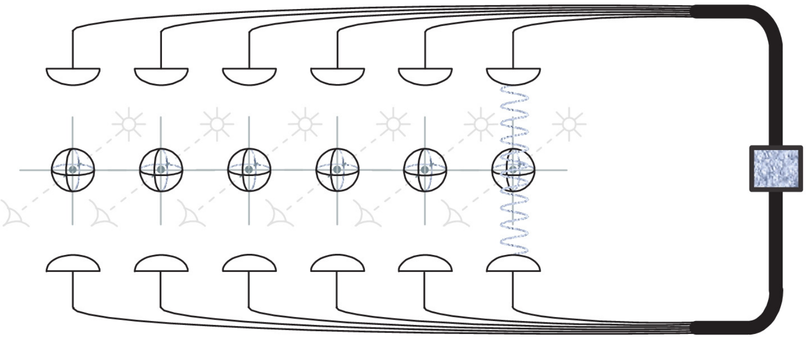
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



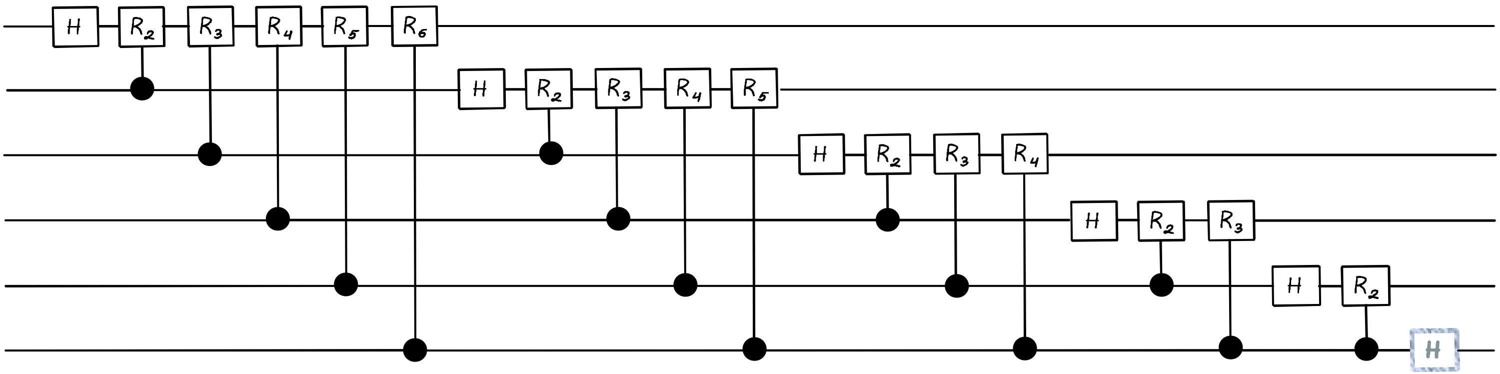
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



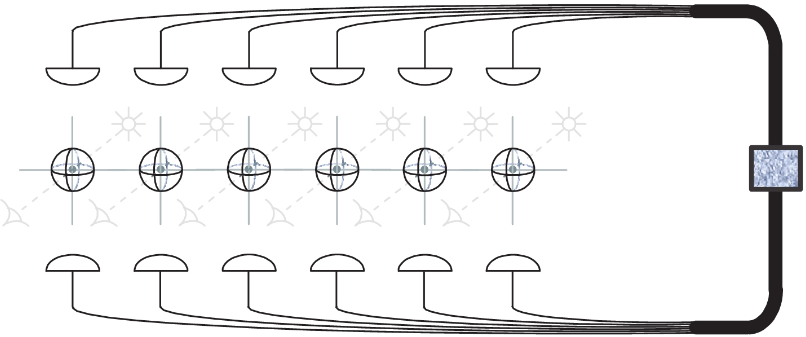
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



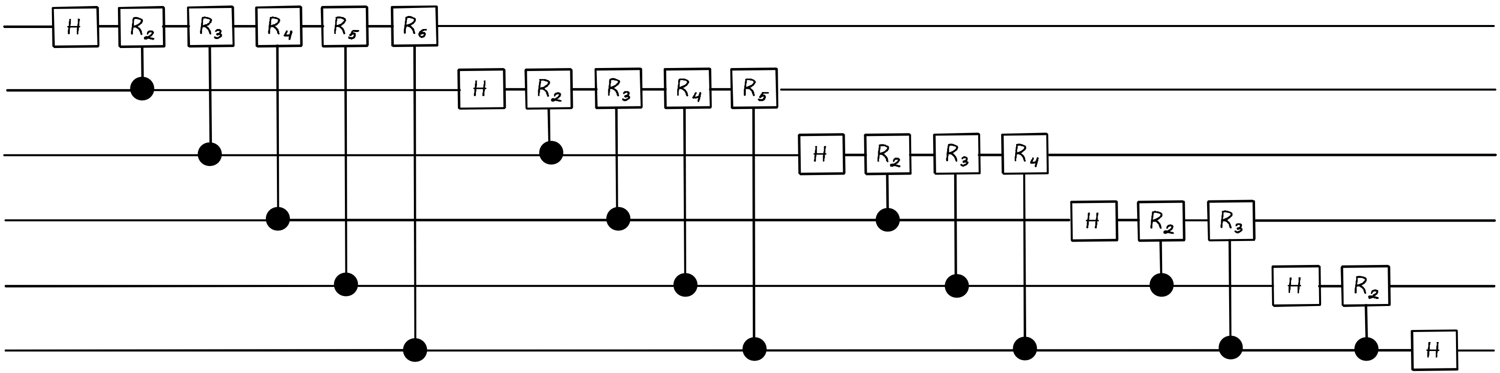
Как работи квантовият коммпютър - илюстрация

Николай Митов



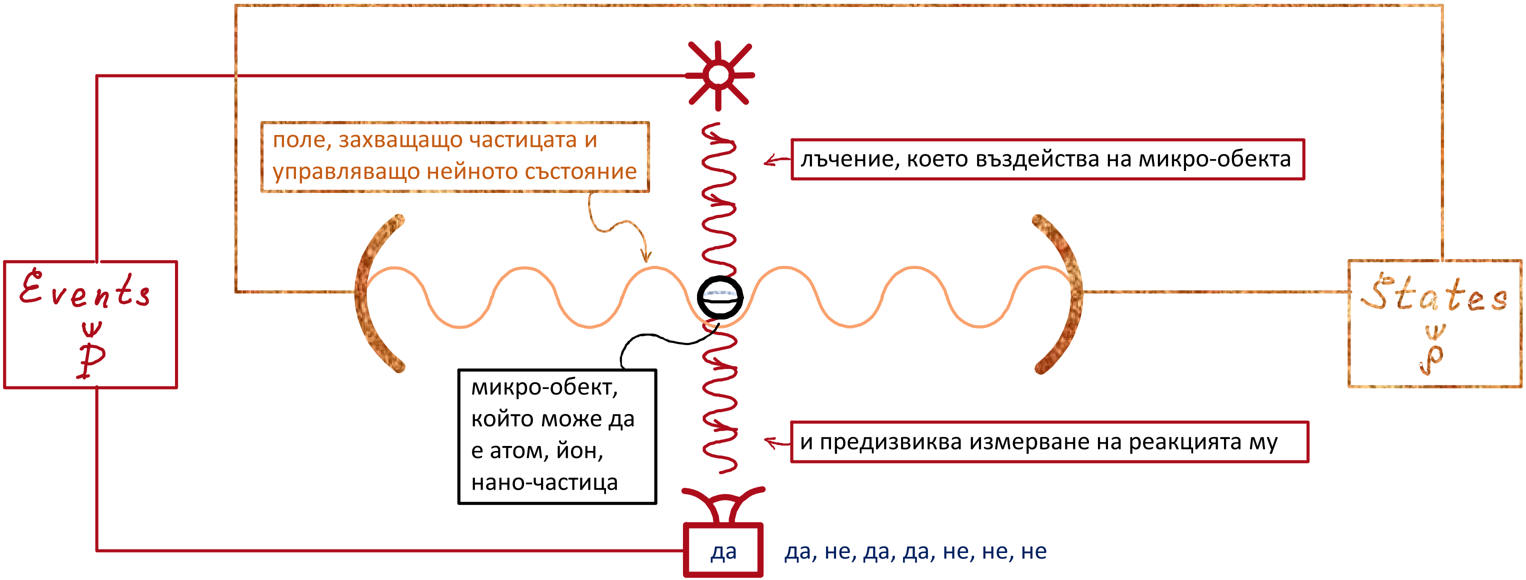
Градивните квантови трансформации, които задават елементарните стъпки, се наричат "квантови операции" (quantum gates).

Тяхната последователност образува "квантова верига" (quantum circuit).



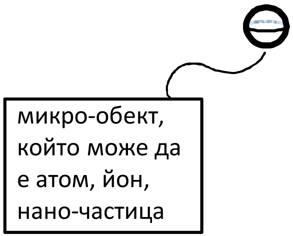
Теория на измерването: аксиоми и следствия

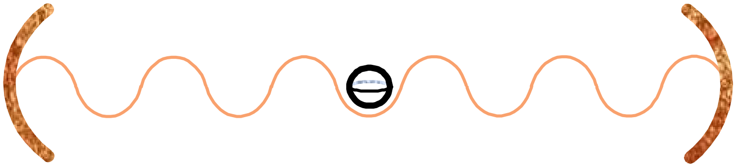
В тази част на презентацията, в **зелен цвят** са поставени части, които се считат извън материала на курса и са предназначени за читатели с допълнителен интерес към теоретичните основи на областта.

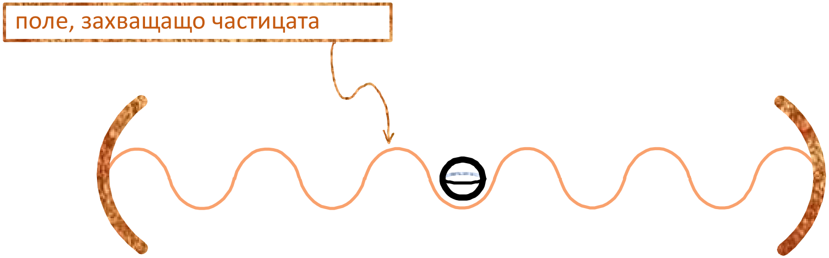


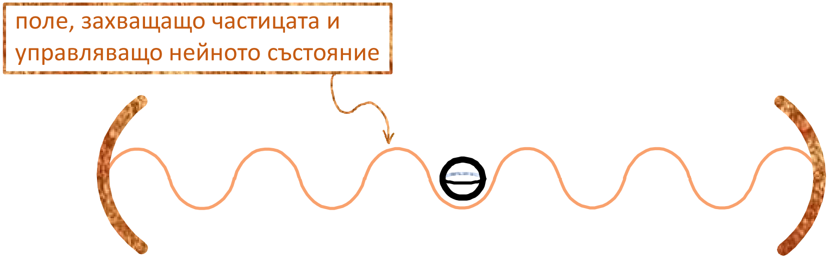
$$\mathrm{Prob}_{\rho} P = \lim_{N \to \infty} \frac{\text{брой "да" в } N \text{ последователни опита}}{N}$$

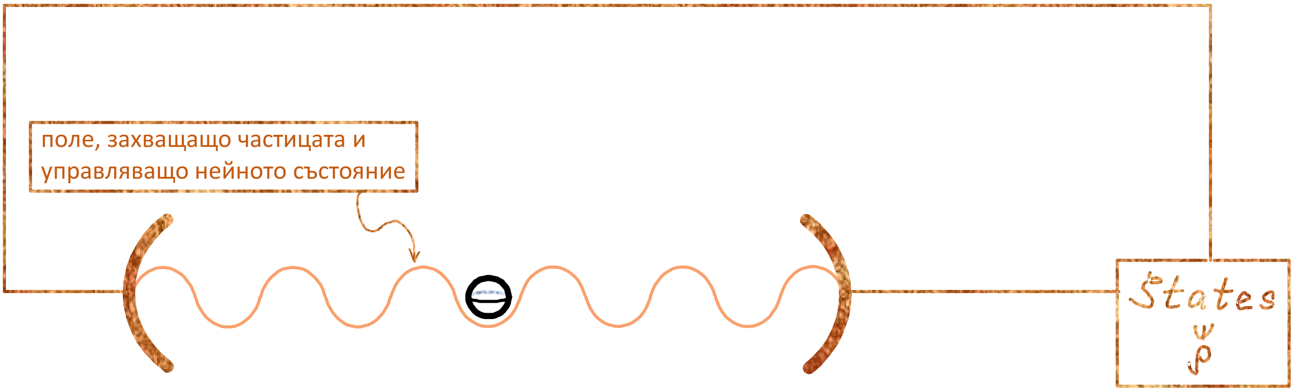
Теория на измерването: аксиоми и следствия

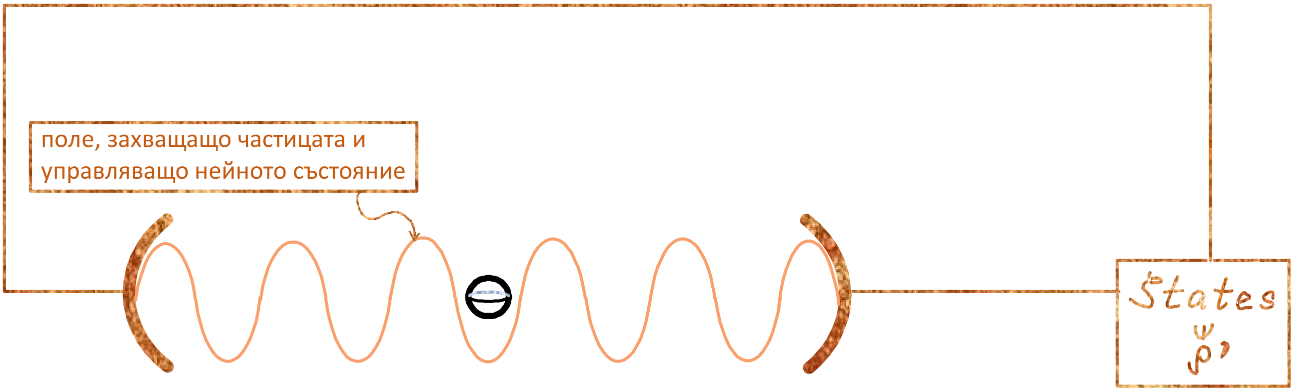

микро-обект,
който може да
е атом, йон,
нано-частица

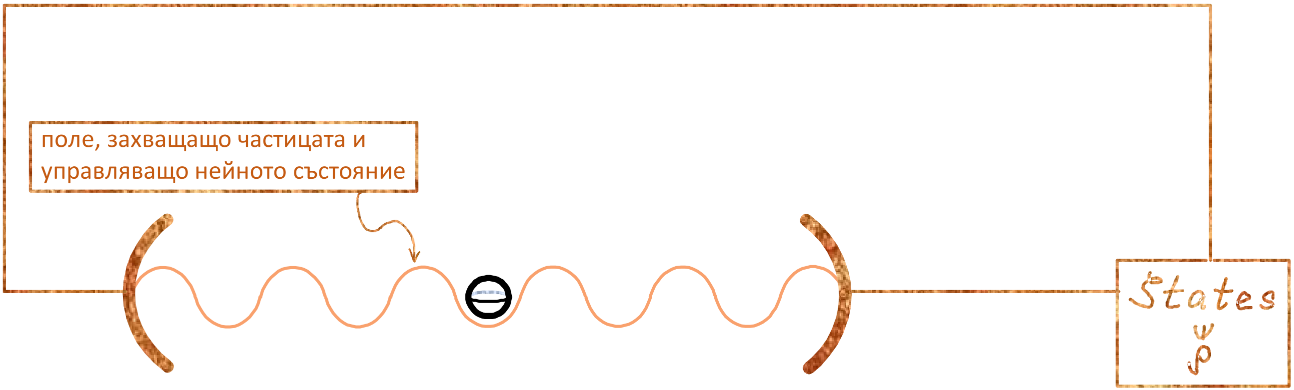


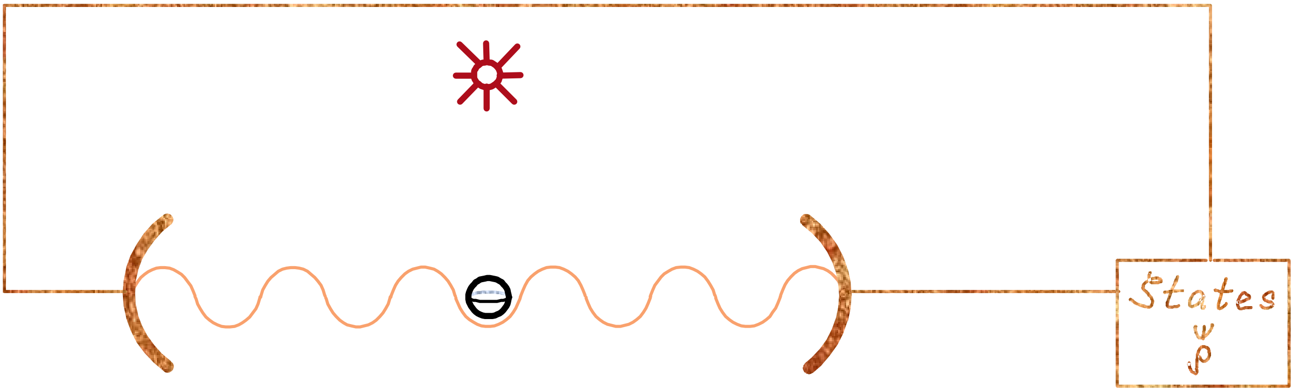

поле, захващащо частицата

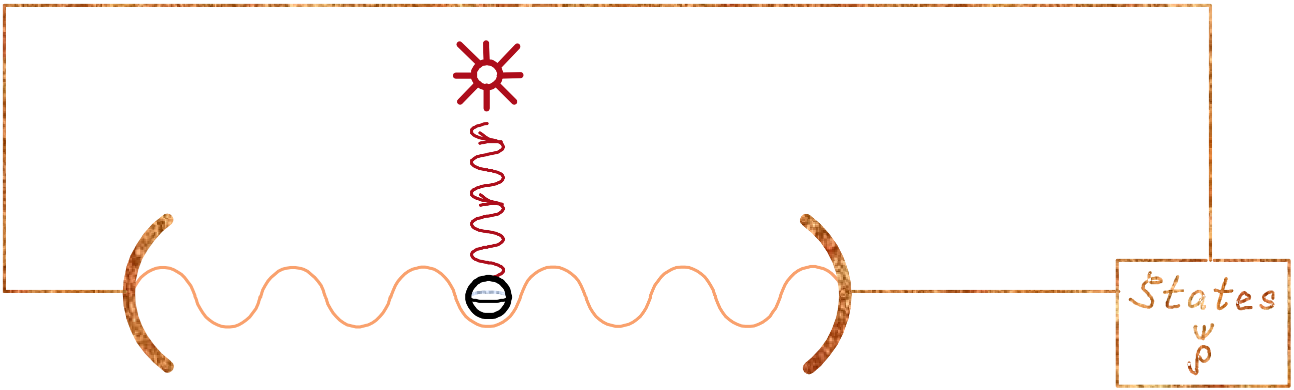

поле, захващащо частицата и
управляващо нейното състояние


поле, захващащо частицата и управляващо нейното състояние
States
ψ
ρ


поле, захващащо частицата и управляващо нейното състояние
States
ψ
ρ


поле, захващащо частицата и управляващо нейното състояние
States
ψ
ρ

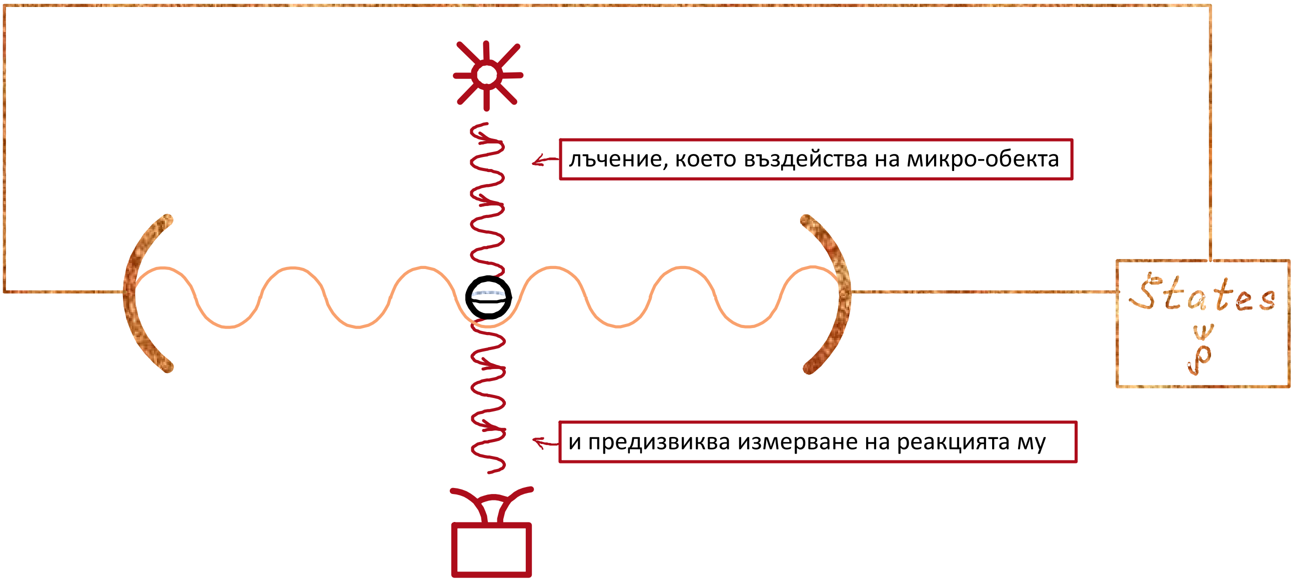

States
ψ
ρ

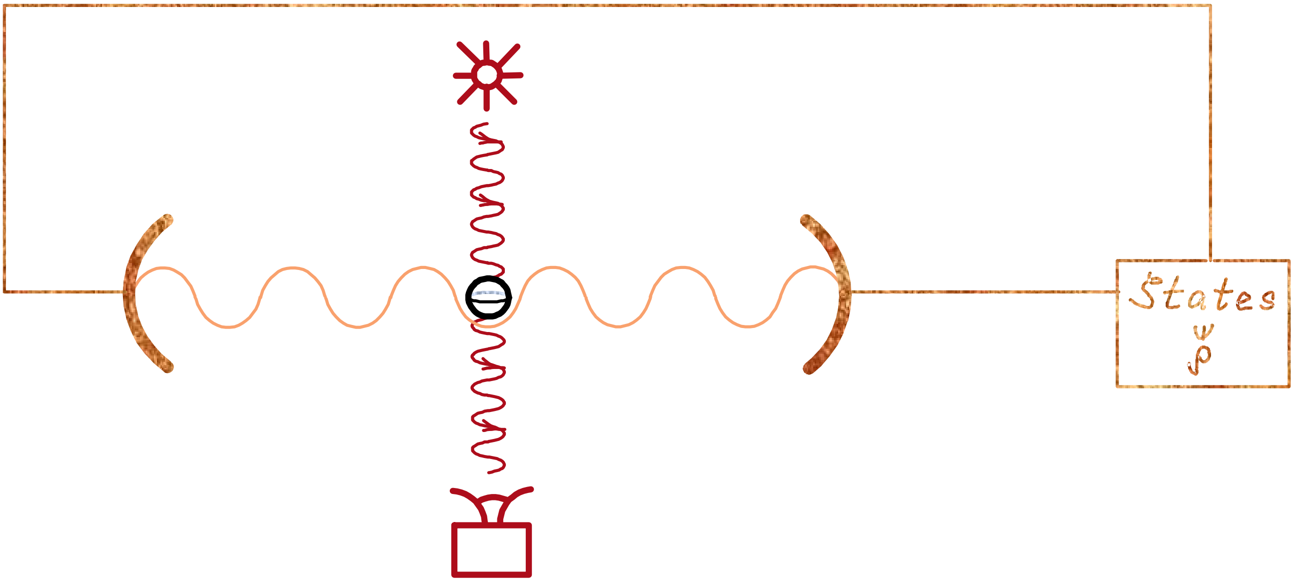

States
ψ
ρ

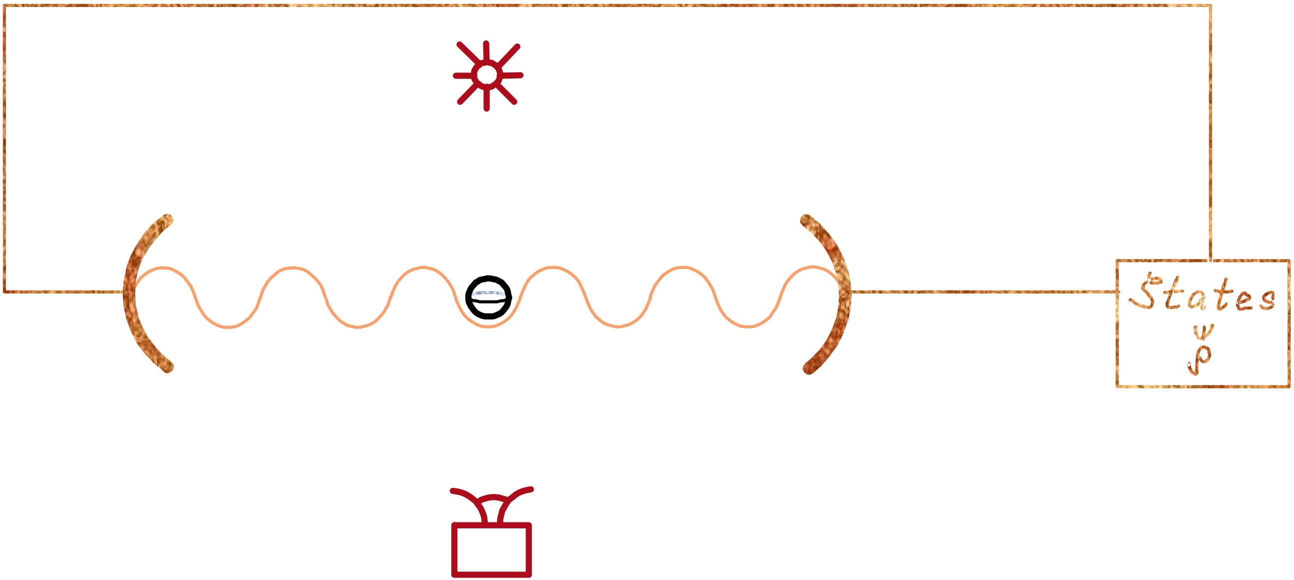

лъчение, което въздейства на микро-обекта
States
ψ
ρ

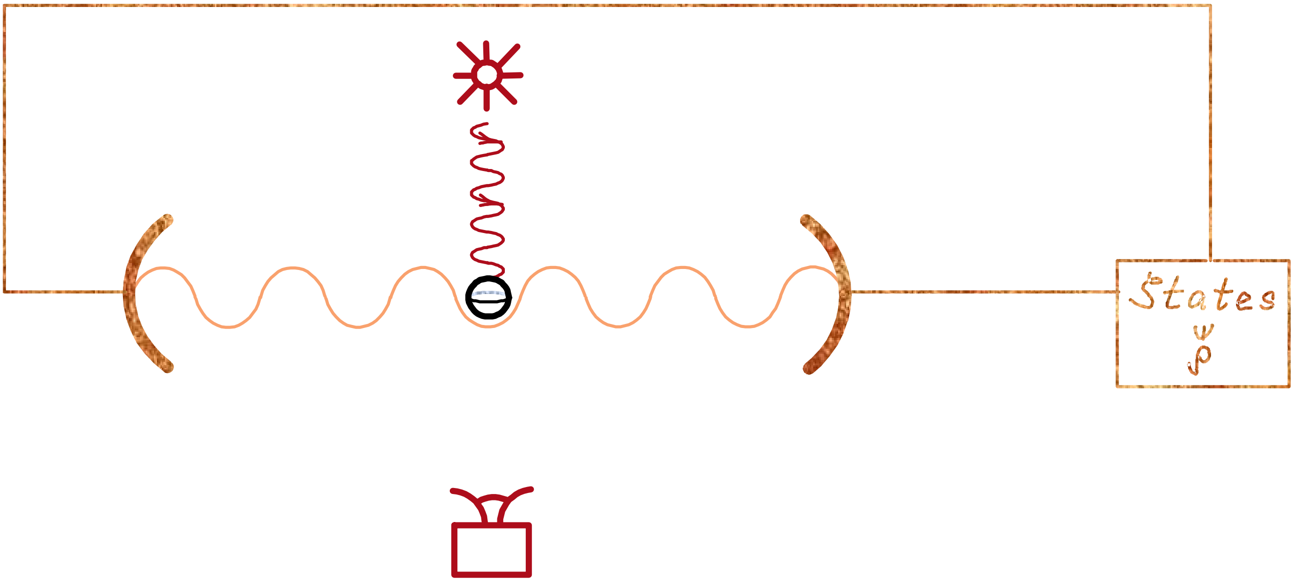

лъчение, което въздейства на микро-обекта
States
ψ
ρ

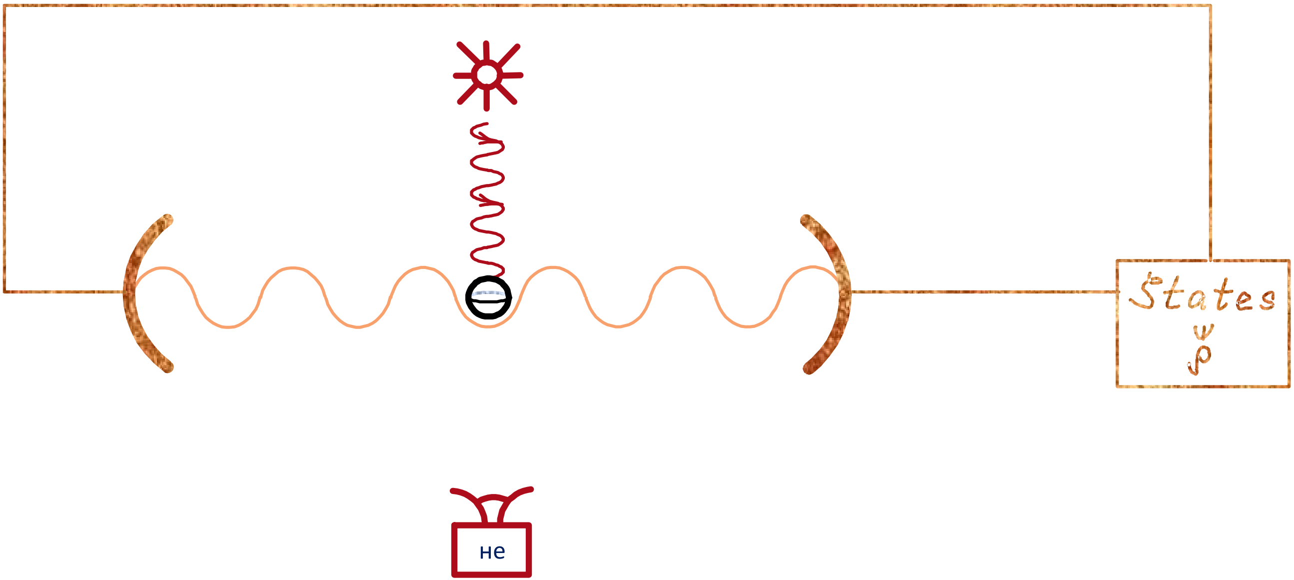

лъчение, което въздейства на микро-обекта
и предизвиква измерване на реакцията му
States
ψ
ρ

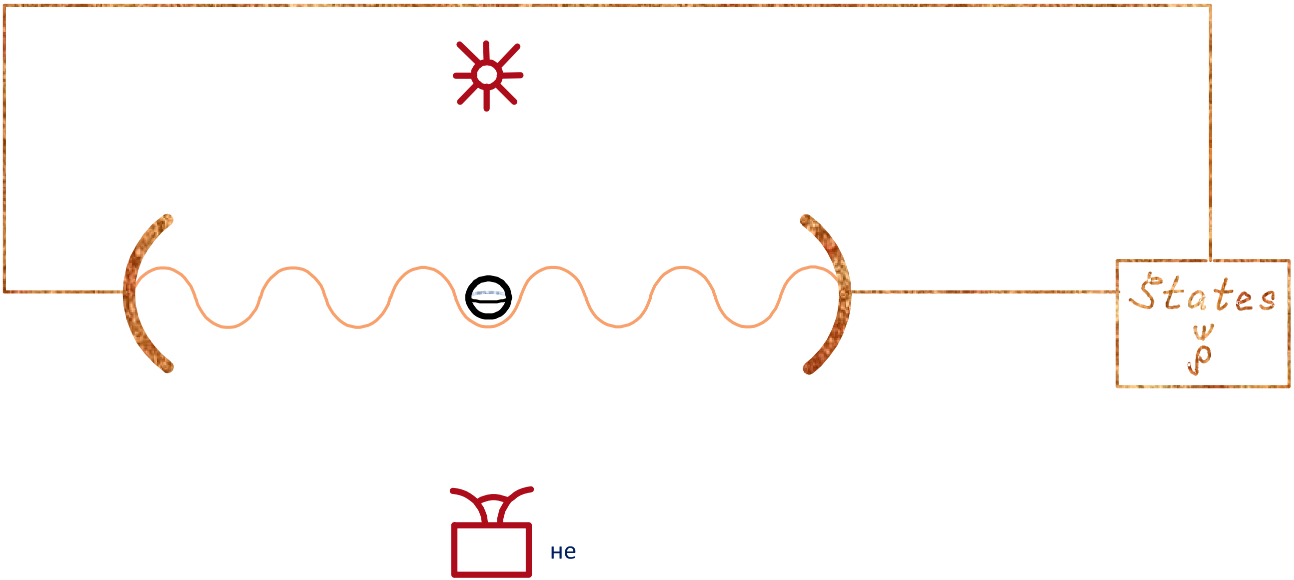

лъчение, което въздейства на микро-обекта
и предизвиква измерване на реакцията му
States
Ψ
ρ

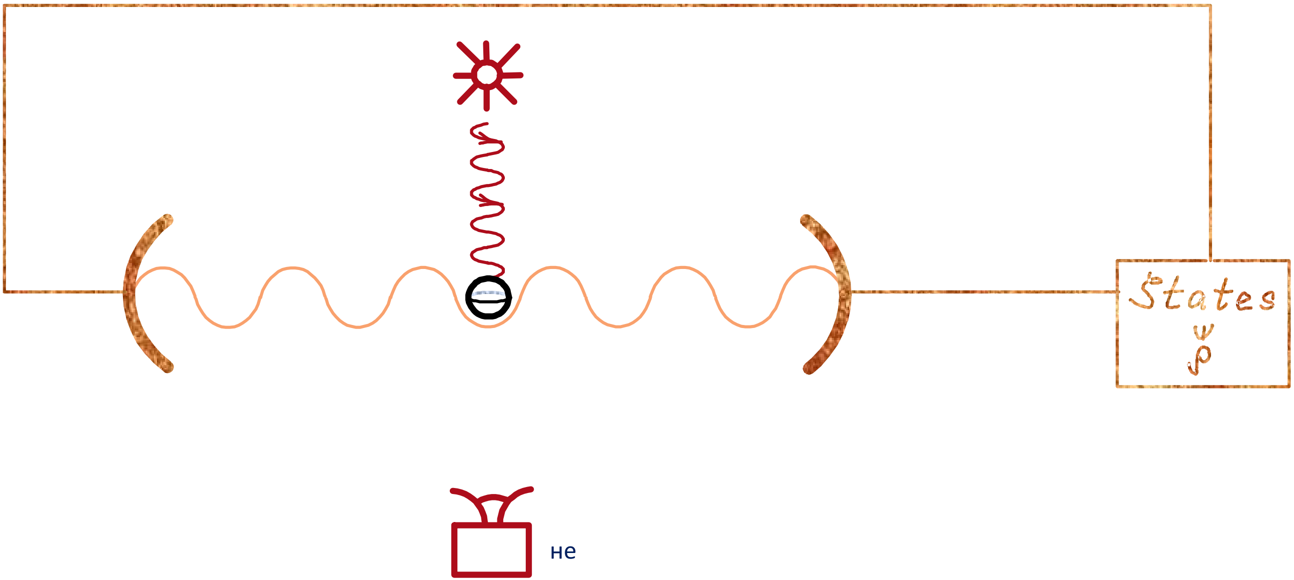

States
ψ
ρ

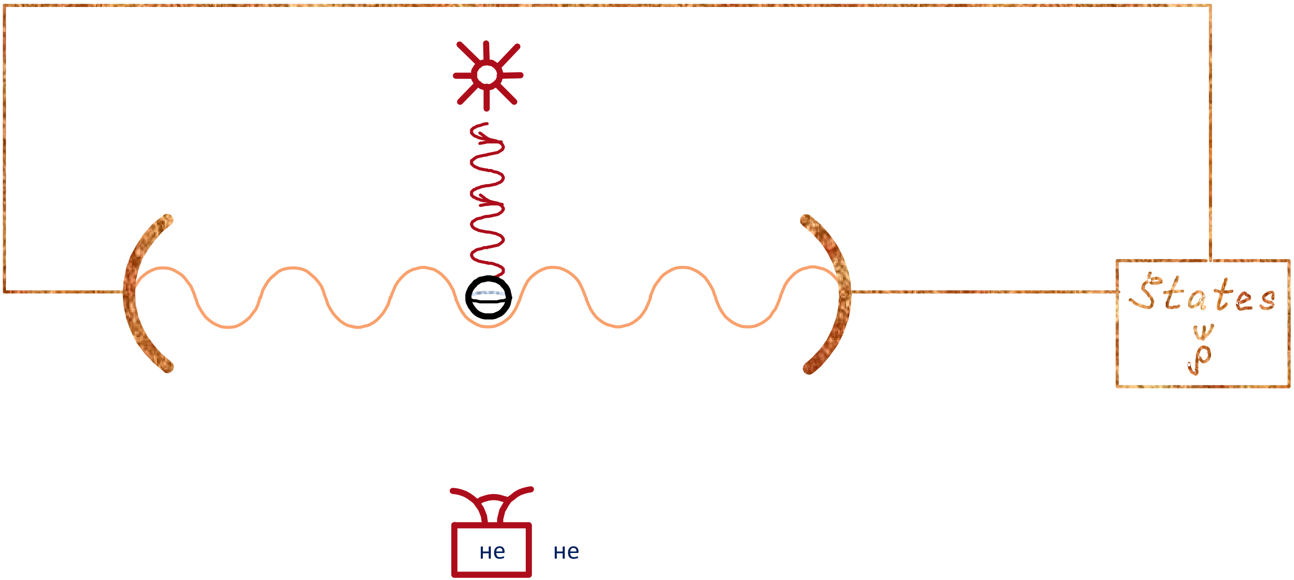

States
ψ
ρ


States
ψ
ρ

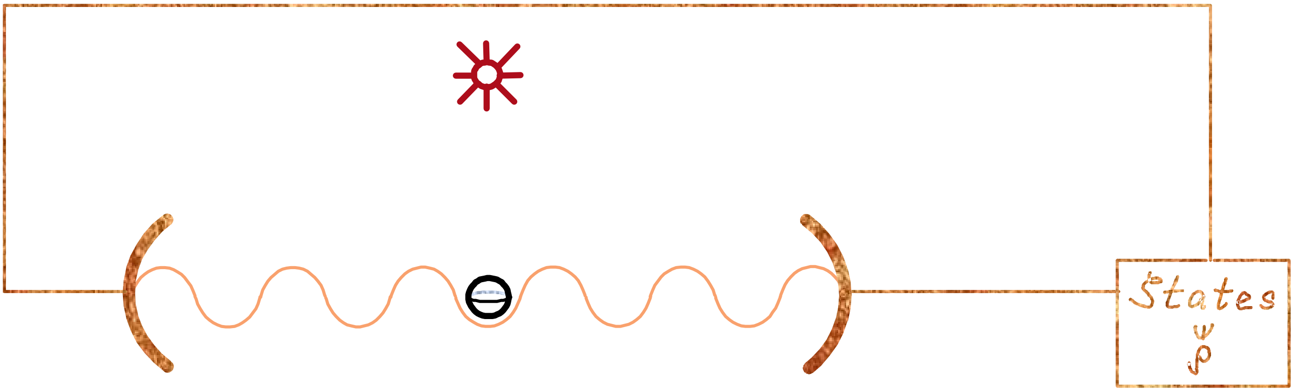

States
ψ
ρ
не


States
ψ
ρ
не

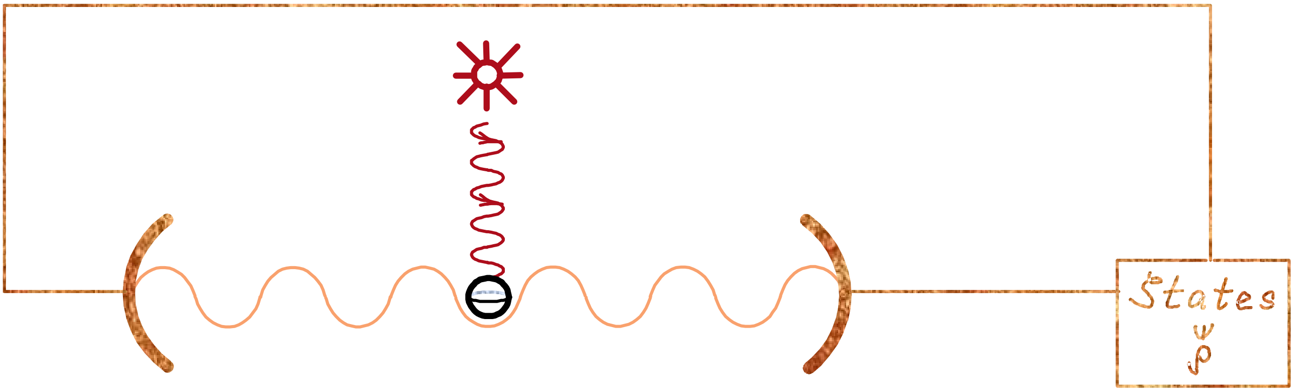

States
ψ
ρ
не

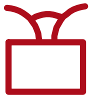


не

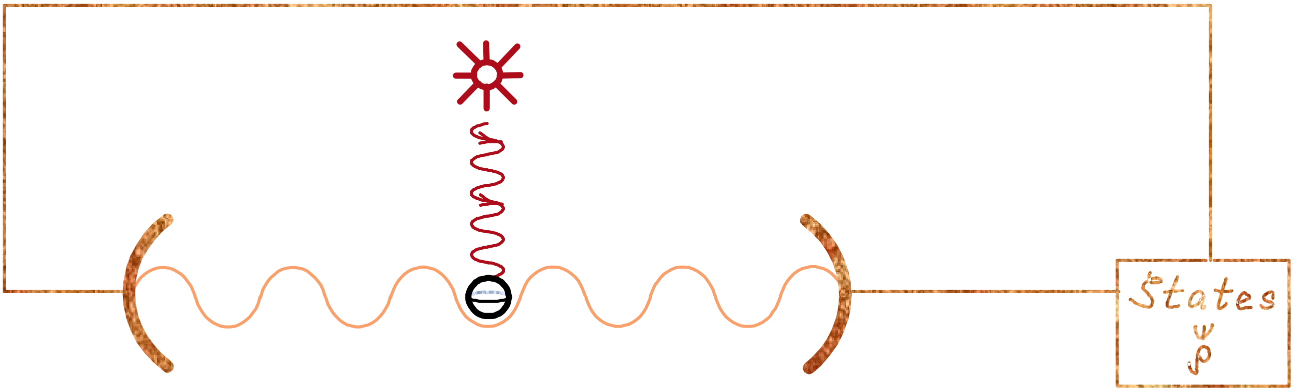

States
ψ
ρ


не, не

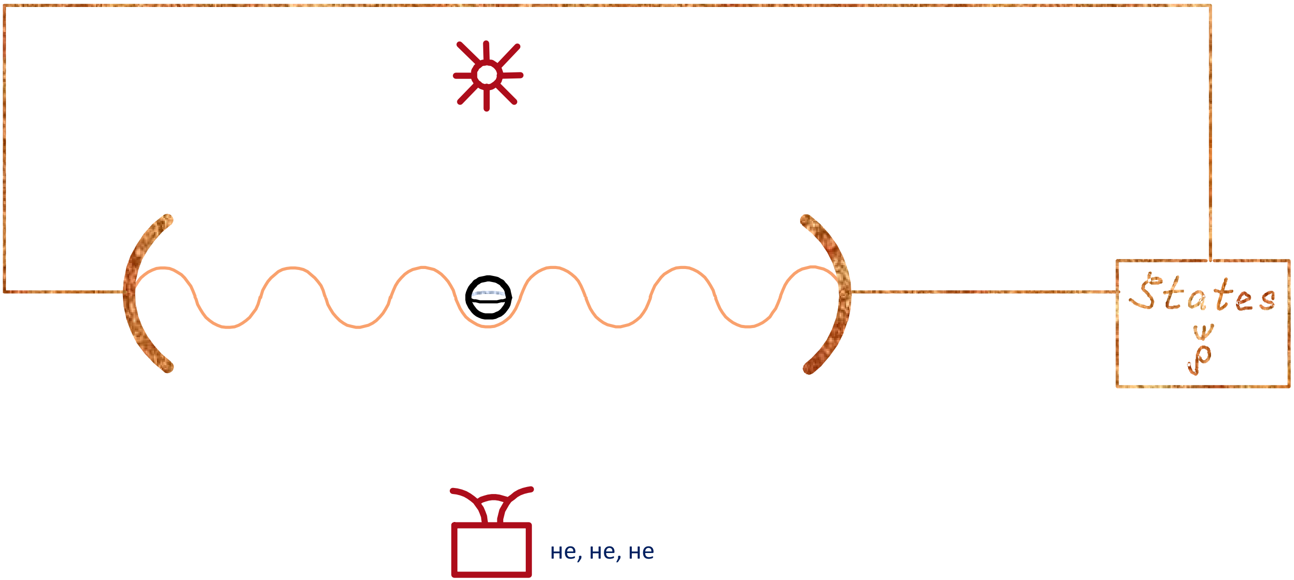


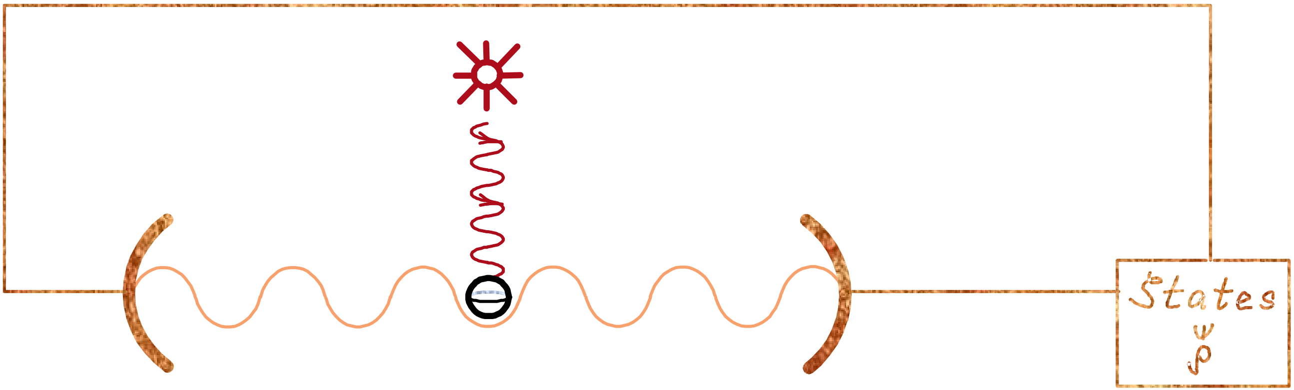


не, не

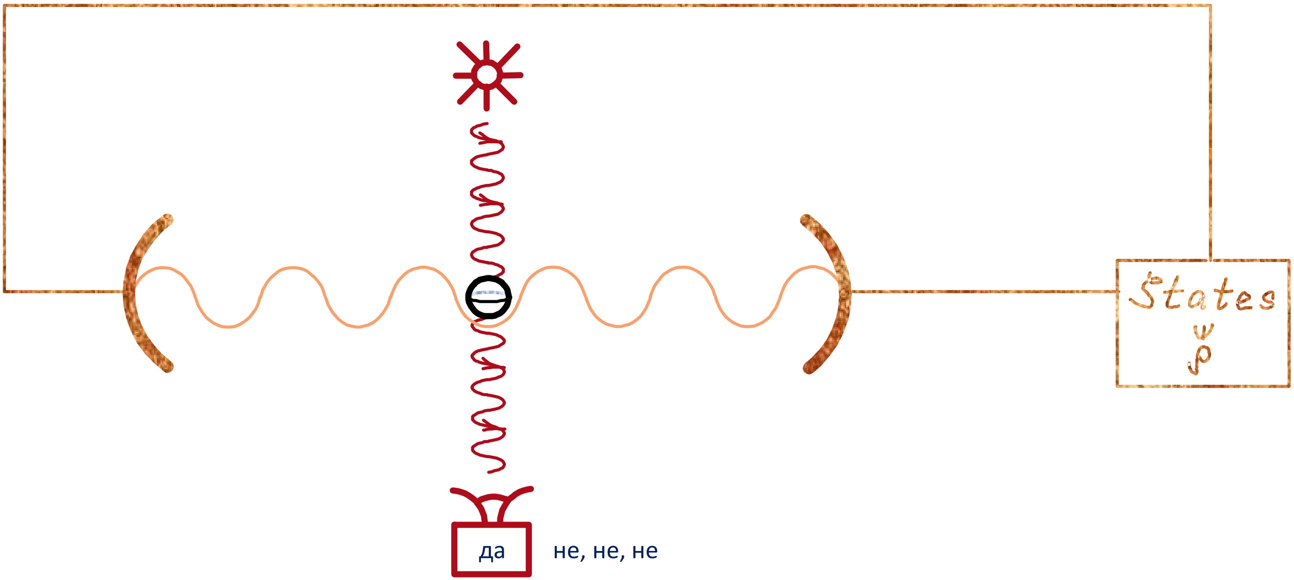


не, не

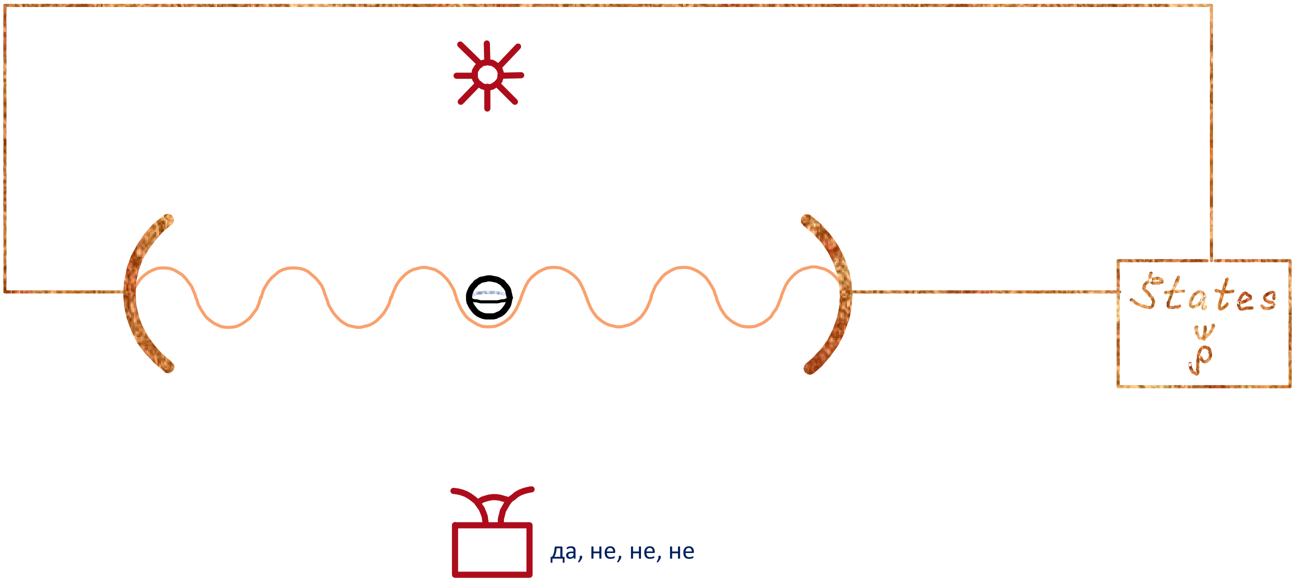

States
ψ
ρ
не, не, не

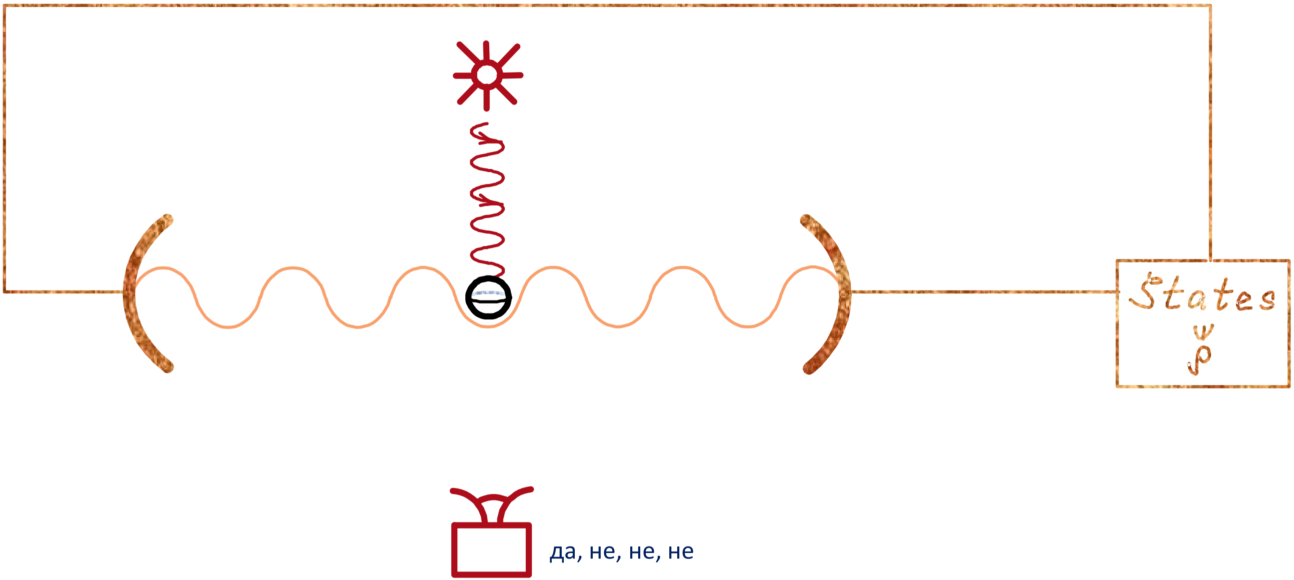


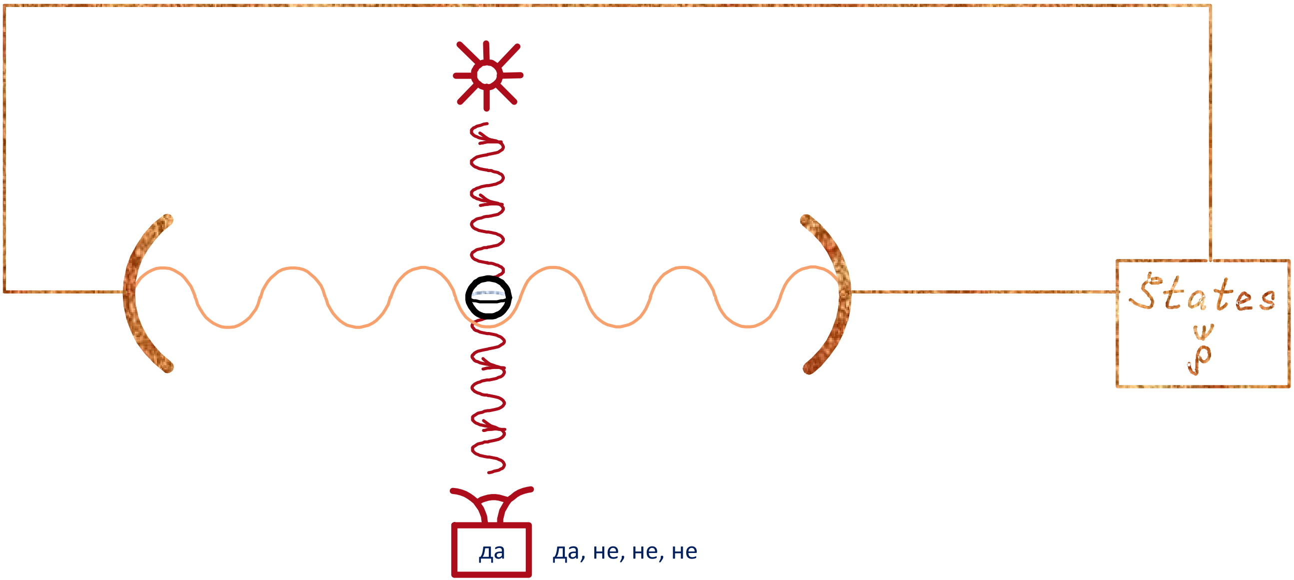
не, не, не

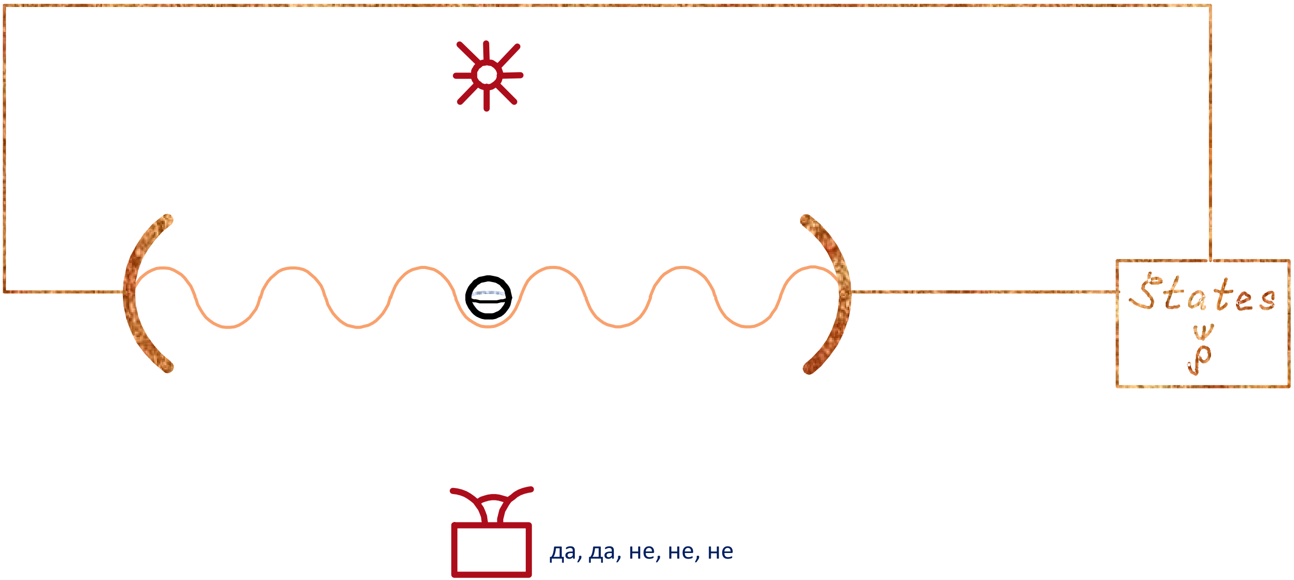

States
ψ
ρ
да
не, не, не

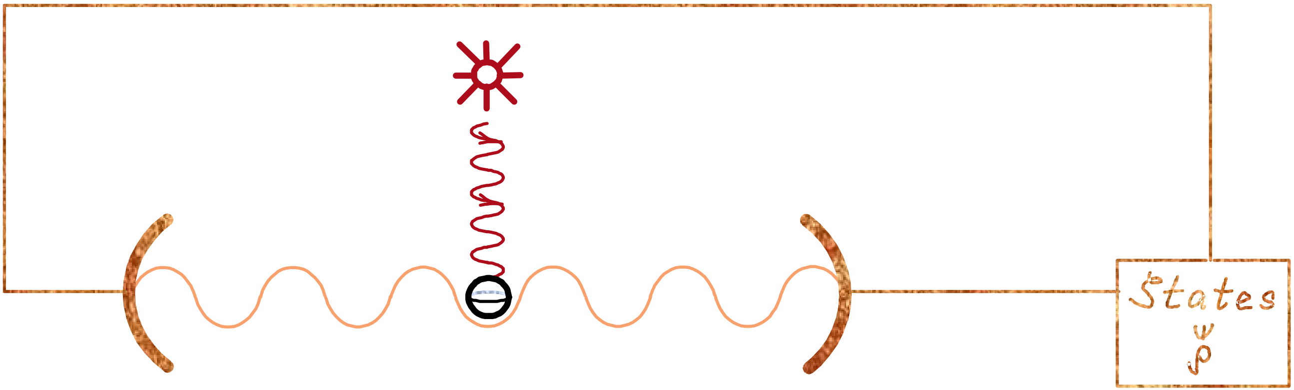
Теория на измерването: аксиоми и следствия




States
ψ
ρ
да, не, не, не

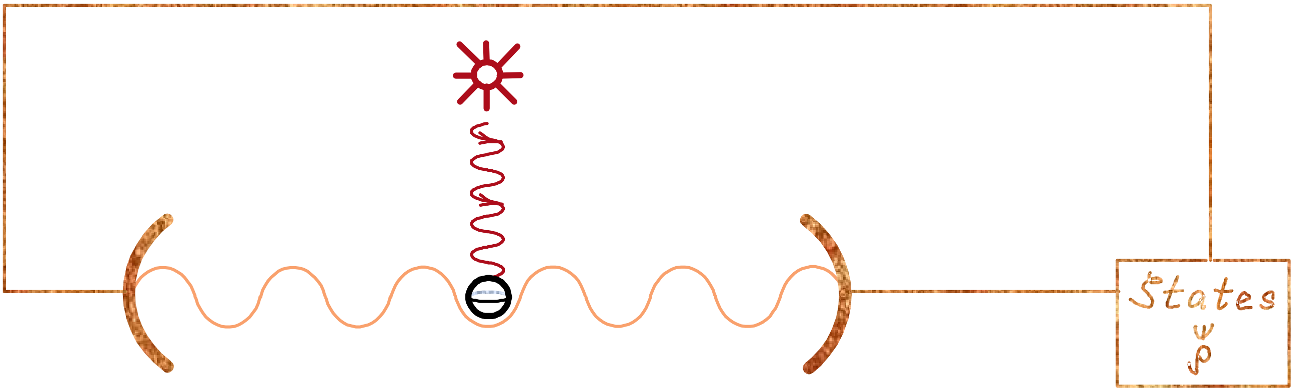

States
ψ
ρ
да
да, не, не, не


States
ψ
ρ
да, да, не, не, не

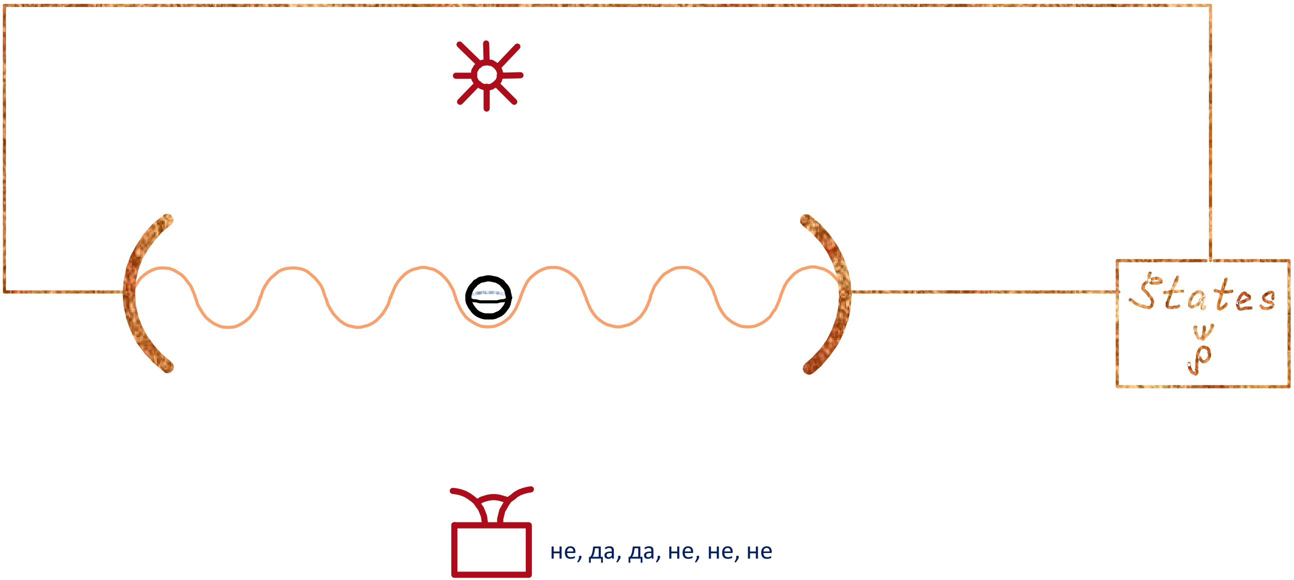


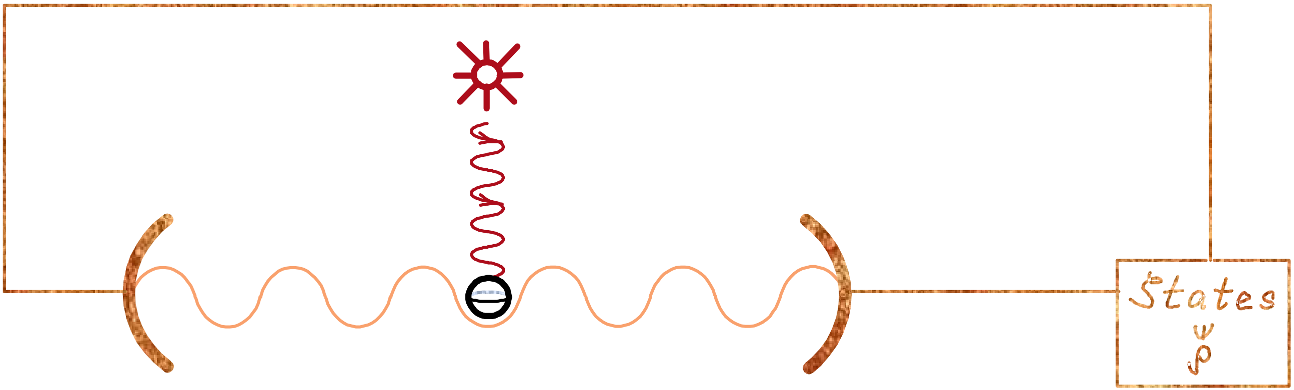
да, да, не, не, не

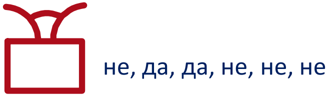
Теория на измерването: аксиоми и следствия

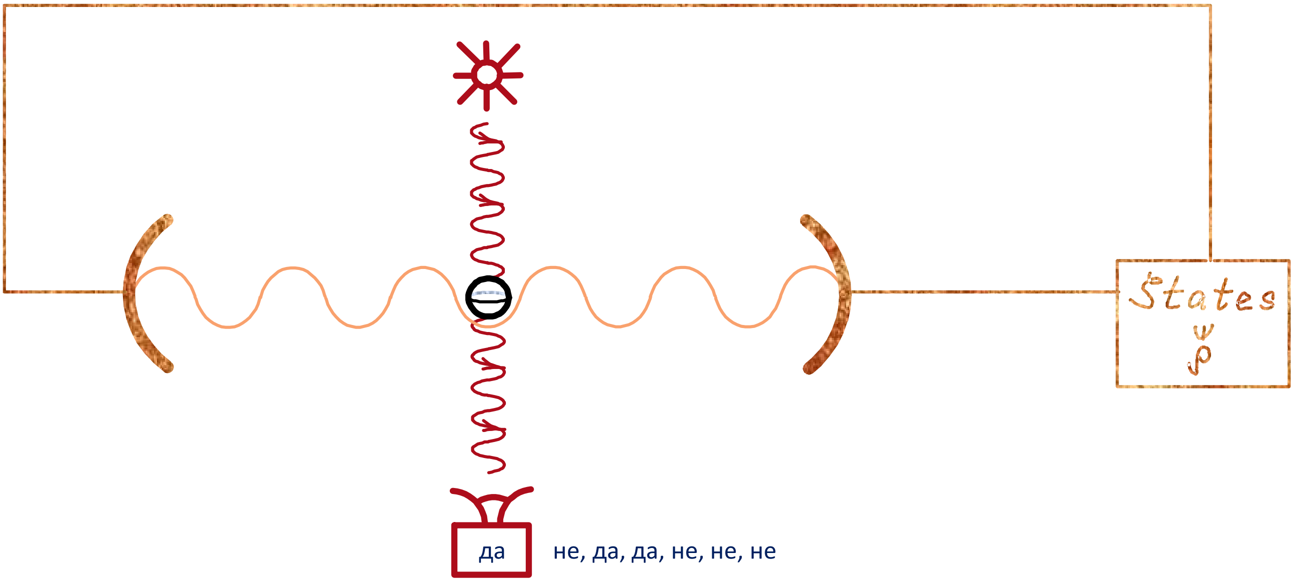


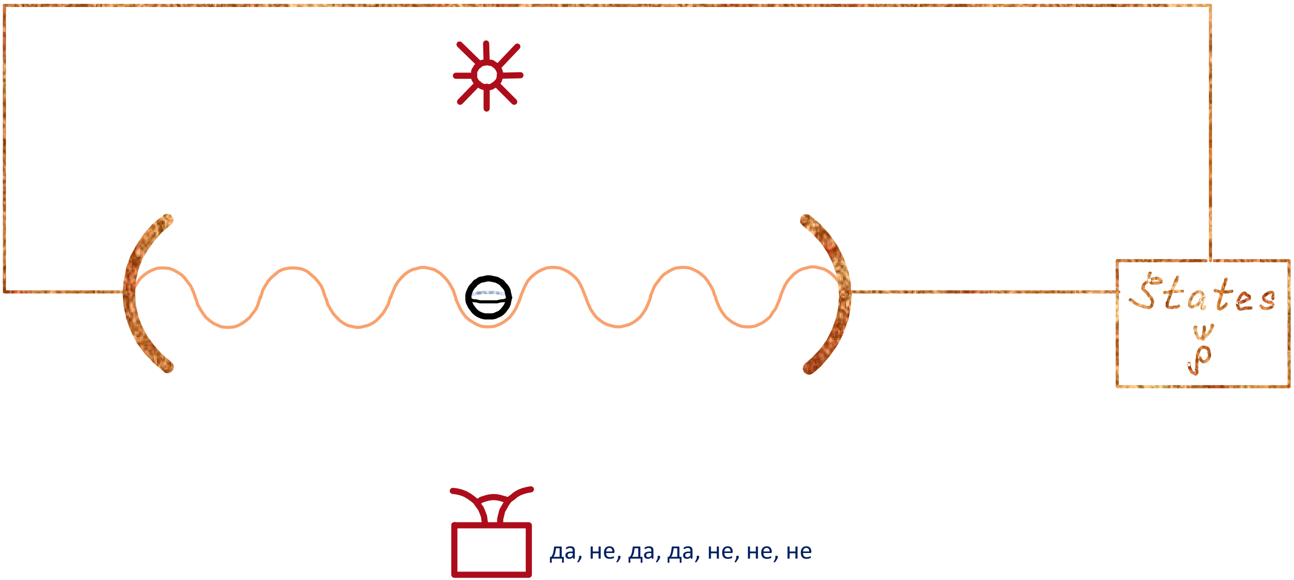
да, да, не, не, не

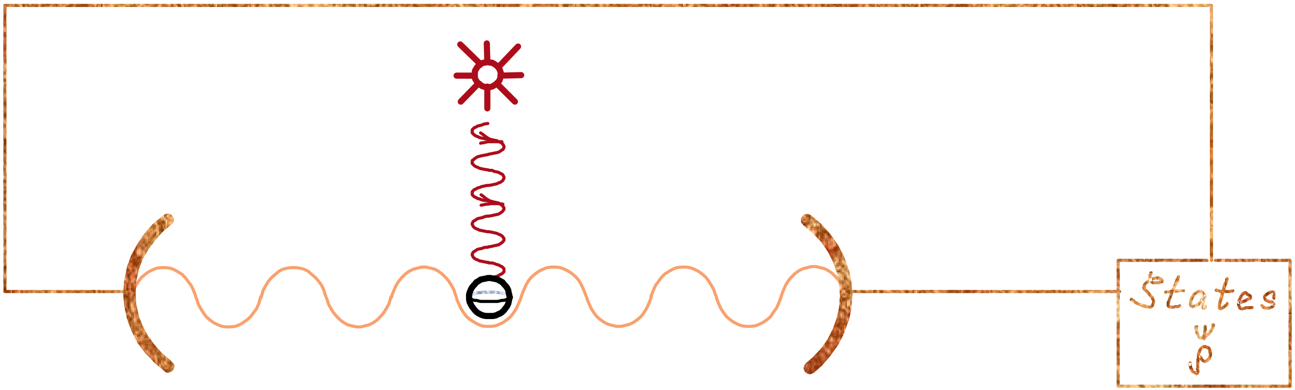

States
ψ
ρ
не, да, да, не, не, не

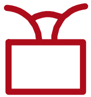

States
ψ
ρ


не, да, да, не, не, не

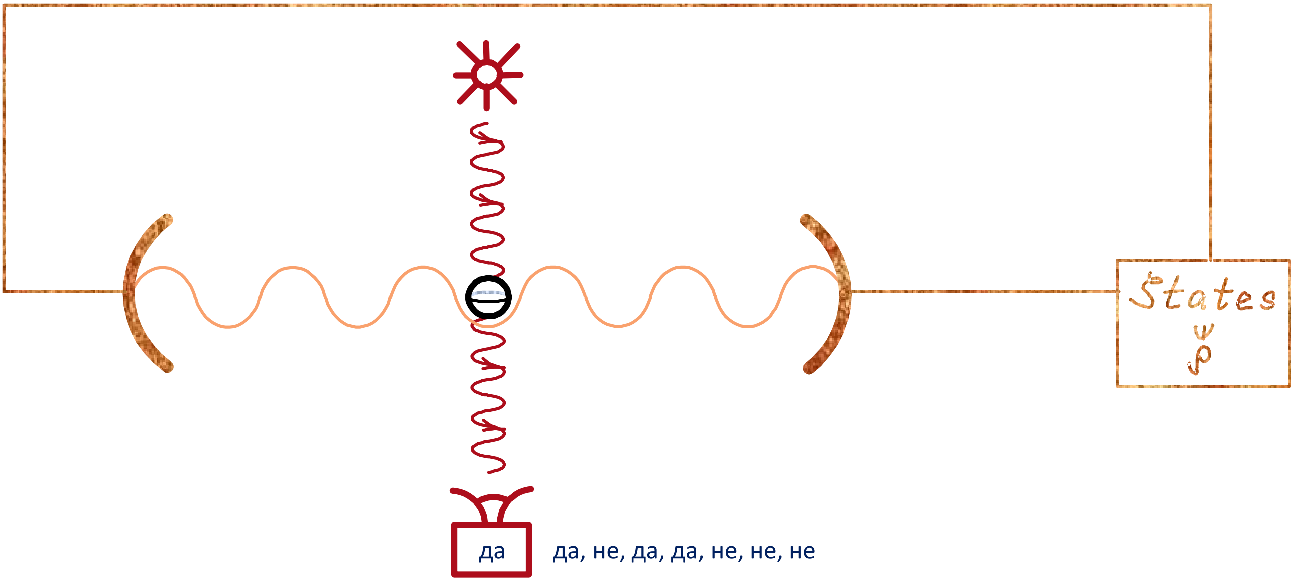

States
ψ
ρ
да
не, да, да, не, не, не


States
ψ
ρ
да, не, да, да, не, не, не

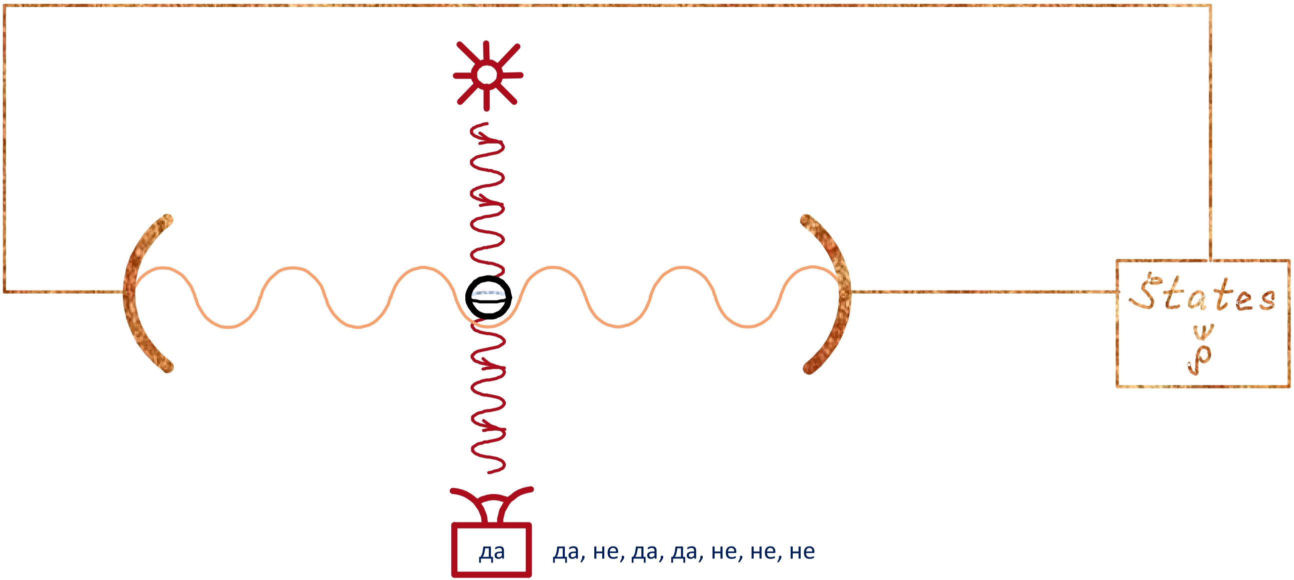




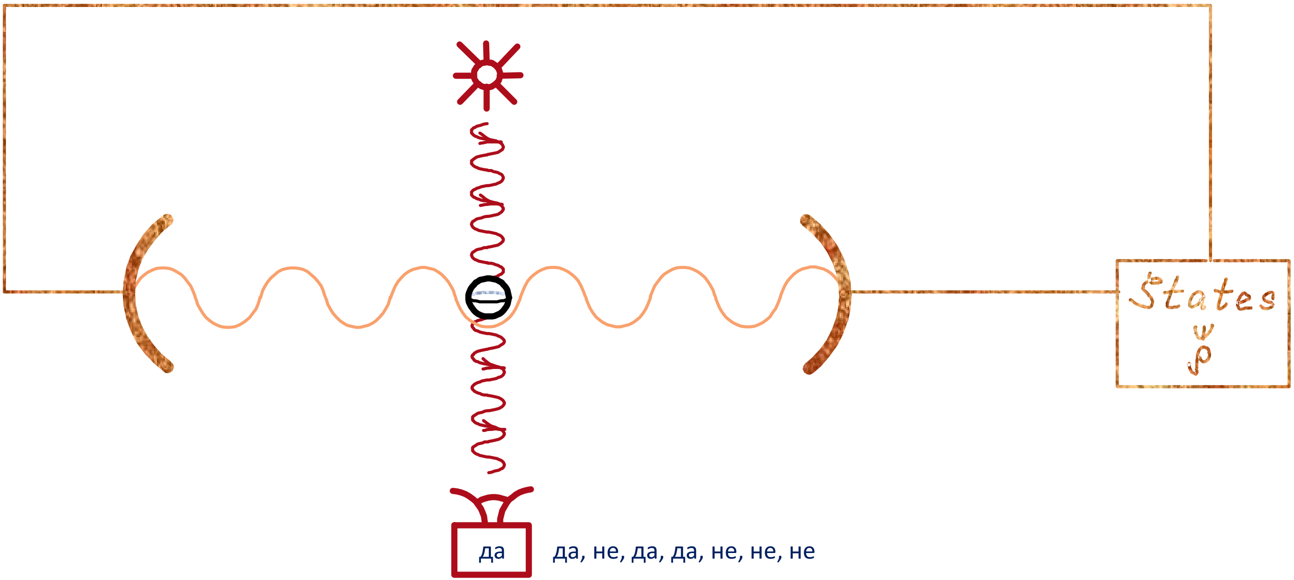
да, не, да, да, не, не, не


States
ψ
ρ
да
да, не, да, да, не, не, не

Теория на измерването: аксиоми и следствия

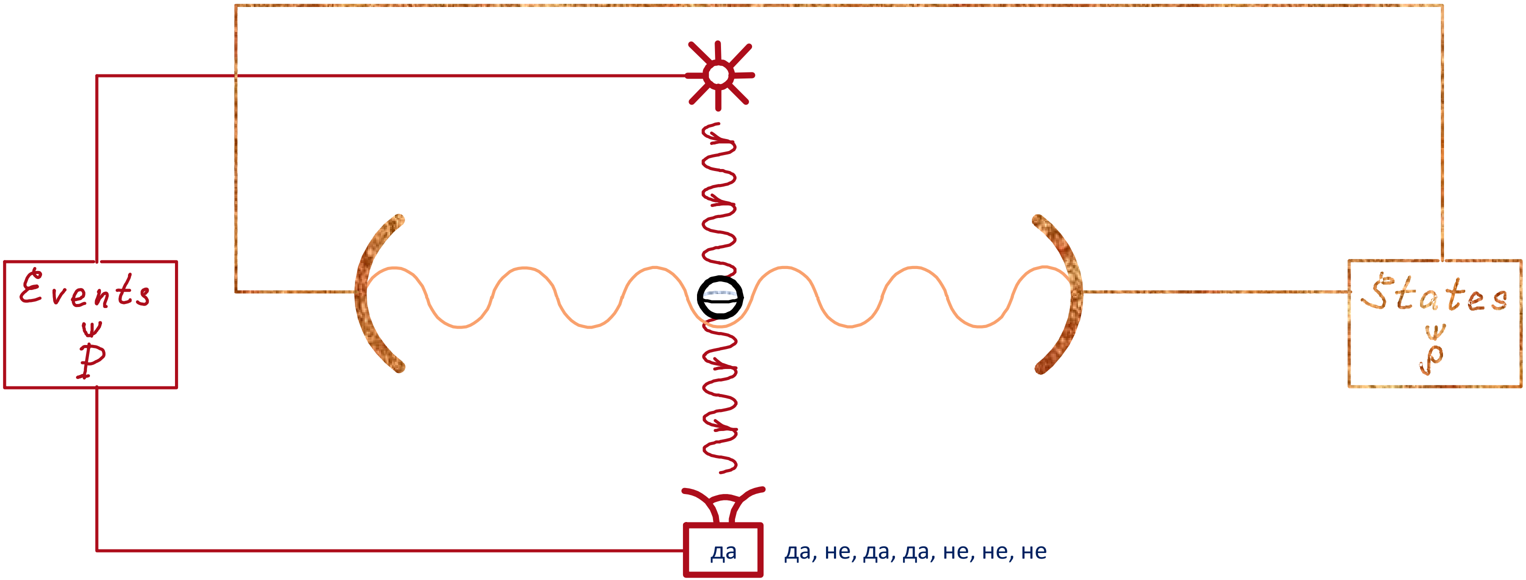


$$\lim_{N \to \infty} \frac{\text{брой "да" в } N \text{ последователни опита}}{N}$$



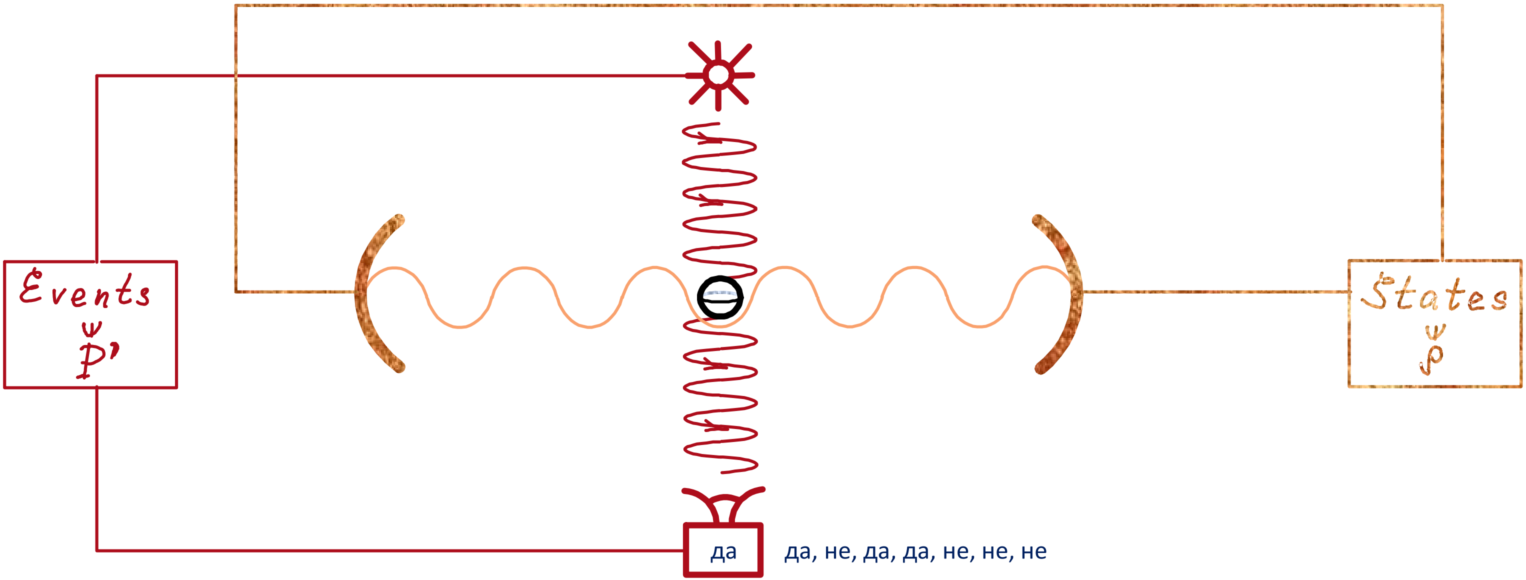
да, не, да, да, не, не, не

$$\mathrm{Prob}_\rho P = \lim_{N\to\infty} \frac{\text{брой "да" в } N \text{ последователни опита}}{N}$$

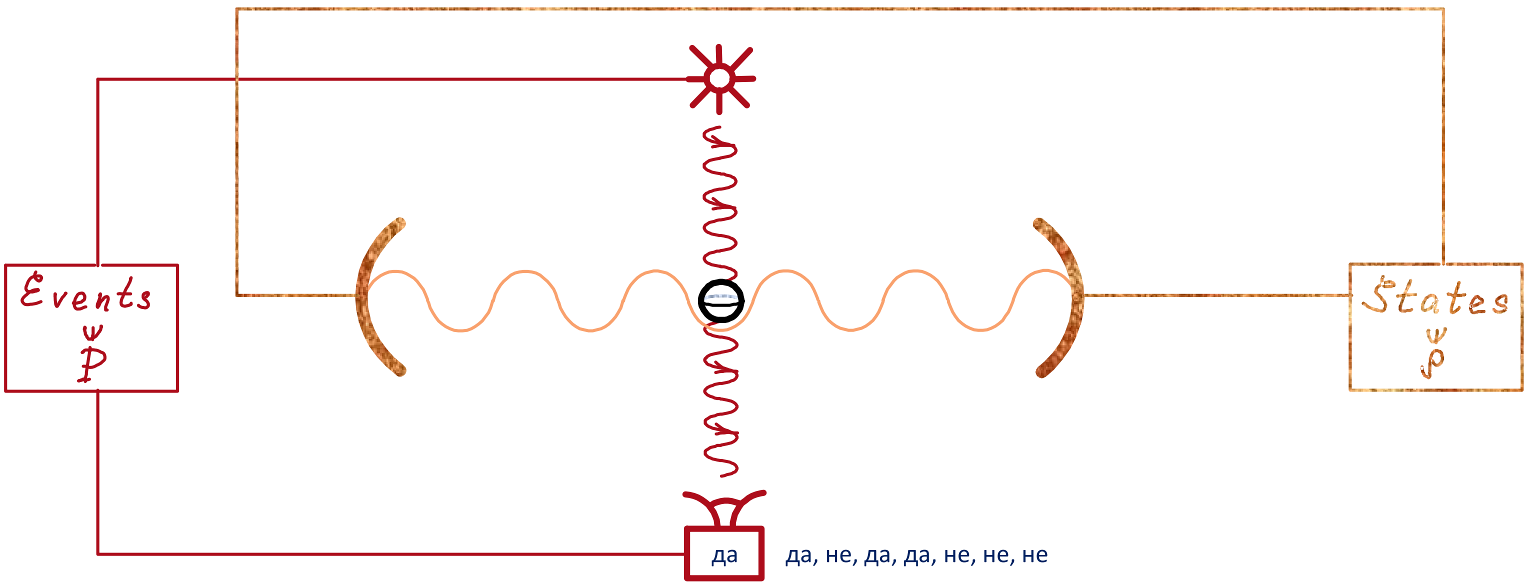


$$\mathrm{Prob}_\rho P = \lim_{N\to\infty} \frac{\text{брой "да" в } N \text{ последователни опита}}{N}$$

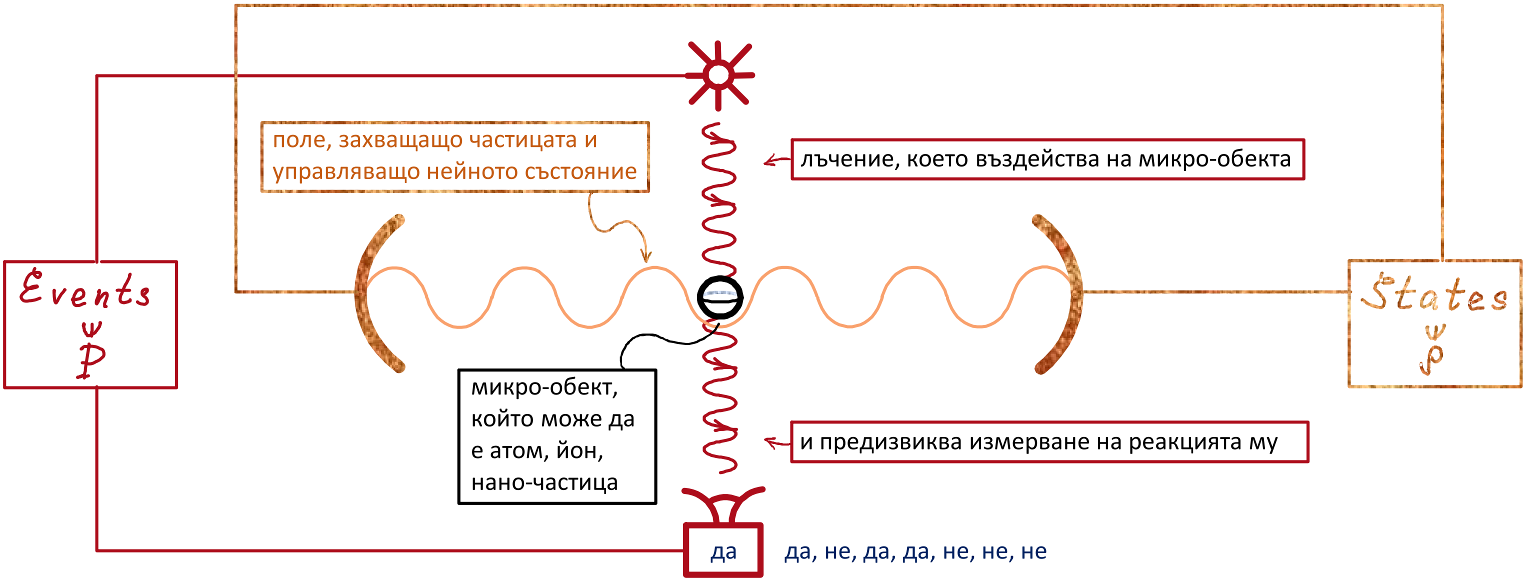
Теория на измерването: аксиоми и следствия



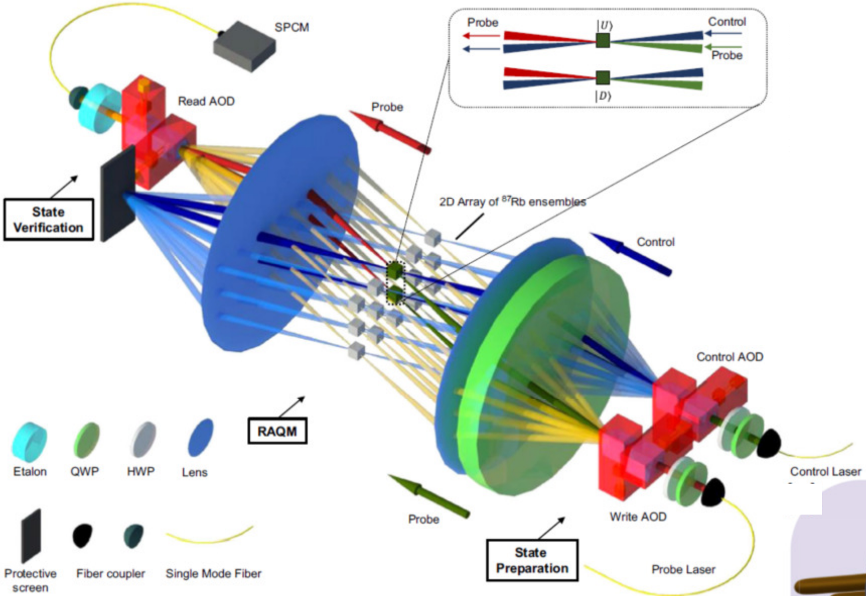
$$Prob_{\rho} P' = \lim_{N \to \infty} \frac{\text{брой "да" в } N \text{ последователни опита}}{N}$$

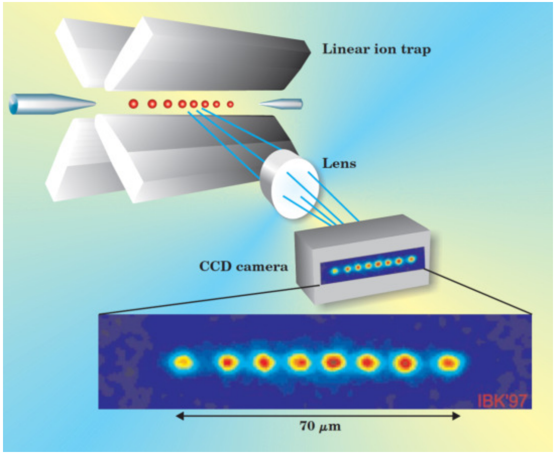


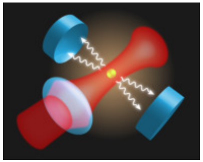
$$\mathrm{Prob}_\rho P = \lim_{N\to\infty} \frac{\text{брой "да" в } N \text{ последователни опита}}{N}$$

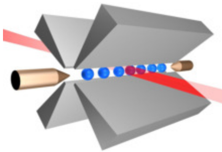


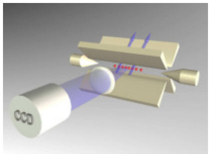
$$\mathrm{Prob}_{\rho} P = \lim_{N \to \infty} \frac{\text{брой "да" в } N \text{ последователни опита}}{N}$$

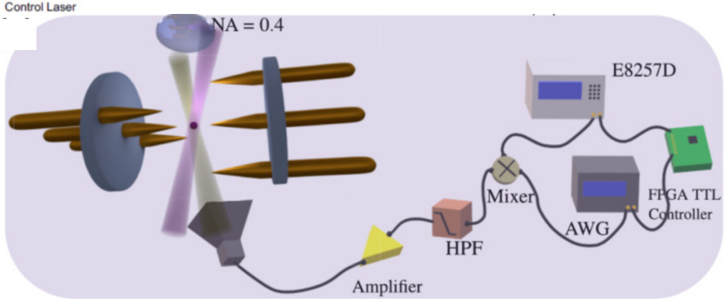

SPCM
Read AOD
Probe
State Verification
2D Array of ^{87}Rb ensembles
Control
Probe
Control
$|U\rangle$
Probe
$|D\rangle$
Control AOD
RAQM
Etalon
QWP
HWP
Lens
Control Laser
Probe
Write AOD
State Preparation
Probe Laser
Protective screen
Fiber coupler
Single Mode Fiber


Linear ion trap
Lens
CCD camera
IBK'97
70 μm

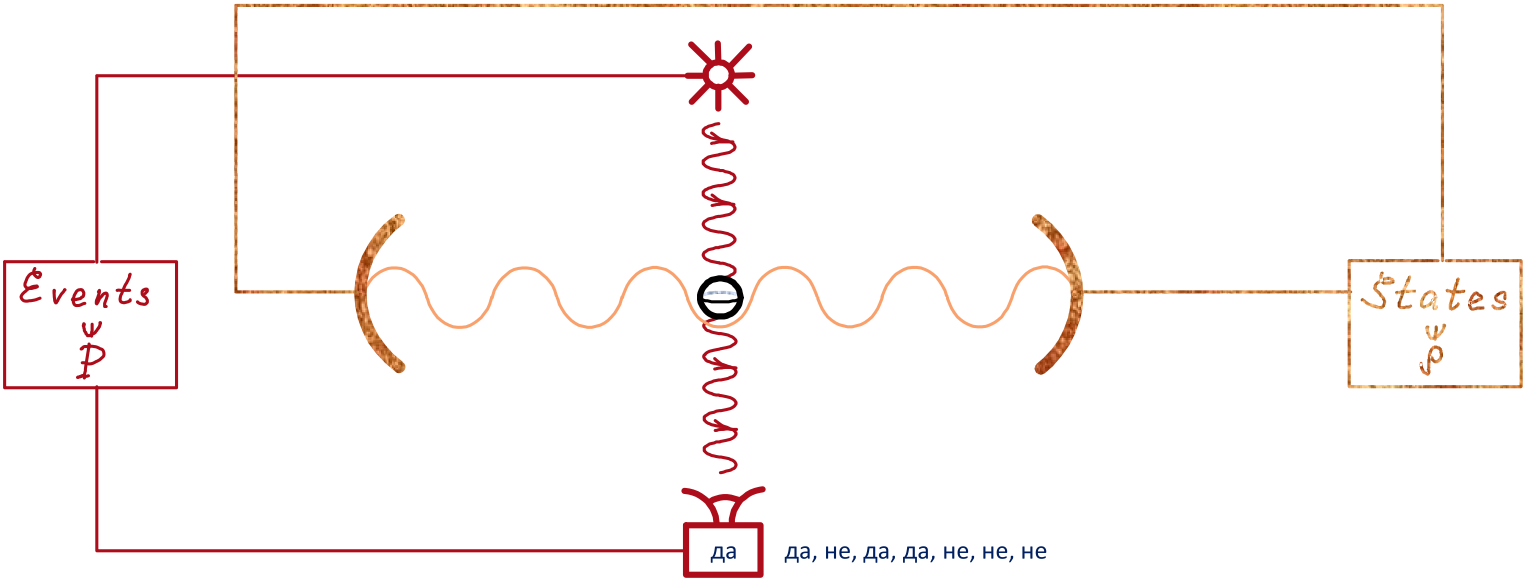





CCD


NA = 0.4
E8257D
Mixer
FPGA TTL Controller
AWG
HPF
Amplifier

Теория на измерването: аксиоми и следствия

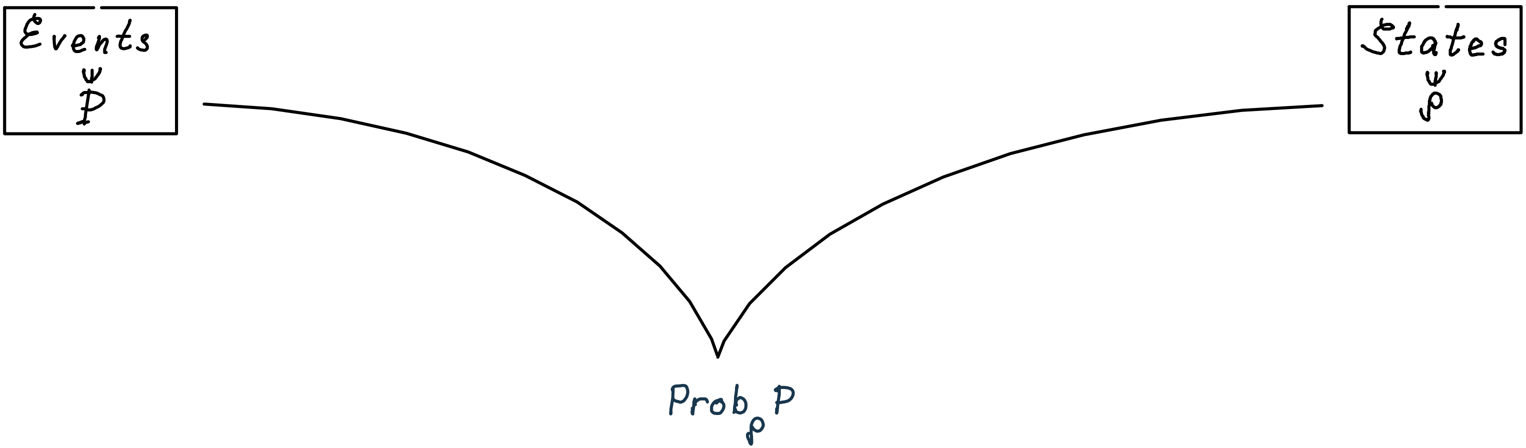


$$\mathrm{Prob}_{\rho} P = \lim_{N \to \infty} \frac{\text{брой "да" в } N \text{ последователни опита}}{N}$$

$\boxed{\text{Events} \ni P}$

$\boxed{\text{States} \ni \rho}$

$\mathrm{Prob}_{\rho}\, P$


Events $\ni P$
States $\ni \rho$
$\mathrm{Prob}_\rho P$

Квантовата теория описва отношението

$$\boxed{\text{субект}} \quad \longleftrightarrow \quad \boxed{\text{обект}}$$

Квантовата теория описва отношението

$$\boxed{\text{субект}} \longleftrightarrow \boxed{\text{обект}}$$

или, по-конкретно,

$$\boxed{\text{наблюдател}} \longleftrightarrow \boxed{\text{обект}}$$

Квантовата теория описва отношението

$$\boxed{\text{субект}} \qquad \longleftrightarrow \qquad \boxed{\text{обект}}$$

или, по-конкретно,

$$\boxed{\text{наблюдател}} \qquad \longleftrightarrow \qquad \boxed{\text{обект}}$$

представено от:

$$\begin{array}{ccc} \mathscr{Events} & & \mathscr{States} \\ \Cup & & \Cup \\ Q & & \rho \end{array}$$

$$Prob_{\rho}(Q) =: \boxed{\text{вероятност за регистриране на събитието } Q \text{ в съст. } \rho}$$

$$=: \rho(Q)$$

Квантовата теория описва отношението

$$\boxed{\text{субект}} \longleftrightarrow \boxed{\text{обект}}$$

или, по-конкретно,

$$\boxed{\text{наблюдател}} \longleftrightarrow \boxed{\text{обект}}$$

представено от:

$$\begin{array}{ccc} \mathscr{Events} & & \mathscr{States} \\ \rotatebox{90}{$\in$} & & \rotatebox{90}{$\in$} \\ Q & & \rho \end{array}$$

$$Prob_{\rho}(Q) =: \boxed{\begin{array}{l}\text{вероятност за регистриране} \\ \text{на събитието } Q \text{ в съст. } \rho\end{array}}$$

$$=: \rho(Q)$$

Квантовата теория описва отношението

$$\boxed{\text{субект}} \quad \longleftrightarrow \quad \boxed{\text{обект}}$$

или, по-конкретно,

$$\boxed{\text{наблюдател}} \quad \longleftrightarrow \quad \boxed{\text{обект}}$$

представено от:

$$\begin{array}{ccc} \mathscr{Events} & & \mathscr{States} \\ \rotatebox{90}{$\in$} & & \rotatebox{90}{$\in$} \\ Q & & \rho \end{array}$$

$$Prob_{\rho}(Q) =: \boxed{\text{вероятност за регистриране на събитието } Q \text{ в съст. } \rho}$$

$$=: \rho(Q)$$

Регистрирането на събитие или още казано, установяване на свойство на обект, е "активен процес".

То е нещо като "обичане на дреха върху обекта", като резултата е "става" / "не става".

При следваща регистрация на събитие, се "облича нова дреха", което може да заличи старата.

Квантовата теория описва отношението

$$\boxed{\text{субект}} \quad \longleftrightarrow \quad \boxed{\text{обект}}$$

или, по-конкретно,

$$\boxed{\text{наблюдател}} \quad \longleftrightarrow \quad \boxed{\text{обект}}$$

Квантовата теория описва отношението

$$\boxed{\xcancel{\text{субект}}} \quad \longleftrightarrow \quad \boxed{\text{обект}}$$

или, по-конкретно,

$$\boxed{\xcancel{\text{наблюдател}}} \quad \longleftrightarrow \quad \boxed{\text{обект}}$$

$\uparrow$

без да отстранява субекта / наблюдателя

Квантовата теория описва отношението

$$\boxed{\cancel{\text{субект}}} \longleftrightarrow \boxed{\text{обект}}$$

или, по-конкретно,

$$\boxed{\cancel{\text{наблюдател}}} \longleftrightarrow \boxed{\text{обект}}$$

без да отстранява субекта / наблюдателя

и да описва обектите "сами по себе си"

Квантовата теория описва отношението

$$\boxed{\cancel{\text{субект}}} \quad \longleftrightarrow \quad \boxed{\text{обект}}$$

или, по-конкретно,

$$\boxed{\cancel{\text{наблюдател}}} \quad \longleftrightarrow \quad \boxed{\text{обект}}$$

без да отстранява субекта / наблюдателя

и да описва обектите “сами по себе си”,

както се прави при класическото описание на природата.

Квантовата теория описва отношението

~~субект~~ $\longleftrightarrow$ обект

или, по-конкретно,

~~наблюдател~~ $\longleftrightarrow$ обект

без да отстранява субекта / наблюдателя

и да описва обектите “сами по себе си”,

както се прави при класическото описание на природата.

Проблемът: може ли да опишем квантовия свят по класически път е т.нар. “проблем за скритите параметри (hidden variables)”.

Еквивалентно: може ли да симулираме квантовите феномени на класически компютър.

Отговор: да – това е една от целите на квантовата теория.

Квантовата теория описва отношението

~~субект~~ $\longleftrightarrow$ обект

или, по-конкретно,

~~наблюдател~~ $\longleftrightarrow$ обект

без да отстранява субекта / наблюдателя

и да описва обектите “сами по себе си”,

както се прави при класическото описание на природата.

Това, което по принцип не може да се постигне, е при една такава симулация да е в сила, че на отделните части на света (напр., на отделни хора) *винаги* ще отговарят отделни части от паметта на класическия компютър, който извършва симулацията.

Квантовата теория описва отношението

$\boxed{\cancel{\text{субект}}} \longleftrightarrow \boxed{\text{обект}}$

или, по-конкретно,

$\boxed{\cancel{\text{наблюдател}}} \longleftrightarrow \boxed{\text{обект}}$

без да отстранява субекта / наблюдателя

и да описва обектите “сами по себе си”,

както се прави при класическото описание на природата.

Това следва от т.нар. теорема на Бел, която може да се изказва така: “ако има скрити параметри, то те не са локални”.

Тази теорема е част от раздела по съставни системи.

Квантовата теория описва отношението

~~субект~~ $\longleftrightarrow$ обект

или, по-конкретно,

~~наблюдател~~ $\longleftrightarrow$ обект

без да отстранява субекта / наблюдателя

и да описва обектите "сами по себе си",

както се прави при класическото описание на природата.

От друга страна, квантовото описание допуска локалност. Тя обаче идва преди всичко от наблюдателната страна.

Локалността е особено важна за т.нар. *квантова теория на полето* (Quantum Field Theory), която поради това също бива наричана "*локална квантова физика*" (Local Quantum Physics).

Допълнителни сведения за взаимоотношението между "наблюдателя" и "обекта" ще ни даде постулата за измерване от третия аксиоматичен раздел за "квантовите трансформации".

Допълнителни сведения за взаимоотношението между "наблюдателя" и "обекта" ще ни даде постулата за измерване от третия аксиоматичен раздел за "квантовите трансформации".

Понятието експеримент, което ще въведем още в първия аксиоматичен раздел ще ни даде "влагания" на "класически картини" в "квантовия свят".

Допълнителни сведения за взаимоотношението между “наблюдателя” и “обекта” ще ни даде постулата за измерване от третия аксиоматичен раздел за “квантовите трансформации”.

Понятието експеримент, което ще въведем още в първия аксиоматичен раздел ще ни даде “влагания” на “класически картини” в “квантовия свят”.

Допълнителни сведения за взаимоотношението между “наблюдателя” и “обекта” ще ни даде постулата за измерване от третия аксиоматичен раздел за “квантовите трансформации”.

Понятието експеримент, което ще въведем още в първия аксиоматичен раздел ще ни даде “влагания” на “класически картини” в “квантовия свят”.

При измерването състоянията в квантовия свят допълнително ще се трансформират в следствие на извличането на класическата картина.

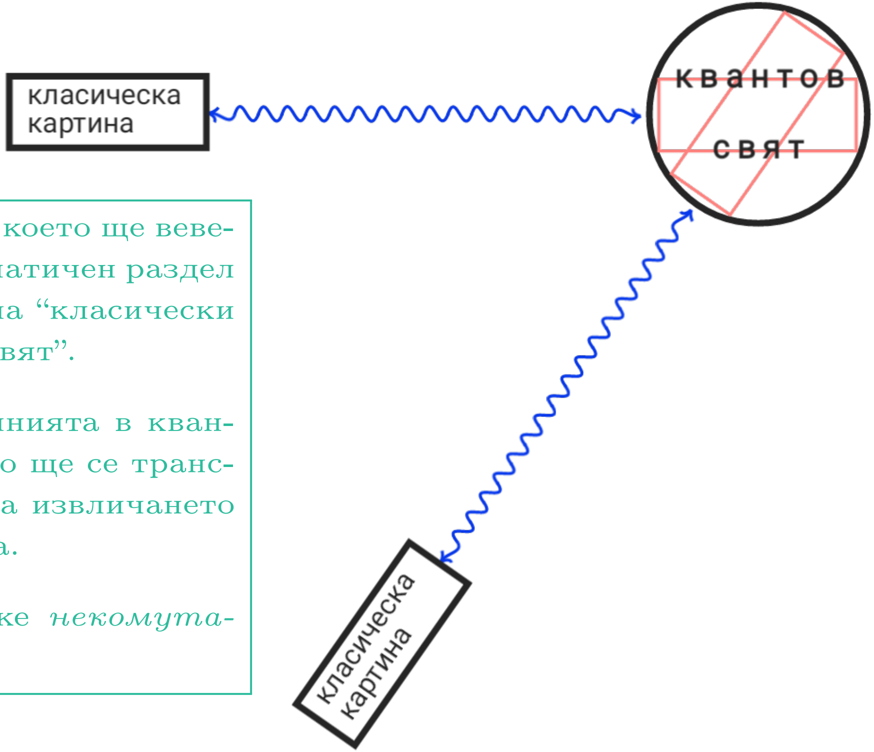
Допълнителни сведения за взаимоотношението между “наблюдателя” и “обекта” ще ни даде постулата за измерване от третия аксиоматичен раздел за “квантовите трансформации”.

Понятието експеримент, което ще веведем още в първия аксиоматичен раздел ще ни даде “влагания” на “класически картини” в “квантовия свят”.

При измерването състоянията в квантовия свят допълнително ще се трансформират в следствие на извличането на класическата картина.

Този процес ще се окаже *некомутативен*.

Допълнителни сведения за взаимоотношението между “наблюдателя” и “обекта” ще ни даде постулата за измерване от третия аксиоматичен раздел за “квантовите трансформации”.

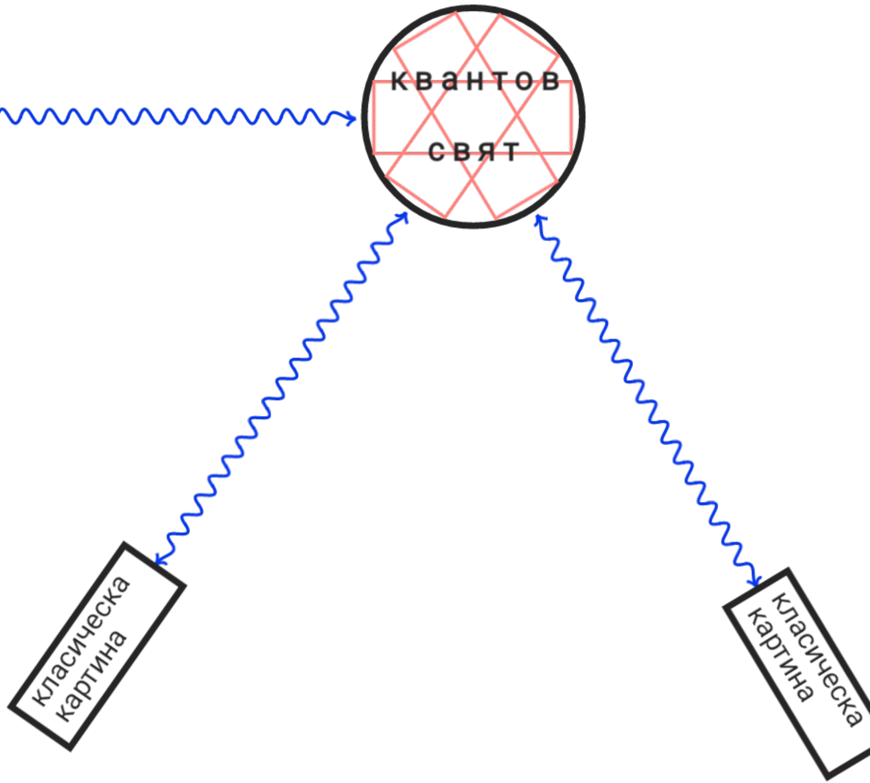


Понятието експеримент, което ще въведем още в първия аксиоматичен раздел ще ни даде “влагания” на “класически картини” в “квантовия свят”.

При измерването състоянията в квантовия свят допълнително ще се трансформират в следствие на извличането на класическата картина.

Този процес ще се окаже *некомутативен*.

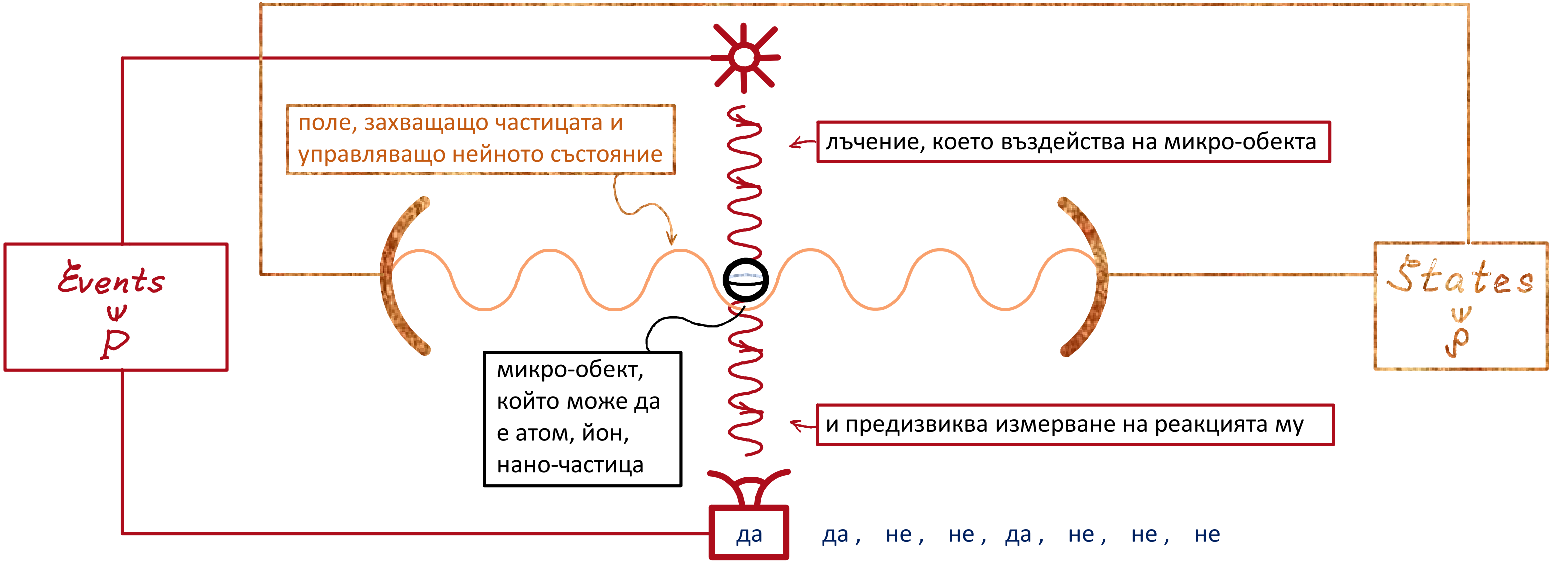
Допълнителни сведения за взаимоотношението между "наблюдателя" и "обекта" ще ни даде постулата за измерване от третия аксиоматичен раздел за "квантовите трансформации".



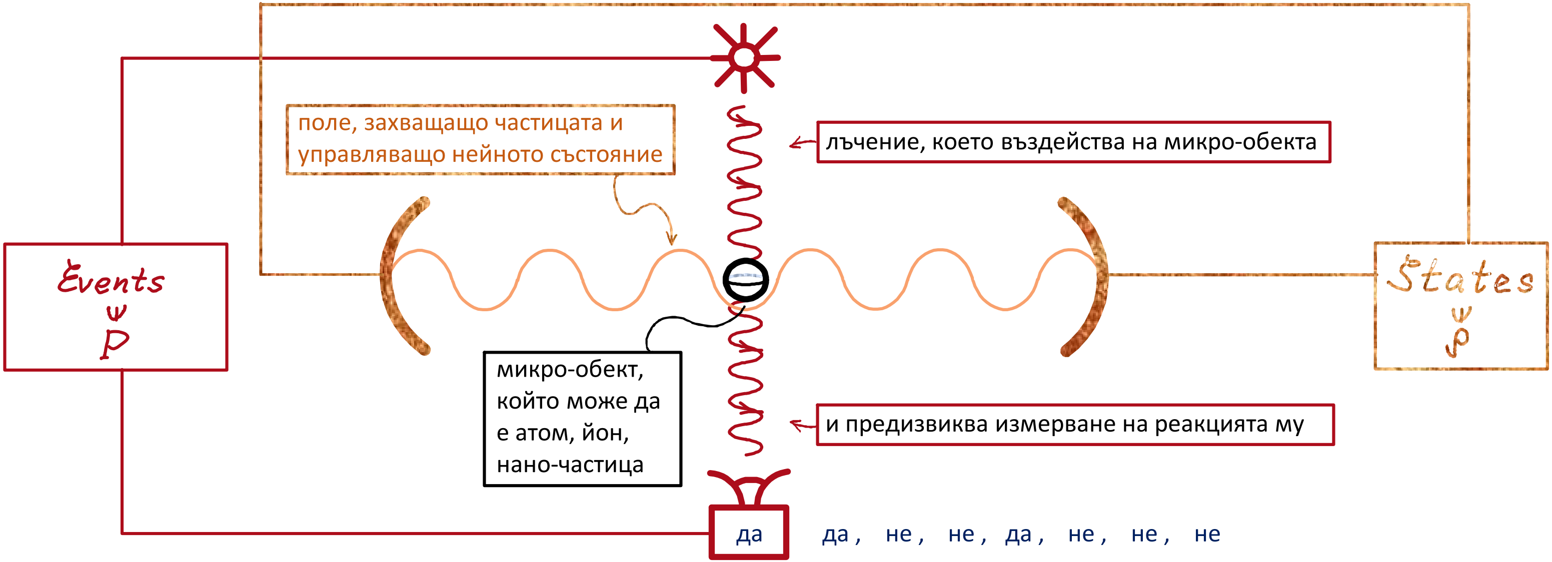
Понятието експеримент, което ще въведем още в първия аксиоматичен раздел ще ни даде "влагания" на "класически картини" в "квантовия свят".

При измерването състоянията в квантовия свят допълнително ще се трансформират в следствие на извличането на класическата картина.

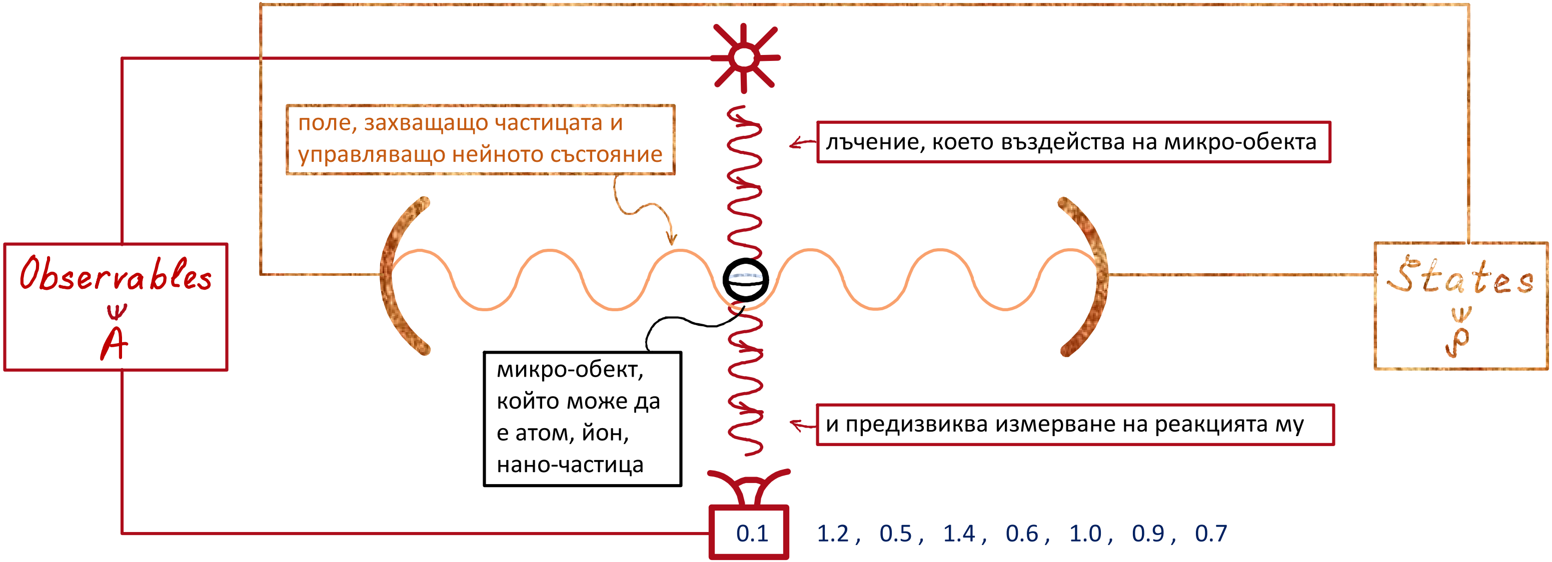
Този процес ще се окаже *некомутативен*.


поле, захващащо частицата и управляващо нейното състояние
лъчение, което въздейства на микро-обекта
Events
$\Downarrow$
P
States
$\Downarrow$
ρ
микро-обект, който може да е атом, йон, нано-частица
и предизвиква измерване на реакцията му
да
да , не , не , да , не , не , не

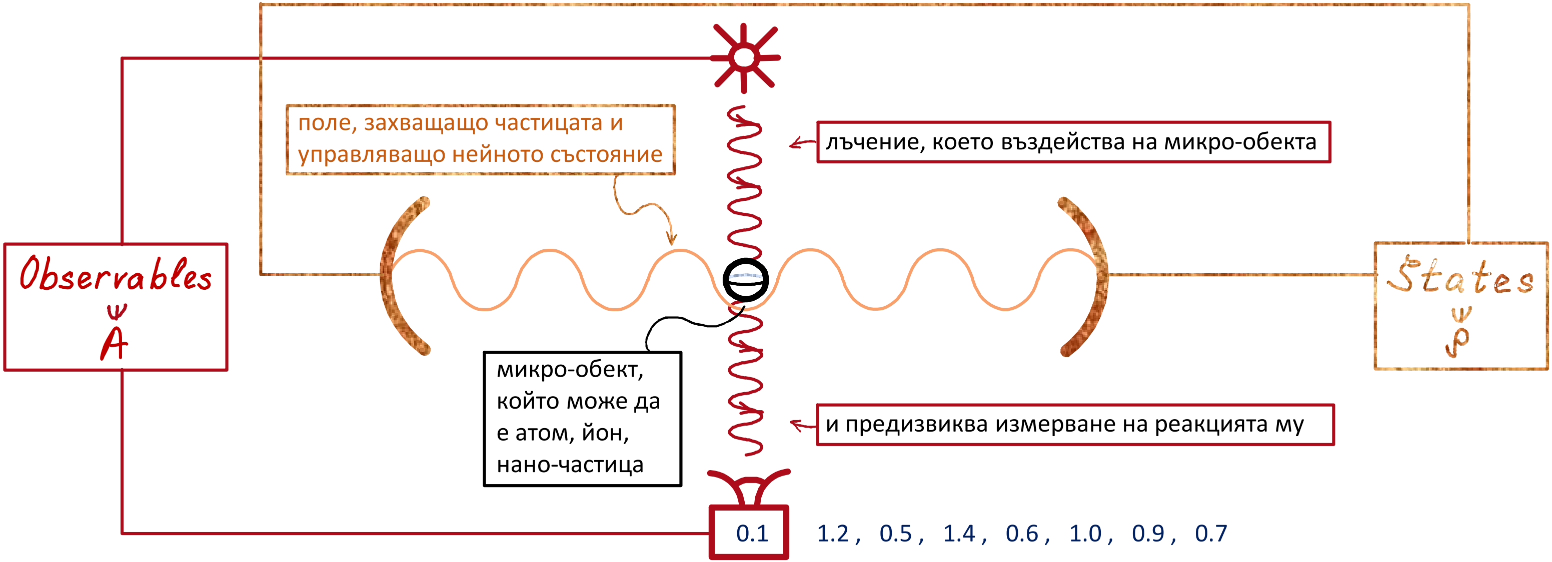
Наблюдаемата е експеримент, чийто резултати са числа.



Наблюдаемата е експеримент, чийто резултати са числа.

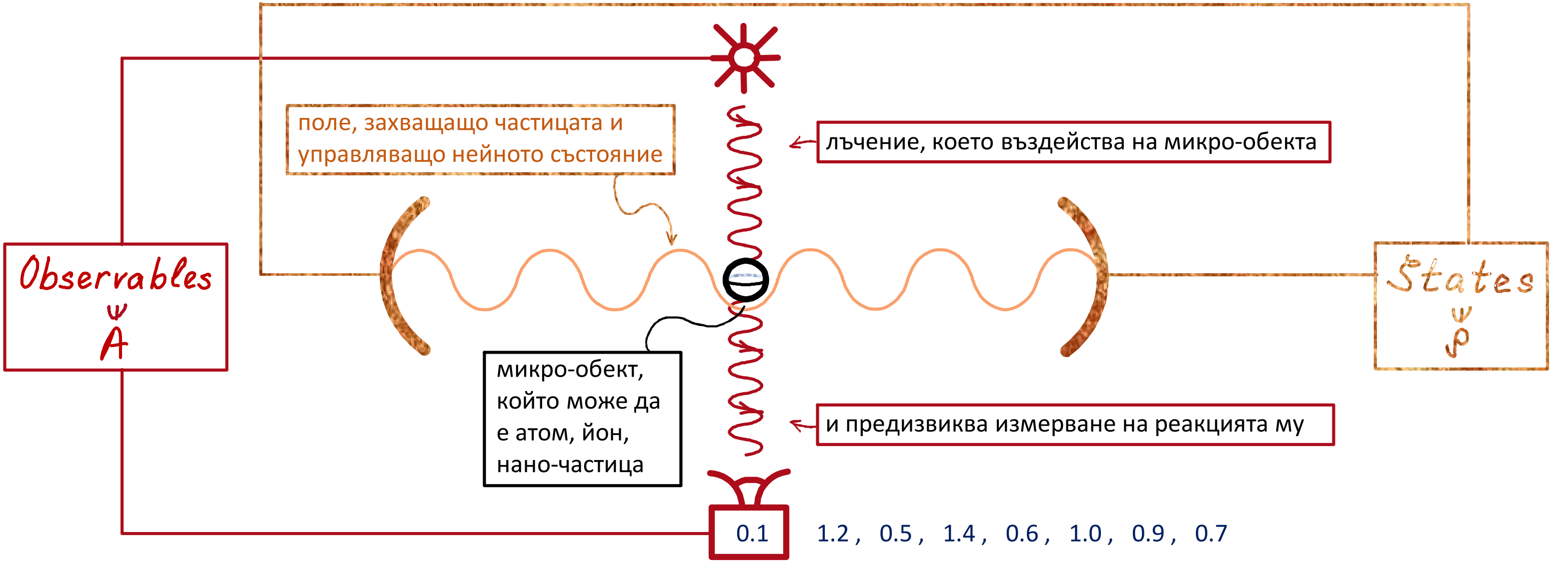


Наблюдаемата е експеримент, чийто резултати са числа.



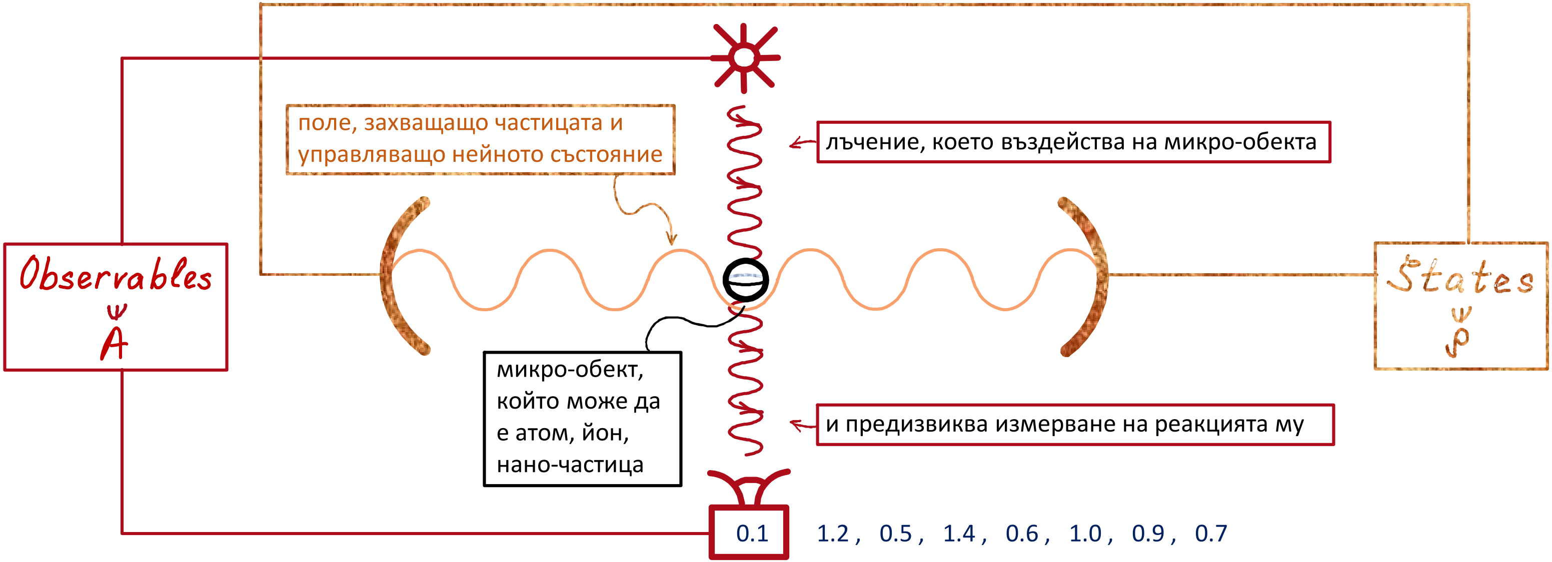
Средна стойност на A в $\rho =: \langle A \rangle_\rho =: \rho(A) := \lim\limits_{N\to\infty} \dfrac{a_1 + \cdots + a_N}{N}$

Наблюдаемата е експеримент, чийто резултати са числа.



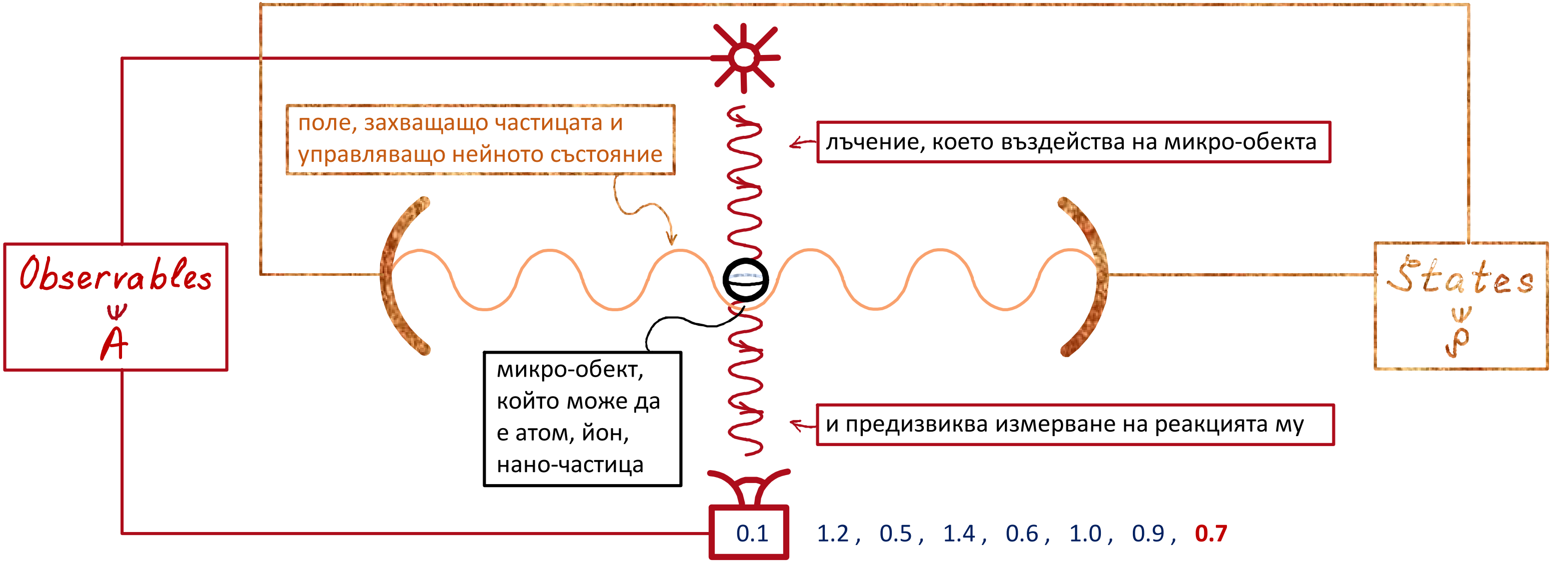
Средна стойност на A в ρ $=: \langle A\rangle_\rho =: \rho(A) := \lim\limits_{N\to\infty} \dfrac{a_1+\cdots+a_N}{N}$

Наблюдаемата е експеримент, чийто резултати са числа.



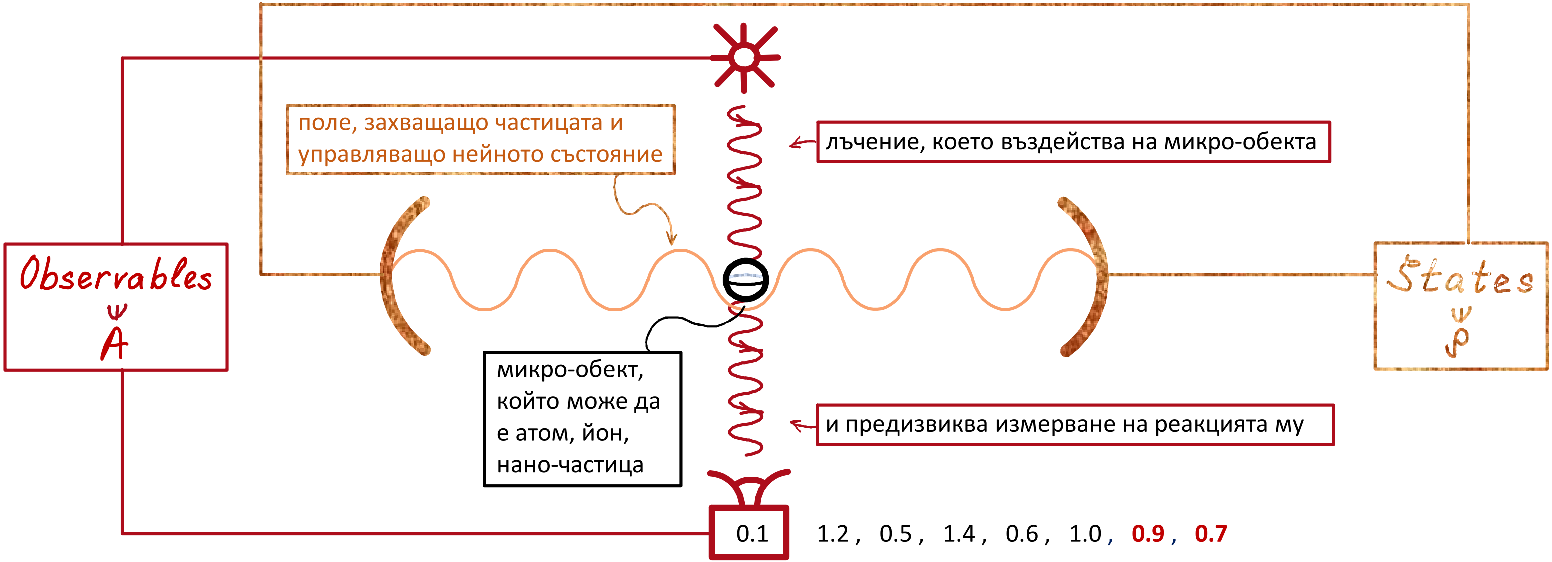
Средна стойност на A в ρ $=: \rho(A) := \lim\limits_{N\to\infty}\left(\frac{0.7}{1}, \frac{0.7+0.9}{2}, \dots, \frac{0.7+0.9+1.0+0.6+1.4+0.5+1.2+0.1}{8}, \dots\right)$

Наблюдаемата е експеримент, чийто резултати са числа.



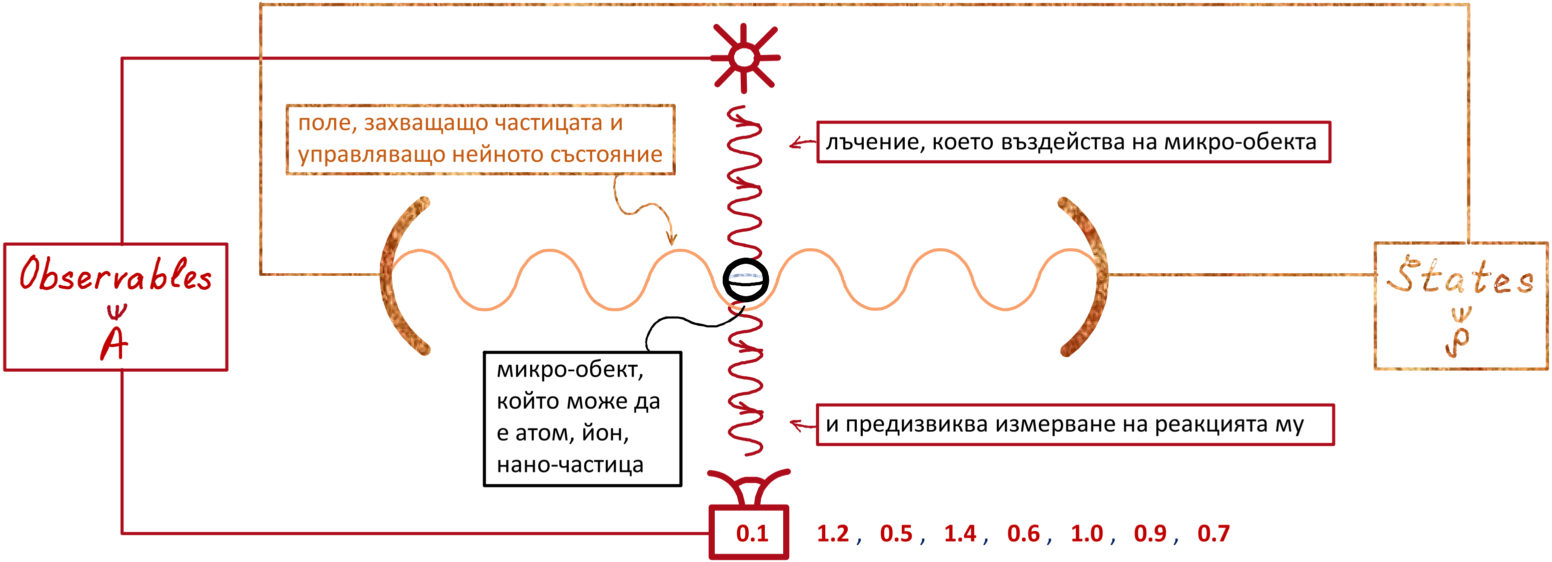
Средна стойност на A в ρ $=: \rho(A) := \lim_{N\to\infty}\left(\frac{0.7}{1}, \frac{0.7+0.9}{2}, \dots, \frac{0.7+0.9+1.0+0.6+1.4+0.5+1.2+0.1}{8}, \dots\right)$

Наблюдаемата е експеримент, чийто резултати са числа.



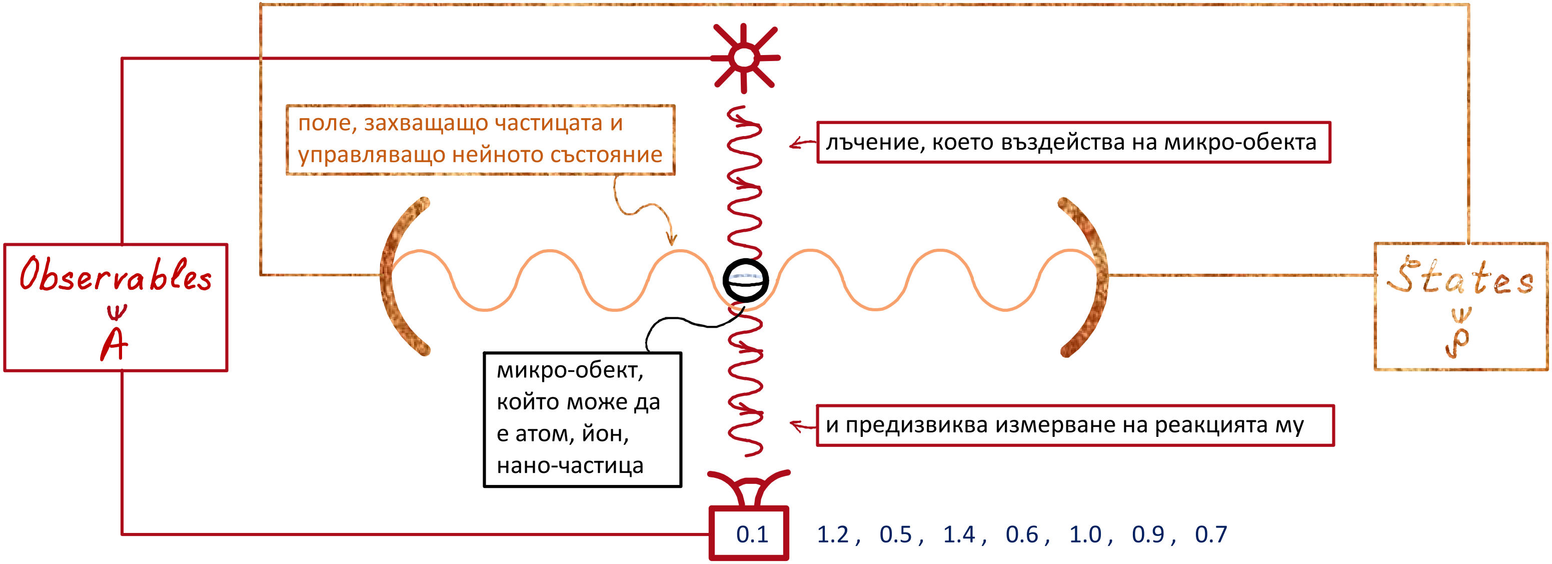
Средна стойност на A в ρ $=: \rho(A) := \lim_{N\to\infty}\left(\frac{0.7}{1}, \frac{0.7+0.9}{2}, \dots, \frac{0.7+0.9+1.0+0.6+1.4+0.5+1.2+0.1}{8}, \dots\right)$

Наблюдаемата е експеримент, чийто резултати са числа.



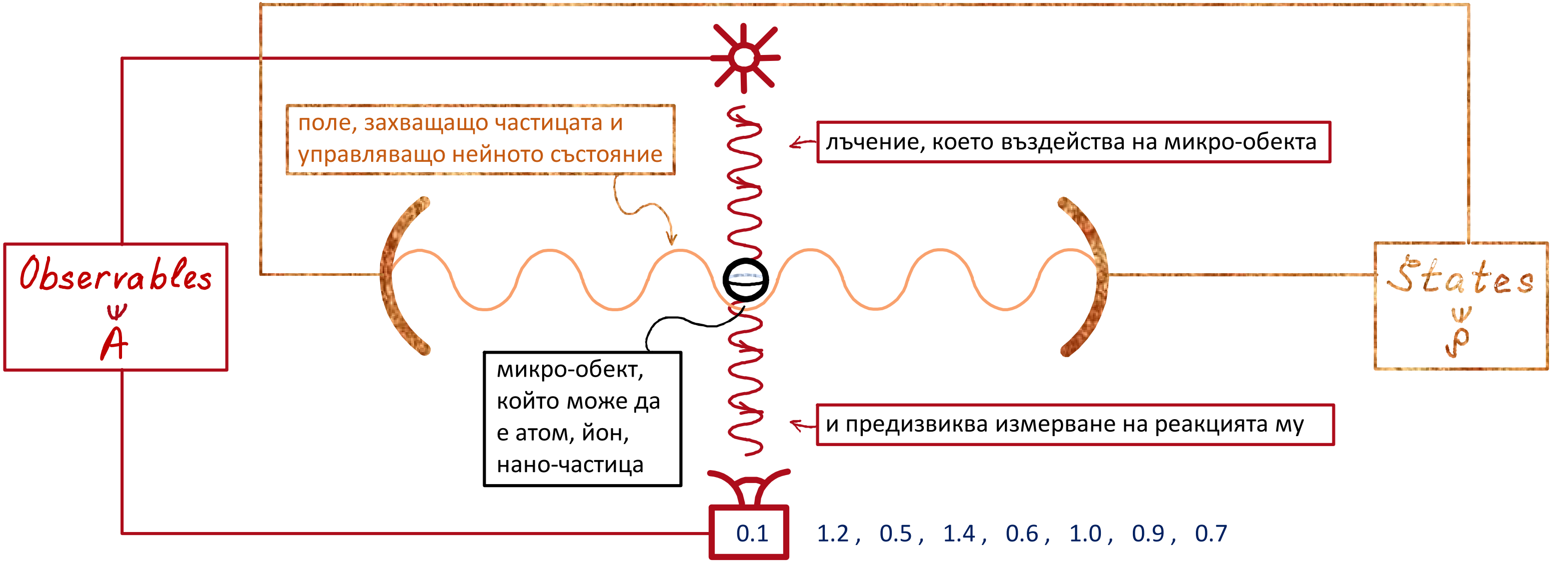
Средна стойност на A в ρ $=: \rho(A) := \lim\limits_{N\to\infty}\left(\frac{0.7}{1}, \frac{0.7+0.9}{2}, \dots, \frac{0.7+0.9+1.0+0.6+1.4+0.5+1.2+0.1}{8}, \dots\right)$

Наблюдаемата е експеримент, чийто резултати са числа.



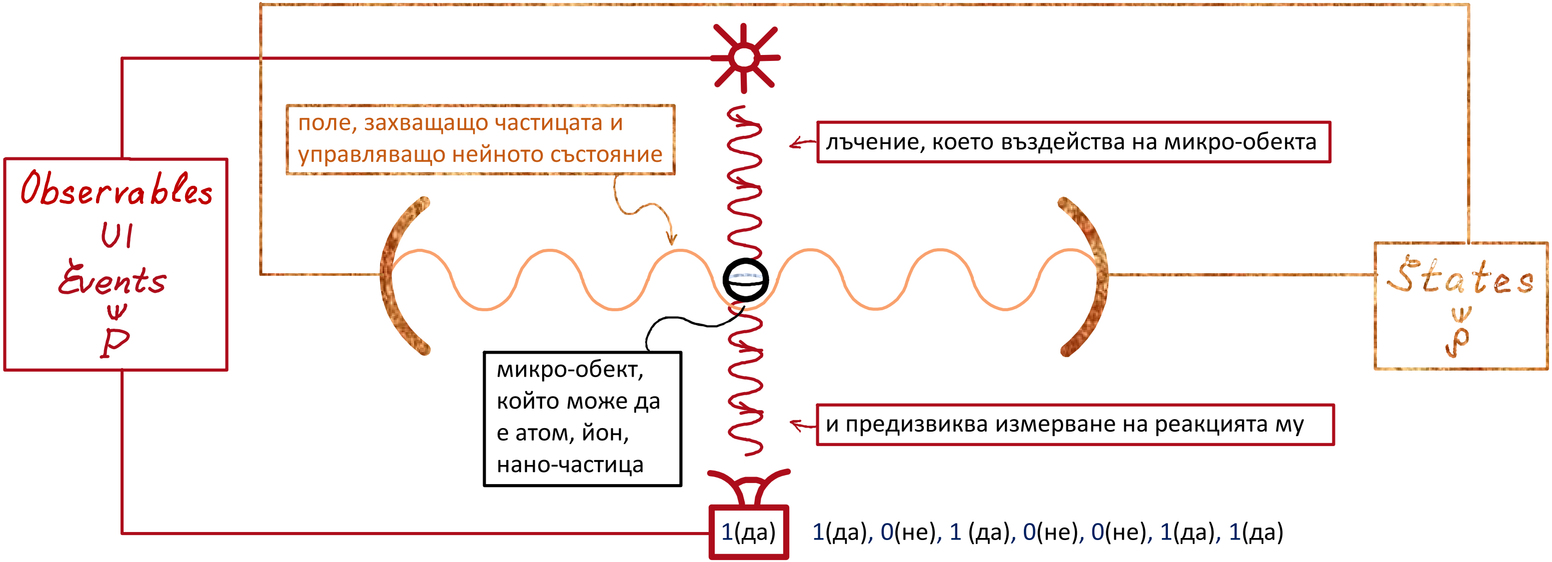
Средна стойност на A в ρ $=: \rho(A) := \lim\limits_{N\to\infty}\left(\frac{0.7}{1}, \frac{0.7+0.9}{2}, \dots, \frac{0.7+0.9+1.0+0.6+1.4+0.5+1.2+0.1}{8}, \dots\right)$

Наблюдаемата е експеримент, чийто резултати са числа.



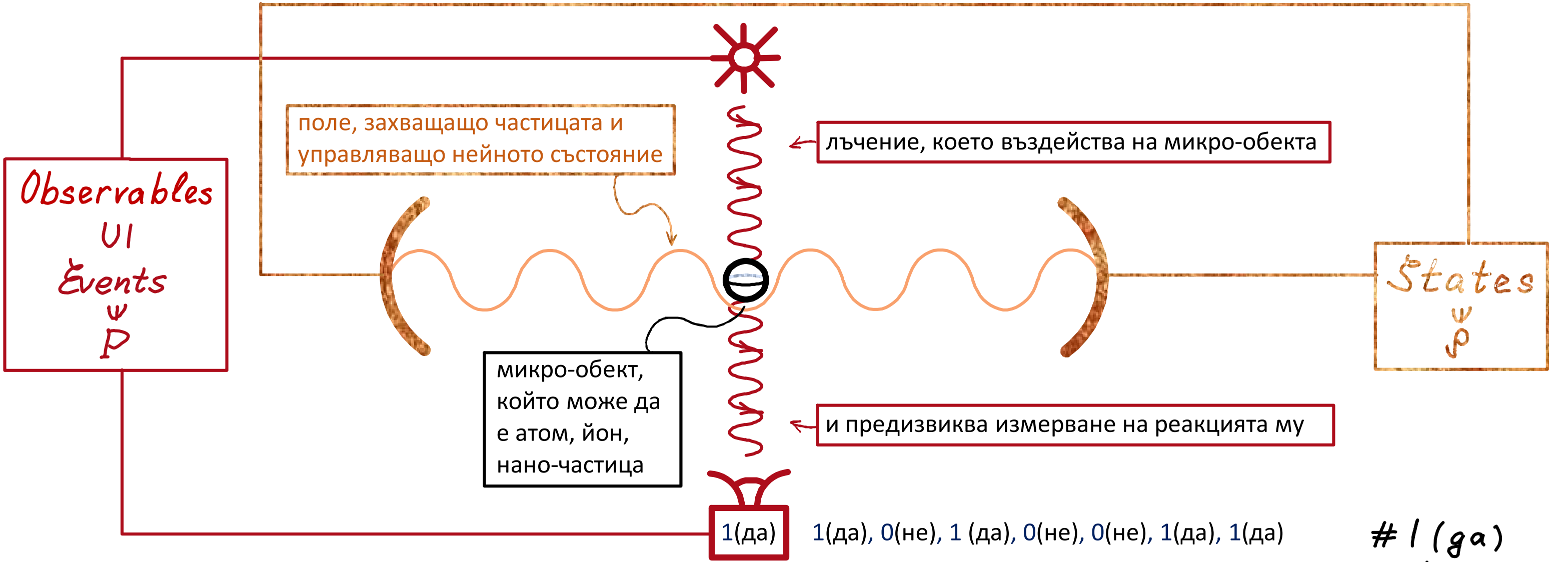
Средна стойност на A в ρ $=: \langle A \rangle_\rho =: \rho(A) := \lim\limits_{N\to\infty} \dfrac{a_1 + \cdots + a_N}{N}$

Събитията ще бъдат разглеждани като наблюдаеми със стойности 1(да) и 0(не).



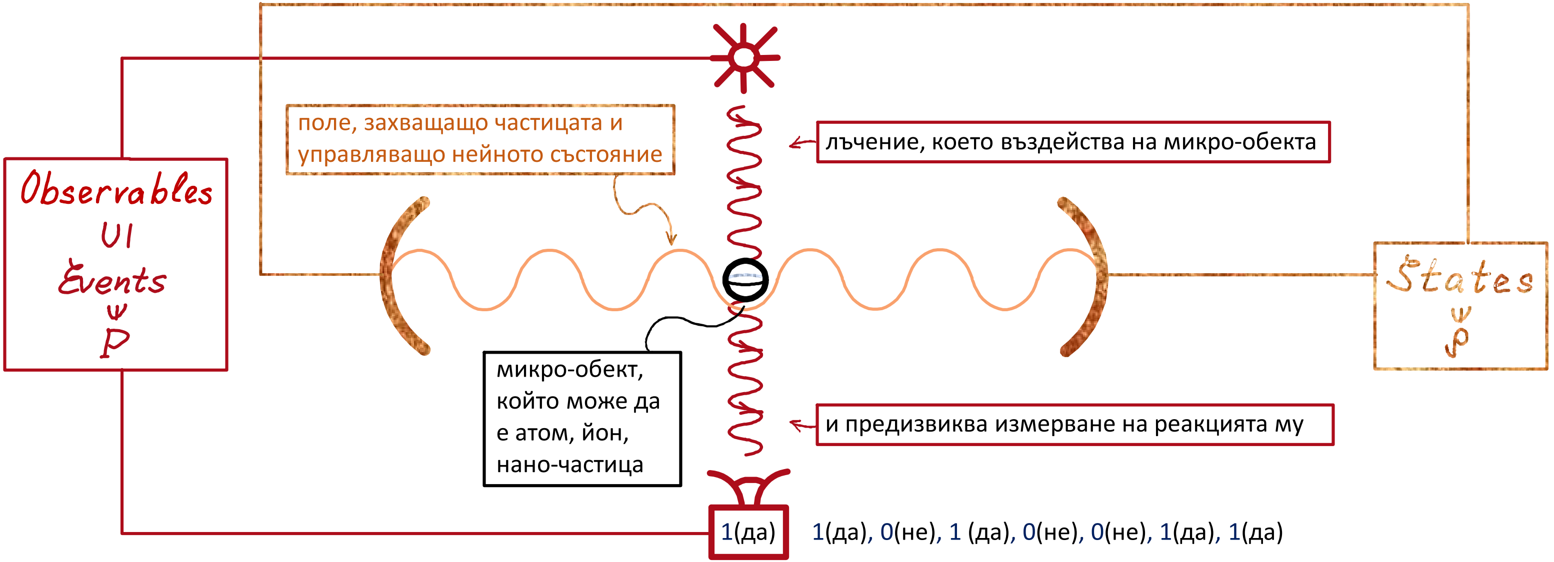
Средна стойност на P в ρ $=: \langle P \rangle_\rho =: \rho(P) := \lim\limits_{N\to\infty} \dfrac{a_1 + \cdots + a_N}{N}$

Събитията ще бъдат разглеждани като наблюдаеми със стойности 1(да) и 0(не).



Средна стойност на P в ρ $=: \langle P \rangle_\rho =: \rho(P) := \lim\limits_{N\to\infty} \dfrac{\overbrace{a_1 + \cdots + a_N}^{\#1(\text{да})}}{N}$

Събитията ще бъдат разглеждани като наблюдаеми със стойности 1 (да) и 0 (не).



Средна стойност на P в $\rho =: \langle P \rangle_\rho =: \rho(P) \equiv \mathrm{Prob}_\rho P$

- Събитията ще бъдат разглеждани като наблюдаеми със стойности 1 (да) и 0 (не).

- Средната стойност на едно събитие, разглеждано, като наблюдаема е равна на неговата вероятност:

$$\text{Средна стойност на } P \text{ в } \rho =: \langle P \rangle_\rho =: \rho(P) := \lim_{N\to\infty} \frac{\overbrace{a_1 + \cdots + a_N}^{\#1\,(\text{да})}}{N} \equiv \mathrm{Prob}_\rho P$$

- Събитията ще бъдат разглеждани като наблюдаеми със стойности 1 (да) и 0 (не).

- Средната стойност на едно събитие, разглеждано, като наблюдаема е равна на неговата вероятност:

$$\text{Средна стойност на } P \text{ в } \rho =: \langle P \rangle_\rho =: \rho(P) := \lim_{N\to\infty} \frac{\overbrace{a_1 + \cdots + a_N}^{\#1\,(\text{да})}}{N} \equiv \mathrm{Prob}_\rho\, P$$

тоест, ρ : $\text{Events} \longrightarrow [0,1]$ се продължава, като функция

$$\begin{array}{ccc} \text{Events} & \longrightarrow & [0,1] \\ \cap\!\downarrow & & \cap\!\downarrow \\ \text{Observables} & \longrightarrow & \mathbb{R} \end{array}$$

("диаграмата се затваря до комутативна")

Теория на измерването: аксиоми и следствия

В алгебричния подход състоянията ρ се разширяват, като функции не само в изходната (дефиниционната) им област:

$$\mathrm{Events} \subseteq \mathrm{Observables},$$

разширява се и областта на стойностите им: $[0,1] \subseteq \mathbb{R}$.

Това е така, понеже средните стойностти, за разлика от вероятностите, могат да бъдат произволни реални числа.

$$\begin{tikzcd}
\rho : \mathrm{Events} \arrow[r] \arrow[d, phantom, "\cap\downarrow"] & {[0,1]} \arrow[d, phantom, "\cap\downarrow"] \\
\mathrm{Observables} \arrow[r] & \mathbb{R}
\end{tikzcd}$$

се продължава, като функция

(„диаграмата се затваря до комутативна")

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем : какво се случва след измерване

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем : какво се случва след измерване

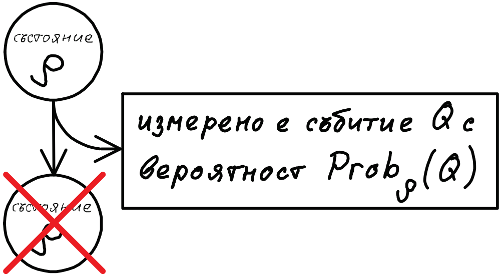
Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване

състояние ρ

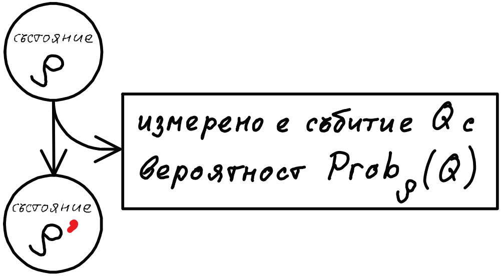
измерено е събитие Q с вероятност $\mathrm{Prob}_\rho(Q)$

Основен проблем: какво се случва след измерване



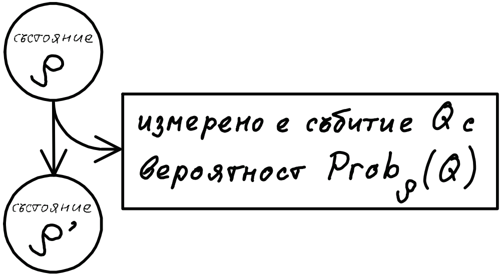
Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване



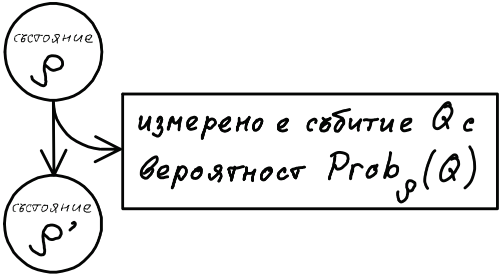
Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване

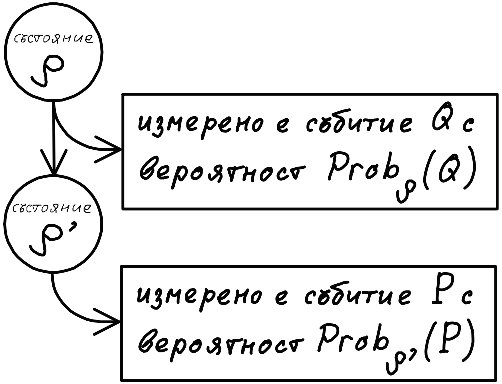


Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = \,?$



Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$



Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

състояние ρ

измерено е събитие Q с вероятност $\mathrm{Prob}_{\rho}(Q)$

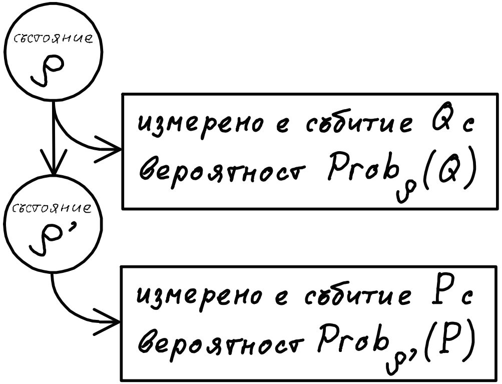
състояние ρ'

измерено е събитие P с вероятност $\mathrm{Prob}_{\rho'}(P)$ $:= \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)$

квантова условна вероятност

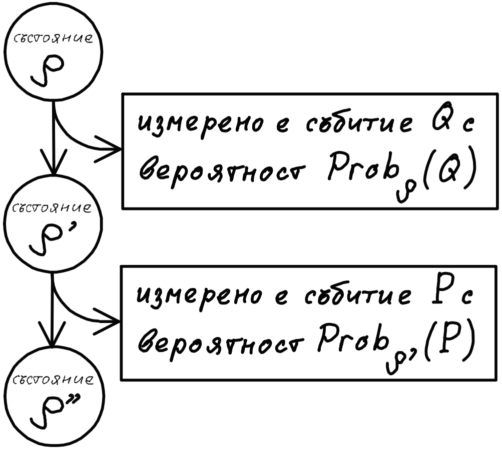
Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$



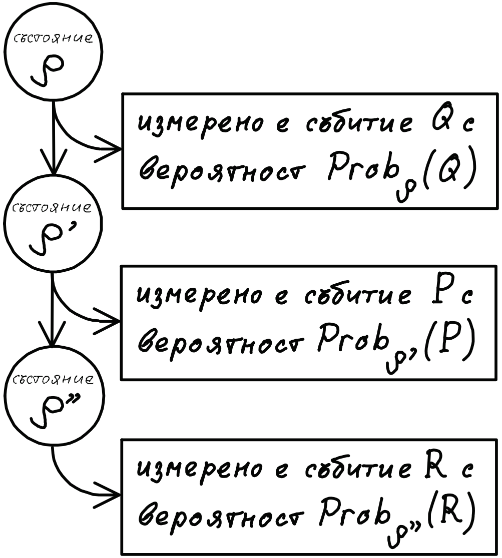
Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

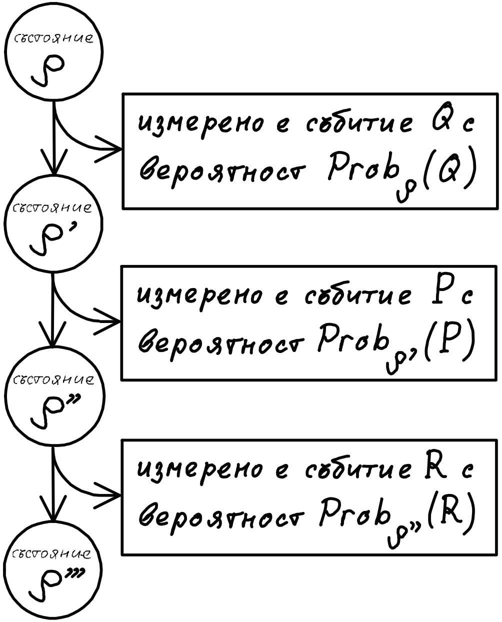


Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

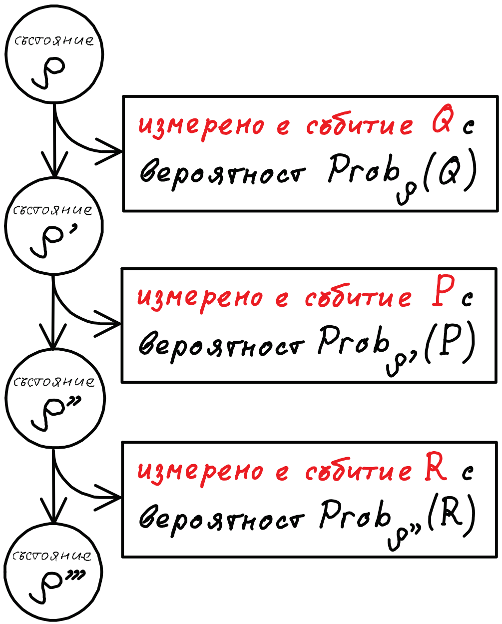


Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

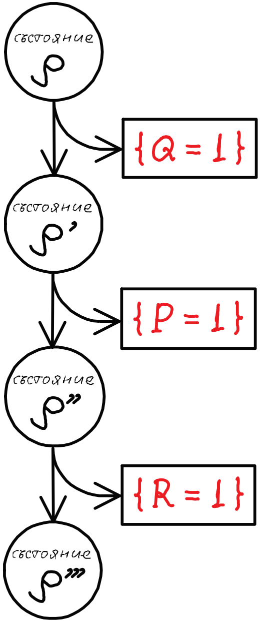


Теория на измерването: аксиоми и следствия

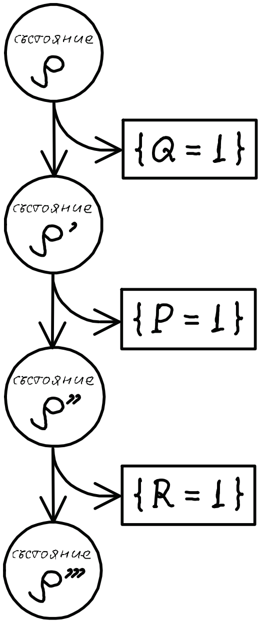
Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \underset{\{Q=1\}}{\longmapsto} \rho' = ?$



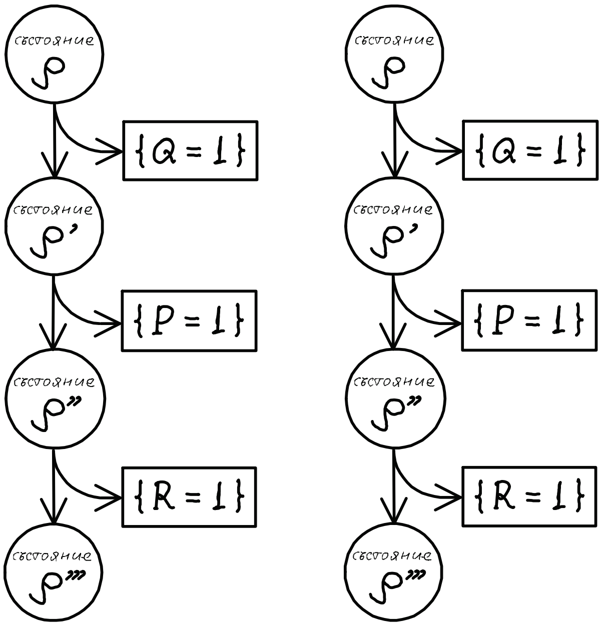
Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$



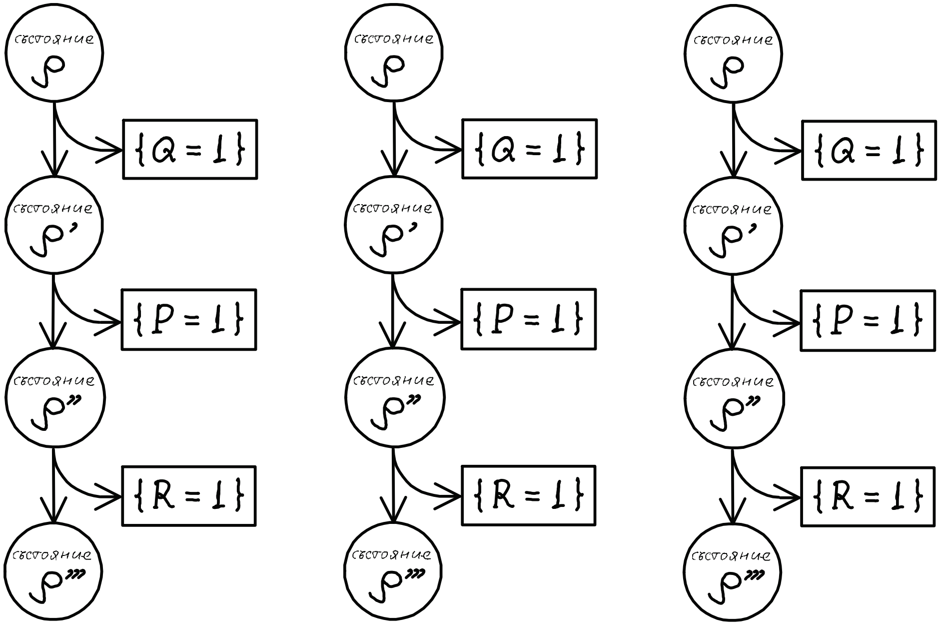
Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$



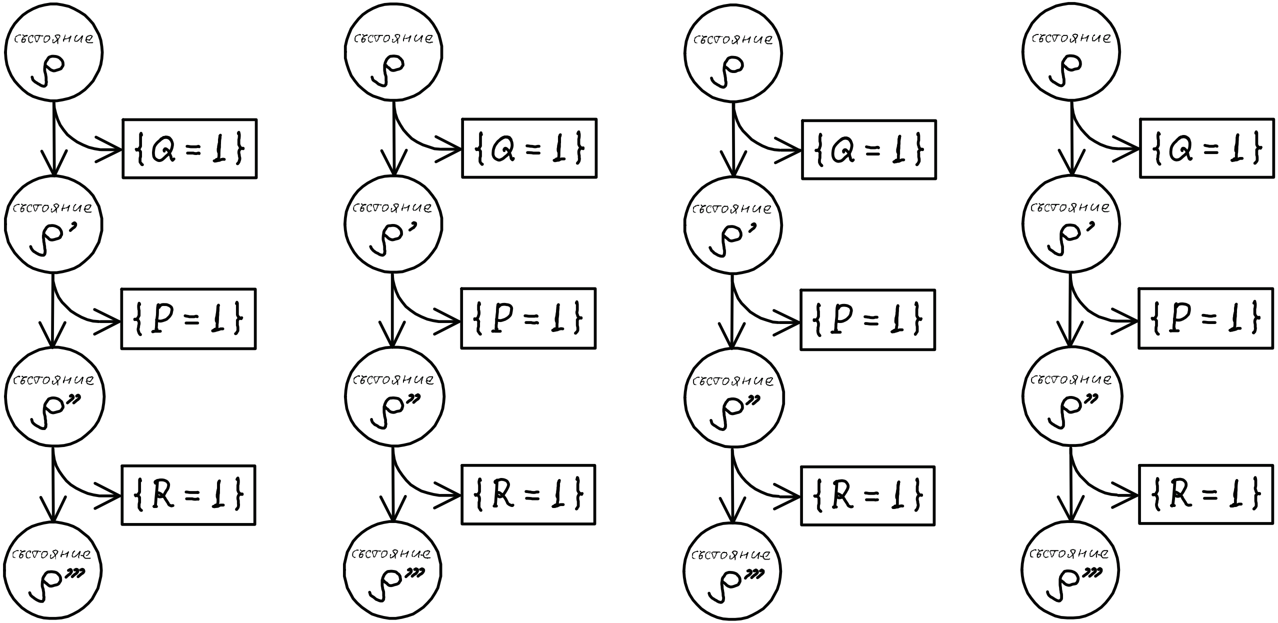
Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$



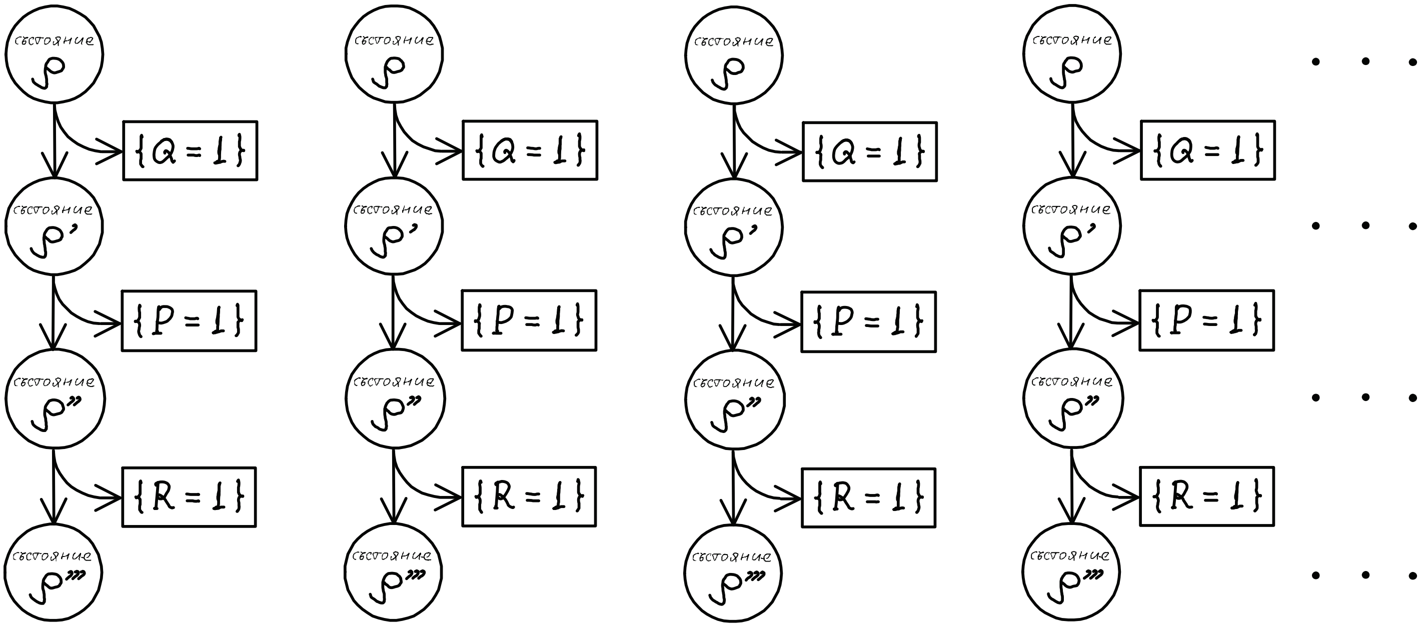
Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$



Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

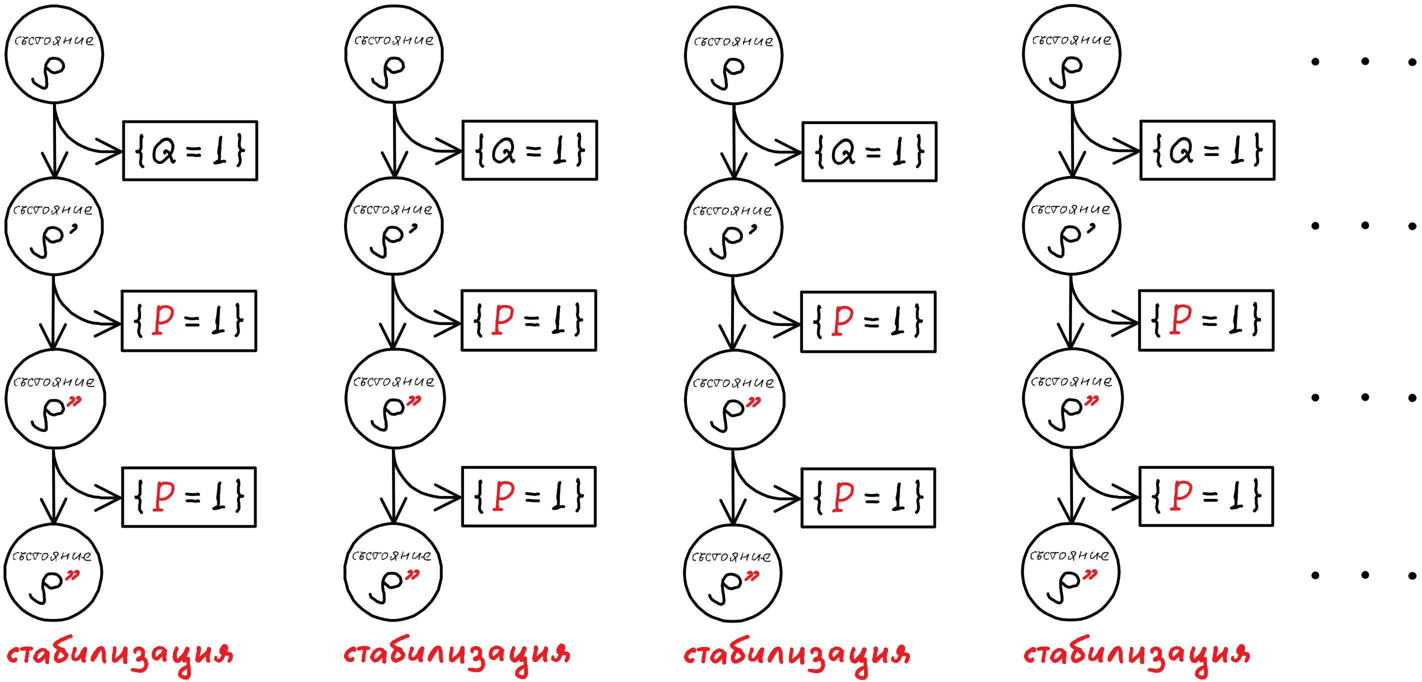


Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

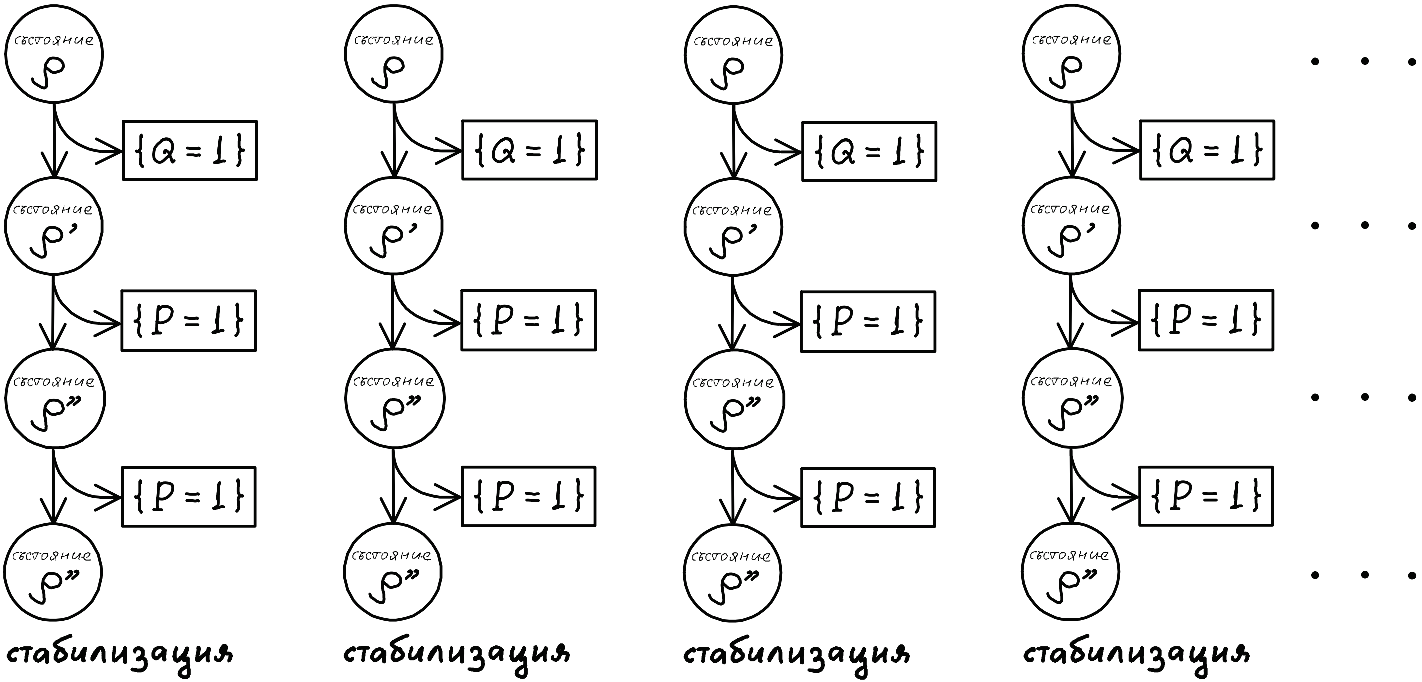


Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$



Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$



Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние?

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho (P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема)

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(\mathbf{P}) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(Q\mathbf{P}Q)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то: $\rho'(\mathbf{A}) = \dfrac{\rho(Q\mathbf{A}Q)}{\rho(Q)}$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \underset{\{Q=1\}}{\longmapsto} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то: $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$ – като линеен функционал

$\rho' : \mathcal{A} \to \mathbb{C}$ за $\forall A \in \mathcal{A}$.

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то: $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$ – като линеен функционал $\rho' : \mathcal{A} \to \mathbb{C}$ за $\forall A \in \mathcal{A}$.

Освен това, този линеен функционал е

нормиран: $\rho'(\hat{1}) = 1$?

и положителен: $\rho'(A^*A) \geq 0$?

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то: $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$ – като линеен функционал

$\rho' : \mathcal{A} \to \mathbb{C}$ за $\forall A \in \mathcal{A}$.

Освен това, този линеен функционал е

нормиран: $\rho'(\hat{1}) = \dfrac{\rho(Q\hat{1}Q)}{\rho(Q)}$

и положителен: $\rho'(A^*A) \geq 0$?

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то: $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$ – като линеен функционал

$\rho' : \mathcal{A} \to \mathbb{C}$ за $\forall A \in \mathcal{A}$.

Освен това, този линеен функционал е

нормиран: $\rho'(\hat{1}) = \dfrac{\rho(Q^2)}{\rho(Q)}$

и положителен: $\rho'(A^*A) \geq 0$?

Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман : $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност : ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то : $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$ – като линеен функционал

$\rho' : \mathcal{A} \to \mathbb{C}$ за $\forall A \in \mathcal{A}$.

Освен това, този линеен функционал е

нормиран : $\rho'(\hat{1}) = \dfrac{\rho(Q)}{\rho(Q)}$

и положителен : $\rho'(A^*A) \geq 0$?

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то: $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$ – като линеен функционал

$\rho' : \mathcal{A} \to \mathbb{C}$ за $\forall A \in \mathcal{A}$.

Освен това, този линеен функционал е

нормиран: $\rho'(\hat{I}) = \dfrac{\cancel{\rho(Q)}}{\cancel{\rho(Q)}}$

и положителен: $\rho'(A^*A) \geq 0$?

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то: $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$ – като линеен функционал

$\rho' : \mathcal{A} \to \mathbb{C}$ за $\forall A \in \mathcal{A}$.

Освен това, този линеен функционал е

нормиран: $\rho'(\hat{1}) = 1$

и положителен: $\rho'(A^*A) \geq 0$?

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то: $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$ – като линеен функционал $\rho' : \mathcal{A} \to \mathbb{C}$ за $\forall A \in \mathcal{A}$.

Освен това, този линеен функционал е

нормиран: $\rho'(\hat{1}) = 1$

и положителен: $\rho'(A^*A) = \dfrac{\rho(QA^*AQ)}{\rho(Q)}$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то: $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$ – като линеен функционал $\rho' : \mathcal{A} \to \mathbb{C}$ за $\forall A \in \mathcal{A}$.

Освен това, този линеен функционал е

нормиран: $\rho'(\hat{1}) = 1$

и положителен: $\rho'(A^*A) = \dfrac{\rho(Q^*A^*AQ)}{\rho(Q)}$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то: $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$ – като линеен функционал $\rho' : \mathcal{A} \to \mathbb{C}$ за $\forall A \in \mathcal{A}$.

Освен това, този линеен функционал е

нормиран: $\rho'(\hat{1}) = 1$

и положителен: $\rho'(A^*A) = \dfrac{\rho((AQ)^*AQ)}{\rho(Q)}$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то: $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$ – като линеен функционал $\rho' : \mathcal{A} \to \mathbb{C}$ за $\forall A \in \mathcal{A}$.

Освен това, този линеен функционал е

нормиран: $\rho'(\hat{1}) = 1$

и положителен: $\rho'(A^*A) \geq 0$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Коректност: ρ' е състояние – наистина,

понеже алгебрата на наблюдаемите $\mathcal{A}$ се поражда линейно от събитията P

(поради спектралната теорема), то: $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$ – като линеен функционал

$\rho' : \mathcal{A} \to \mathbb{C}$ за $\forall A \in \mathcal{A}$.

Освен това, този линеен функционал е

нормиран: $\rho'(\hat{I}) = 1$

и положителен: $\rho'(A^*A) \geq 0$. $\square$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 1.: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман : $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho (P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 1. : за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 2. : Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 1.: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 2.: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става:

$$\hat{\rho}' = \frac{1}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}Q)} Q\hat{\rho}Q$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 1.: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 2.: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става: $\hat{\rho}' = \dfrac{1}{Tr(\hat{\rho}Q)} Q\hat{\rho}Q$

Наистина: за $\forall A \in \mathcal{A}$ имаме $\rho'(A) \equiv Tr\,\hat{\rho}'A = \dfrac{Tr\,\hat{\rho}QAQ}{\rho(Q)} = \dfrac{Tr\,Q\hat{\rho}QA}{\rho(Q)}$

$\Rightarrow Tr\left(\left(\hat{\rho}' - \dfrac{1}{Tr(\hat{\rho}Q)} Q\hat{\rho}Q\right)A\right) = 0$ за $\forall A \in \mathcal{A}$. Полагайки $A = |\Psi\rangle\langle\Phi|$,

то за $\forall \Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ имаме $\langle\Phi|\underbrace{\left(\hat{\rho}' - \dfrac{1}{Tr(\hat{\rho}Q)} Q\hat{\rho}Q\right)}_{\Rightarrow\, 0}|\Psi\rangle = 0$. $\square$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 1.: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 2.: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става: $\hat{\rho}' = \dfrac{1}{Tr(\hat{\rho}Q)} Q \hat{\rho} Q$

Следствие 3.: Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен)

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 1.: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 2.: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става: $\hat{\rho}' = \dfrac{1}{Tr(\hat{\rho}Q)} Q \hat{\rho} Q$

Следствие 3.: Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен), то състоянието ρ' след настъпване на Q е отново чисто и има вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 1.: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 2.: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става: $\hat{\rho}' = \dfrac{1}{Tr(\hat{\rho}Q)} Q\hat{\rho}Q$

Следствие 3.: Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен), то състоянието ρ' след настъпване на Q е отново чисто и има вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q\Psi\|} \underbrace{Q\Psi}$

векторът на състояние се проектира ортогонално след измерване

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; (\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 1.: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 2.: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става: $\hat{\rho}' = \dfrac{1}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}Q)} Q\hat{\rho}Q$

Следствие 3.: Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен), то състоянието ρ' след настъпване на Q е отново чисто и има вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi$

Наистина: ако $\hat{\rho} = |\Psi\rangle\langle\Psi|$, то $\hat{\rho}' = \mathrm{const}\cdot Q|\Psi\rangle\langle\Psi|Q = \mathrm{const}.\,|Q\Psi\rangle\langle Q\Psi|$.

$\Rightarrow$ ρ' също е чисто и има вектор Φ, пропорционален на $Q\Psi$. $\square$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 1.: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 2.: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става: $\hat{\rho}' = \dfrac{1}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}Q)} Q\hat{\rho}Q$

Следствие 3.: Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен), то състоянието ρ' след настъпване на Q е отново чисто и има вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi$

Забележете: $\|Q\Psi\|^2 = \mathrm{Prob}_{\rho}(Q)$ (от лекция 7)

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_\rho(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 1.: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 2.: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става: $\hat{\rho}' = \dfrac{1}{Tr(\hat{\rho}Q)} Q\hat{\rho}Q$

Следствие 3.: Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен), то състоянието ρ' след настъпване на Q е отново чисто и има вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi$

Забележете: $\|Q\Psi\|^2 = Prob_\rho(Q)$ (от лекция 7) и $\Rightarrow$ ако Q настъпва в ρ, то $\|Q\Psi\| \neq 0$.

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Забележете

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Забележете: в класически системи имаме $PQ = QP = P$ и Q.

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Забележете: в класически системи имаме $PQ = QP = P \wedge Q$. Затова:

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; (\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Забележете: в класически системи имаме $PQ = QP = P$ и Q. Затова:

$$\frac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)} = \frac{\rho(QP)}{\rho(Q)}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; (\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Забележете: в класически системи имаме $PQ = QP = P$ и Q. Затова: $\underbrace{\overbrace{\qquad}}\; \| $

$$\mathrm{Prob}_\rho(P|Q) = \frac{\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ и } Q)}{\mathrm{Prob}_\rho(Q)} \equiv \frac{\rho(QP)}{\rho(Q)}$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Забележете: в класически системи имаме $PQ = QP = P$ и Q. Затова: $\|$

формулата на Бейс / Bayes $\longleftarrow$ $\mathrm{Prob}_\rho(P|Q) = \dfrac{\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ и } Q)}{\mathrm{Prob}_\rho(Q)} \equiv \dfrac{\rho(QP)}{\rho(Q)}$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Забележете: в класически системи имаме $PQ = QP = P \text{ и } Q$. Затова: $\Vert$

формулата на Бейс / Bayes $\leftarrow$ $\mathrm{Prob}_\rho(P|Q) = \dfrac{\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ и } Q)}{\mathrm{Prob}_\rho(Q)} \equiv \dfrac{\rho(QP)}{\rho(Q)}$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Забележете: в класически системи имаме $PQ = QP = P$ и Q. Затова:

Закон на Бейс: $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ и } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(Q) . \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

$= \mathrm{Prob}_\rho(Q \text{ и } P) = \mathrm{Prob}_\rho(P) . \mathrm{Prob}_\rho(Q|P)$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Забележете: в класически системи имаме $PQ = QP = P$ и Q. Затова:

Закон на Бейс: $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ и } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(Q) . \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

$= \mathrm{Prob}_\rho(Q \text{ и } P) = \mathrm{Prob}_\rho(P) . \mathrm{Prob}_\rho(Q|P)$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Закон на Бейс: $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ и } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(Q) . \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

$= \mathrm{Prob}_\rho(Q \text{ и } P) = \mathrm{Prob}_\rho(P) . \mathrm{Prob}_\rho(Q|P)$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; (\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Нека положим $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) := \mathrm{Prob}_\rho(Q) \,.\, \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

Закон на Бейс: $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ и } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(Q) \,.\, \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

$= \mathrm{Prob}_\rho(Q \text{ и } P) = \mathrm{Prob}_\rho(P) \,.\, \mathrm{Prob}_\rho(Q|P)$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Нека положим $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) := \mathrm{Prob}_\rho(Q) . \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

по аналогия

Закон на Бейс: $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ и } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(Q) . \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

$= \mathrm{Prob}_\rho(Q \text{ и } P) = \mathrm{Prob}_\rho(P) . \mathrm{Prob}_\rho(Q|P)$

Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман : $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Нека положим $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) := \mathrm{Prob}_\rho(Q) . \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

<u>Теорема</u>. Нека положим $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) := \mathrm{Prob}_\rho(Q) \cdot \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

<u>Теорема</u>. Нека положим $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) := \mathrm{Prob}_\rho(Q) . \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

Тогава: $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(Q \text{ след } P)$ ($\forall \rho$ - съст.)

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. Нека положим $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) := \mathrm{Prob}_\rho(Q) . \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

Тогава: $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(Q \text{ след } P)$ ($\forall \rho$ - съст.) $\Longleftrightarrow PQ = QP$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. Нека положим $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) := \mathrm{Prob}_\rho(Q) . \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

Тогава: $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(Q \text{ след } P)$ ($\forall \rho$ - съст.) $\Longleftrightarrow$ $PQ = QP$

т.е., независимостта от реда на измерване е $\Longleftrightarrow$ комутируемост, т.е., на съвместна измеримост

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

<u>Теорема</u>. Нека положим $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) := \mathrm{Prob}_\rho(Q) \cdot \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

Тогава: $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(Q \text{ след } P)$ $(\forall \rho - \text{съст.})$ $\Longleftrightarrow$ $PQ = QP$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. Нека положим $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) := \mathrm{Prob}_\rho(Q) . \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

Тогава: $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(Q \text{ след } P)$ $(\forall \rho - \text{съст.})$ $\iff PQ = QP$

В този случай: $= \mathrm{Prob}_\rho(P \text{ и } Q)$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; (\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. Нека положим $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) := \mathrm{Prob}_\rho(Q) \cdot \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)$

Тогава: $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(Q \text{ след } P)$ $(\forall \rho \text{ - съст.})$ $\iff$ $PQ = QP$

В този случай: $\mathrm{Prob}_\rho(P \text{ след } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(P \text{ и } Q) = \mathrm{Prob}_\rho(Q \text{ след } P)$

Доказателство. L.H.S.: $\rho(PQP) = \rho(QPQ)$ $(\forall \rho \text{ - състояние})$.

$$\Rightarrow PQP = QPQ. \Rightarrow (PQ - QP)^2 = \underbrace{PQPQ}_{QPQ} + \underbrace{QPQP}_{PQP} - \underbrace{PQQP}_{Q} - \underbrace{QPPQ}_{P} = 0. \quad \square$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема.

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$\Longleftrightarrow$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ $\leftarrow$ събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\iff \quad \rho \xmapsto{\{Q=1\}} \rho' \xmapsto{\{P=1\}} \rho''$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ $\leftarrow$ събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \rho \xmapsto[\{P=1\}]{} \rho_1' \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho''$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; (\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho'_1 \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = \,?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; (\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\iff \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho'_1 \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

– за всяко състояние ρ.

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho_1' \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$ – за всяко състояние ρ.

Доказателство.

R.H.S: $\hat{\rho}'' = \dfrac{P\hat{\rho}' P}{Tr(\hat{\rho}' P)}$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho (P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho_1' \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

– за всяко състояние ρ.

Доказателство.

R.H.S: $\hat\rho'' = \dfrac{P\hat\rho' P}{Tr(\hat\rho' P)} = \dfrac{PQ\hat\rho QP}{Tr(\hat\rho QPQ)}$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ⟵ събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho'_1 \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

– за всяко състояние ρ.

Доказателство.

от друга страна

$$\text{R.H.S}: \; \hat{\rho}'' = \frac{P\hat{\rho}'P}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}'P)} = \frac{PQ\hat{\rho}QP}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}QPQ)} = \frac{QP\hat{\rho}PQ}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}PQP)}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \ \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho'_1 \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

– за всяко състояние ρ.

Доказателство.

$$\text{R.H.S}: \ \hat{\rho}'' = \frac{P\hat{\rho}'P}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}'P)} = \frac{PQ\hat{\rho}QP}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}QPQ)} = \frac{QP\hat{\rho}PQ}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}PQP)}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho_1' \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

– за всяко състояние ρ.

Доказателство.

$$\text{R.H.S}: \quad \hat{\rho}'' = \frac{P\hat{\rho}'P}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}'P)} = \frac{PQ\hat{\rho}QP}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}QPQ)} = \frac{QP\hat{\rho}PQ}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}PQP)}$$

($\forall \hat{\rho}$ - матрица на плътността)

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho'_1 \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

– за всяко състояние ρ.

Доказателство.

R.H.S: $$\hat{\rho}'' = \frac{P\hat{\rho}' P}{Tr(\hat{\rho}' P)} = \frac{PQ\hat{\rho}QP}{Tr(\hat{\rho}QPQ)} = \frac{QP\hat{\rho}PQ}{Tr(\hat{\rho}PQP)}$$

($\forall \hat{\rho}$ – матрица на плътността)

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho_1' \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

– за всяко състояние ρ.

Доказателство.

за $\mathrm{Tr}\, Q \cdot |$

$$\text{R.H.S}: \; \hat{\rho}'' = \frac{P\hat{\rho}'P}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}'P)} = \frac{PQ\hat{\rho}QP}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}QPQ)} = \frac{QP\hat{\rho}PQ}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}PQP)}$$

($\forall \hat{\rho}$ - матрица на плътността)

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = \,?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho (P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho'_1 \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

– за всяко състояние ρ.

$$\mathrm{Tr}(\hat\rho\, QPQPQ) = \mathrm{Tr}(\hat\rho\, QPQ) \ (\forall \hat\rho).$$

за $\boxed{\mathrm{Tr}\, Q \cdot}$

Доказателство.

$$\text{R.H.S}: \ \hat\rho'' = \frac{P \hat\rho' P}{\mathrm{Tr}(\hat\rho' P)} = \frac{PQ\hat\rho QP}{\mathrm{Tr}(\hat\rho\, QPQ)} = \frac{QP\hat\rho PQ}{\mathrm{Tr}(\hat\rho\, PQP)}$$

($\forall \hat\rho$ – матрица на плътността)

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho_1' \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

– за всяко състояние ρ.

Доказателство.

$$\text{R.H.S}: \; \hat{\rho}'' = \frac{P\hat{\rho}'P}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}'P)} = \frac{PQ\hat{\rho}QP}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}QPQ)} = \frac{QP\hat{\rho}PQ}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}PQP)}$$

($\forall \hat{\rho}$ – матрица на плътността)

$$\mathrm{Tr}(\hat{\rho}QPQPQ) = \mathrm{Tr}(\hat{\rho}QPQ) \; (\forall \hat{\rho}).$$

$\Longrightarrow$ **QPQ е събитие.**

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P)\ \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\iff \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho'_1 \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

- за всяко състояние ρ.

Доказателство.

R.H.S: $$\hat{\rho}'' = \frac{P\hat{\rho}'P}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}'P)} = \frac{PQ\hat{\rho}QP}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}QPQ)} = \frac{QP\hat{\rho}PQ}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}PQP)}$$

($\forall \hat{\rho}$ - матрица на плътността)

$$\mathrm{Tr}(\hat{\rho}QPQPQ) = \mathrm{Tr}(\hat{\rho}QPQ) \quad (\forall \hat{\rho}).$$

$\Rightarrow$ QPQ е събитие.

$$(QP - QPQ)(PQ - QPQ) = 0$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P)\ \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho_1' \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

– за всяко състояние ρ.

Доказателство.

R.H.S: $\hat{\rho}'' = \dfrac{P\hat{\rho}'P}{Tr(\hat{\rho}'P)} = \dfrac{PQ\hat{\rho}QP}{Tr(\hat{\rho}QPQ)} = \dfrac{QP\hat{\rho}PQ}{Tr(\hat{\rho}PQP)}$

($\forall \hat{\rho}$ – матрица на плътността)

$Tr(\hat{\rho}QPQPQ) = Tr(\hat{\rho}QPQ)$ $(\forall \hat{\rho})$.

$\Rightarrow$ QPQ е събитие.

$\Downarrow$

$$(QP - QPQ)\underbrace{(PQ - QPQ)}_{=0} = 0$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; (\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho_1' \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

– за всяко състояние ρ.

Доказателство.

$$\text{R.H.S}: \; \hat\rho'' = \frac{P\hat\rho' P}{\mathrm{Tr}(\hat\rho' P)} = \frac{PQ\hat\rho QP}{\mathrm{Tr}(\hat\rho QPQ)} = \frac{QP\hat\rho PQ}{\mathrm{Tr}(\hat\rho PQP)}$$

($\forall \hat\rho$ - матрица на плътността)

$$\Rightarrow \mathrm{Tr}(\hat\rho QPQPQ) = \mathrm{Tr}(\hat\rho QPQ) \; (\forall \hat\rho).$$

$\Longrightarrow$ QPQ е събитие.

$$(QP - QPQ)\underbrace{(PQ - QPQ)}_{=0} = 0$$

$$PQ = (PQ)^* = QP$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Теорема. $PQ = QP$ ← събитията P и Q комутират, т.е. са съвместно измерими

$$\Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho_1' \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd}$$

– за всяко състояние ρ.

Доказателство.

$$R.H.S: \ \hat\rho'' = \frac{P\hat\rho' P}{\mathrm{Tr}(\hat\rho' P)} = \frac{PQ\hat\rho QP}{\mathrm{Tr}(\hat\rho QPQ)} = \frac{QP\hat\rho PQ}{\mathrm{Tr}(\hat\rho PQP)}$$

($\forall \hat\rho$ - матрица на плътността)

$$\mathrm{Tr}(\hat\rho QPQPQ) = \mathrm{Tr}(\hat\rho QPQ) \ (\forall \hat\rho).$$

$\Rightarrow$ QPQ е събитие.

$$(QP - QPQ)\underbrace{(PQ - QPQ)}_{=0} = 0$$

$$\Leftarrow \quad PQ = (PQ)^* = QP$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ'

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ'

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ', то Q ще настъпи в ρ' с вероятност 1

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; (\equiv Prob_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ', то Q ще настъпи в ρ' с вероятност 1 и състоянието повече няма да се промени (т.е., ще остане ρ').

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ', то Q ще настъпи в ρ' с вероятност 1 и състоянието повече няма да се промени (т.е., ще остане ρ').
- Принцип за "потвърждение"

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ', то Q ще настъпи в ρ' с вероятност 1 и състоянието повече няма да се промени (т.е., ще остане ρ').
- Принцип за "потвърждение": ако Q настъпва в състояние ρ вероятност 1

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = \,?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ', то Q ще настъпи в ρ' с вероятност 1 и състоянието повече няма да се промени (т.е., ще остане ρ').
- Принцип за "потвърждение": ако Q настъпва в състояние ρ вероятност 1, то след настъпване на Q състоянието остава същото.

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ', то Q ще настъпи в ρ' с вероятност 1 и състоянието повече няма да се промени (т.е., ще остане ρ').
- Принцип за "потвърждение": ако Q настъпва в състояние ρ вероятност 1, то след настъпване на Q състоянието остава същото.

(в тази връзка е и т.нар. "квантов ефект на Зенон": https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_Zeno_effect)

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ', то Q ще настъпи в ρ' с вероятност 1 и състоянието повече няма да се промени (т.е., ще остане ρ').
- Принцип за "потвърждение": ако Q настъпва в състояние ρ вероятност 1, то след настъпване на Q състоянието остава същото.

  (в тази връзка е и т.нар. "квантов ефект на Зенон": https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_Zeno_effect)
- Принцип на "смесване"

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ', то Q ще настъпи в ρ' с вероятност 1 и състоянието повече няма да се промени (т.е., ще остане ρ').
- Принцип за "потвържение": ако Q настъпва в състояние ρ вероятност 1, то след настъпване на Q състоянието остава същото.

  (в тази връзка е и т.нар. "квантов ефект на Зенон": https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_Zeno_effect)
- Принцип на "смесване": ако $\rho = q_1\rho_1 + q_2\rho_2$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ', то Q ще настъпи в ρ' с вероятност 1 и състоянието повече няма да се промени (т.е., ще остане ρ').
- Принцип за "потвърждение": ако Q настъпва в състояние ρ вероятност 1, то след настъпване на Q състоянието остава същото.

  (в тази връзка е и т.нар. "квантов ефект на Зенон": https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_Zeno_effect)
- Принцип на "смесване": ако $\rho = q_1\rho_1 + q_2\rho_2$ и имаме $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho'$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ', то Q ще настъпи в ρ' с вероятност 1 и състоянието повече няма да се промени (т.е., ще остане ρ').
- Принцип за "потвърждение": ако Q настъпва в състояние ρ вероятност 1, то след настъпване на Q състоянието остава същото.

  (в тази връзка е и т.нар. "квантов ефект на Зенон": https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_Zeno_effect)
- Принцип на "смесване": ако $\rho = q_1\rho_1 + q_2\rho_2$ и имаме $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho'$, $\rho_j \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho_j'$,

  за $j = 1,2$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ', то Q ще натъпи в ρ' с вероятност 1 и състоянието повече няма да се промени (т.е., ще остане ρ').
- Принцип за "потвърждение": ако Q настъпва в състояние ρ вероятност 1, то след настъпване на Q състоянието остава същото.

  (в тази връзка е и т.нар. "квантов ефект на Зенон": https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_Zeno_effect)
- Принцип на "смесване": ако $\rho = q_1\rho_1 + q_2\rho_2$ и имаме $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho'$, $\rho_j \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho_j'$,

  за $j=1,2$, то $\mathrm{Prob}_{\rho'}(P \text{ след } Q) = q_1\, \mathrm{Prob}_{\rho_1'}(P \text{ след } Q) + q_2\, \mathrm{Prob}_{\rho_2'}(P \text{ след } Q)$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; (\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Мотивация: проекционният постулат може да се изведе от следните по-прости принципи

- Принцип за стабилизация: ако след измерване на събитие Q в състояние ρ се е установило състояние ρ' и ако тогава измерим Q в ρ', то Q ще настъпи в ρ' с вероятност 1 и състоянието повече няма да се промени (т.е., ще остане ρ').
- Принцип за "потвържение": ако Q настъпва в състояние ρ вероятност 1, то след настъпване на Q състоянието остава същото.

  (в тази връзка е и т.нар. "квантов ефект на Зенон": https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_Zeno_effect)
- Принцип на "смесване": ако $\rho = q_1\rho_1 + q_2\rho_2$ и имаме $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho'$, $\rho_j \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho_j'$,

за $j=1,2$, то $\mathrm{Prob}_{\rho'}(P \text{ след } Q) = q_1 \mathrm{Prob}_{\rho_1'}(P \text{ след } Q) + q_2 \mathrm{Prob}_{\rho_2'}(P \text{ след } Q)$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P)\ \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

<u>Следствие 1.</u>: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

<u>Следствие 2.</u>: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става: $\hat{\rho}' = \dfrac{1}{Tr(\hat{\rho}Q)} Q\hat{\rho}Q$

<u>Следствие 3.</u>: Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен), то състоянието ρ' след настъпване на Q е отново чисто и има вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi$

<u>Теорема.</u>

$$PQ = QP \quad \Longleftrightarrow \quad \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho'_1 \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd} \ (\forall \rho) \quad \Longleftrightarrow \quad \begin{aligned} &\mathrm{Prob}_\rho(Q) \,.\, \mathrm{Prob}_\rho(P|Q) \\ &= \mathrm{Prob}_\rho(P) \,.\, \mathrm{Prob}_\rho(Q|P) \end{aligned} \ (\forall \rho)$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $$\rho'(P) \; \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \frac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$$

Следствие 1.: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 2.: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става: $$\hat{\rho}' = \frac{1}{Tr(\hat{\rho} Q)} Q \hat{\rho} Q$$

Следствие 3.: Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен), то състоянието ρ' след настъпване на Q е отново чисто и има вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi$

Теорема.

$$PQ = QP \iff \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho_1' \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd} \; (\forall \rho) \iff \begin{aligned} &\mathrm{Prob}_{\rho}(Q) . \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q) \\ &= \mathrm{Prob}_{\rho}(P) . \mathrm{Prob}_{\rho}(Q|P) \end{aligned} \; (\forall \rho)$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = \ ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \ \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

<u>Следствие 1.</u>: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

<u>Следствие 2.</u>: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става:

$$\hat{\rho}' = \frac{1}{Tr(\hat{\rho} Q)} Q \hat{\rho} Q$$

<u>Следствие 3.</u>: Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен), то състоянието ρ' след настъпване на Q е отново чисто и има вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi$

<u>Теорема.</u>

$$PQ = QP \iff \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho_1' \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd} \ (\forall \rho) \iff \begin{aligned} &\mathrm{Prob}_{\rho}(Q) \,.\, \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q) \\ &= \mathrm{Prob}_{\rho}(P) \,.\, \mathrm{Prob}_{\rho}(Q|P) \end{aligned} \quad (\forall \rho)$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман : $\rho'(P) \; (\equiv Prob_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

<u>Следствие 1.</u> : за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

<u>Следствие 2.</u> : Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става : $\hat{\rho}' = \dfrac{1}{Tr(\hat{\rho}Q)} Q\hat{\rho}Q$

<u>Следствие 3.</u> : Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен), то състоянието ρ' след настъпване на Q е отново чисто и има вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi$

<u>Теорема.</u>

$$PQ = QP \iff \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho_1' \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd} \; (\forall \rho) \iff \begin{aligned} & Prob_\rho(Q) . Prob_\rho(P|Q) \\ & = Prob_\rho(P) . Prob_\rho(Q|P) \quad (\forall \rho) \end{aligned}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; (\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 1.: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 2.: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става: $\hat{\rho}' = \dfrac{1}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}Q)} Q\hat{\rho}Q$

Следствие 3.: Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен), то състоянието ρ' след настъпване на Q е отново чисто и има вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi$

Теорема.

$$PQ = QP \iff \begin{array}{ccccc} & & \rho' & & \\ & \overset{\{Q=1\}}{\nearrow} & & \overset{\{P=1\}}{\searrow} & \\ \rho & & & & \rho'' \\ & \underset{\{P=1\}}{\searrow} & & \underset{\{Q=1\}}{\nearrow} & \\ & & \rho_1' & & \end{array} \; (\forall \rho) \iff \begin{array}{l} \mathrm{Prob}_\rho(Q) . \mathrm{Prob}_\rho(P|Q) \\ = \mathrm{Prob}_\rho(P) . \mathrm{Prob}_\rho(Q|P) \end{array} \; (\forall \rho)$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

<u>Следствие 1.:</u> за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

<u>Следствие 2.:</u> Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става: $\hat{\rho}' = \dfrac{1}{Tr(\hat{\rho} Q)} Q \hat{\rho} Q$

<u>Следствие 3.:</u> Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен), то състоянието ρ' след настъпване на Q е отново чисто и има вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi$

<u>Теорема.</u>

$$PQ = QP \iff \begin{tikzcd} & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\ \rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\ & \rho'_1 \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] & \end{tikzcd} \; (\forall \rho) \iff \begin{aligned} &\mathrm{Prob}_\rho(Q) . \mathrm{Prob}_\rho(P|Q) \\ &= \mathrm{Prob}_\rho(P) . \mathrm{Prob}_\rho(Q|P) \end{aligned} \; (\forall \rho)$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие

Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман : $\rho'(P) \ (\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие

Нека A е наблюдаема

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_\rho(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие

Нека A е наблюдаема

ако при измерване на A в чисто състояние

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие

Нека A е наблюдаема

ако при измерване на A в чисто състояние е измерена

стойност α_k

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие

Нека A е наблюдаема

ако при измерване на A в чисто състояние е измерена

стойност α_k, то системата преминава отново в чисто състояние

Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман : $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие

Нека A е наблюдаема

ако при измерване на A в чисто състояние е измерена стойност α_k, то системата преминава отново в чисто състояние с вектор който е собствен вектор за A със собствена стойност α_k

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие

Нека A е наблюдаема със спектрално разлагане $A = \alpha_1 Q_1 + \cdots + \alpha_m Q_m$, ако при измерване на A в чисто състояние с вектор Ψ е измерена стойност α_k, то системата преминава отново в чисто състояние с вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q_k \Psi\|} Q_k \Psi$, който е собствен вектор за A със собствена стойност α_k

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие

Нека A е наблюдаема със спектрално разлагане $A = \alpha_1 Q_1 + \cdots + \alpha_m Q_m$, ако при измерване на A в чисто състояние с вектор Ψ е измерена стойност α_k, то системата преминава отново в чисто състояние с вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q_k \Psi\|} Q_k \Psi$, който е собствен вектор за A със собствена стойност α_k

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие

Нека A е наблюдаема със спектрално разлагане $A = \alpha_1 Q_1 + \cdots + \alpha_m Q_m$, ако при измерване на A в чисто състояние с вектор Ψ е измерена стойност α_k, то системата преминава отново в чисто състояние с вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q_k \Psi\|} Q_k \Psi$, който е собствен вектор за A със собствена стойност α_k

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие

Нека A е наблюдаема със спектрално разлагане $A = \alpha_1 Q_1 + \cdots + \alpha_m Q_m$, ако при измерване на A в чисто състояние с вектор Ψ е измерена стойност α_k, то системата преминава отново в чисто състояние с вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q_k \Psi\|} Q_k \Psi$, който е собствен вектор за A със собствена стойност α_k

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 1.: за $\forall A \in \mathcal{A}$, $\rho'(A) = \dfrac{\rho(QAQ)}{\rho(Q)}$

Следствие 2.: Ако ρ е състояние с матрица на плътността $\hat{\rho}$, то след настъпване на Q матрицата на плътността става: $\hat{\rho}' = \dfrac{1}{Tr(\hat{\rho} Q)} Q \hat{\rho} Q$

Следствие 3.: Ако ρ е чисто състояние с вектор $\Psi \in \mathbb{C}^n$ (единичен), то състоянието ρ' след настъпване на Q е отново чисто и има вектор $\Phi = \dfrac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi$

Теорема.

$PQ = QP \iff$

$$\begin{tikzcd}
 & \rho' \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"] & \\
\rho \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"] \arrow[dr, mapsto, "\{P=1\}"'] & & \rho'' \\
 & \rho'_1 \arrow[ur, mapsto, "\{Q=1\}"'] &
\end{tikzcd} \quad (\forall \rho)$$

$\iff \mathrm{Prob}_{\rho}(Q) \,.\, \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q) = \mathrm{Prob}_{\rho}(P) \,.\, \mathrm{Prob}_{\rho}(Q|P) \quad (\forall \rho)$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q) \right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv Prob_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

<u>Преход между състояния и вероятност за преход</u>: допълнителна интерпретация

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ - единични

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xmapsto[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ – единични

състояние Ψ

$\boxed{\text{измерено е елементарно събитие } Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|, \text{ съответстващо на вектор } \Phi \text{ с вероятност } p_{\Psi\mapsto\Phi}}$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ – единични

$$p_{\Psi\mapsto\Phi} = \left|\langle\Psi|\Phi\rangle\right|^2$$

състояние Ψ

измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ с вероятност $p_{\Psi\mapsto\Phi}$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P)\ \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация

състояние Ψ

$\boxed{\text{измерено е елементарно събитие } Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|, \text{ съответстващо на вектор } \Phi \text{ с вероятност } p_{\Psi\mapsto\Phi}}$

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ - единични

$$\underbrace{p_{\Psi\mapsto\Phi}}_{\text{вероятност за преход}} = \left|\langle\Psi|\Phi\rangle\right|^2$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P)\ \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация

състояние Ψ

$\boxed{\text{измерено е елементарно събитие } Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|, \text{ съответстващо на вектор } \Phi \text{ с вероятност } p_{\Psi\mapsto\Phi}}$

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ - единични

$$\underbrace{p_{\Psi\mapsto\Phi}}_{\text{вероятност за преход}} = \left|\langle\Psi|\Phi\rangle\right|^2$$

вероятност за преход

$\mathrm{Prob}_\Psi\left(|\Phi\rangle\langle\Phi|\right)$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P)\ (\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация

състояние Ψ

$\boxed{\text{измерено е елементарно събитие } Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|, \text{ съответстващо на вектор } \Phi \text{ с вероятност } p_{\Psi\mapsto\Phi}}$

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ - единични

$$\underbrace{p_{\Psi\mapsto\Phi}}_{\text{вероятност за преход}} = |\langle\Psi|\Phi\rangle|^2$$

$$\mathrm{Prob}_\Psi(|\Phi\rangle\langle\Phi|)$$

$$= \langle\Psi|\Phi\rangle\langle\Phi|\Psi\rangle$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация

състояние Ψ

измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ с вероятност $p_{\Psi\mapsto\Phi}$

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ - единични

$$\underbrace{p_{\Psi\mapsto\Phi}}_{\substack{\text{вероятност} \\ \text{за преход}}} = \left|\langle\Psi|\Phi\rangle\right|^2$$

$$\mathrm{Prob}_{\Psi}\left(|\Phi\rangle\langle\Phi|\right) = \langle\Psi|\Phi\rangle \underbrace{\langle\Phi|\Psi\rangle}_{\overline{\langle\Psi|\Phi\rangle}}$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация

състояние Ψ

$\boxed{\text{измерено е елементарно събитие } Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|, \text{ съответстващо на вектор } \Phi \text{ с вероятност } p_{\Psi\mapsto\Phi}}$

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ - единични

$$\underbrace{p_{\Psi\mapsto\Phi}}_{\text{вероятност за преход}} = \Big|\underbrace{\langle\Psi|\Phi\rangle}_{a_{\Psi\mapsto\Phi}}\Big|^2$$

амплитуда на прехода

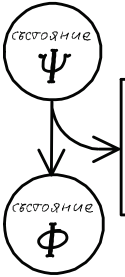
$$\mathrm{Prob}_\Psi\left(|\Phi\rangle\langle\Phi|\right) = \langle\Psi|\Phi\rangle \underbrace{\langle\Phi|\Psi\rangle}_{\overline{\langle\Psi|\Phi\rangle}}$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P)\ \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация



измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ с вероятност $p_{\Psi\mapsto\Phi}$

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ – единични

$$\underbrace{p_{\Psi\mapsto\Phi}}_{\text{вероятност за преход}} = \Big|\underbrace{\langle\Psi|\Phi\rangle}_{a_{\Psi\mapsto\Phi}}\Big|^2$$

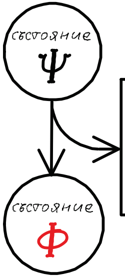
амплитуда на прехода

$$\mathrm{Prob}_\Psi\left(|\Phi\rangle\langle\Phi|\right) = \langle\Psi|\Phi\rangle\underbrace{\langle\Phi|\Psi\rangle}_{\overline{\langle\Psi|\Phi\rangle}}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация



измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ с вероятност $p_{\Psi\mapsto\Phi}$

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ – единични

$$\underbrace{p_{\Psi\mapsto\Phi}}_{\text{вероятност за преход}} = \Big|\underbrace{\langle\Psi|\Phi\rangle}_{a_{\Psi\mapsto\Phi}}\Big|^2$$

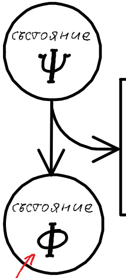
$a_{\Psi\mapsto\Phi}$ – амплитуда на прехода

$$\mathrm{Prob}_\Psi\left(|\Phi\rangle\langle\Phi|\right) = \langle\Psi|\Phi\rangle\underbrace{\langle\Phi|\Psi\rangle}_{\overline{\langle\Psi|\Phi\rangle}}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация



измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ с вероятност $p_{\Psi\mapsto\Phi}$

векторът на състоянието след измерването

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ – единични

$$\underbrace{p_{\Psi\mapsto\Phi}}_{\text{вероятност за преход}} = \Big|\underbrace{\langle\Psi|\Phi\rangle}_{a_{\Psi\mapsto\Phi}}\Big|^2$$

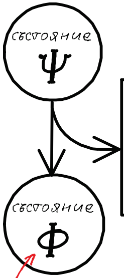
$a_{\Psi\mapsto\Phi}$ – амплитуда на прехода

$$\mathrm{Prob}_\Psi\left(|\Phi\rangle\langle\Phi|\right) = \langle\Psi|\Phi\rangle \underbrace{\langle\Phi|\Psi\rangle}_{\overline{\langle\Psi|\Phi\rangle}}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация



измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ с вероятност $p_{\Psi\mapsto\Phi}$

Векторът на състоянието след измерването:

$$\frac{1}{\|Q\Psi\|}Q\Psi$$

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ - единични

$$\underbrace{p_{\Psi\mapsto\Phi}}_{\text{вероятност за преход}} = \Big|\underbrace{\langle\Psi|\Phi\rangle}_{a_{\Psi\mapsto\Phi}}\Big|^2$$

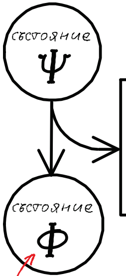
амплитуда на прехода

$$\mathrm{Prob}_\Psi\left(|\Phi\rangle\langle\Phi|\right) = \langle\Psi|\Phi\rangle\underbrace{\langle\Phi|\Psi\rangle}_{\overline{\langle\Psi|\Phi\rangle}}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация



измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ с вероятност $p_{\Psi\mapsto\Phi}$

Векторът на състоянието след измерването:

$$\frac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi = \frac{1}{|\langle\Psi|\Phi\rangle|^2} |\Phi\rangle\langle\Phi|\Psi\rangle$$

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ – единични

$$\underbrace{p_{\Psi\mapsto\Phi}}_{\text{вероятност за преход}} = \Big|\underbrace{\langle\Psi|\Phi\rangle}_{a_{\Psi\mapsto\Phi}}\Big|^2$$

амплитуда на прехода

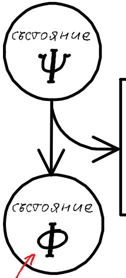
$$\mathrm{Prob}_{\Psi}\left(|\Phi\rangle\langle\Phi|\right) = \langle\Psi|\Phi\rangle \underbrace{\langle\Phi|\Psi\rangle}_{\overline{\langle\Psi|\Phi\rangle}}$$

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho (P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация



измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ с вероятност $p_{\Psi\mapsto\Phi}$

векторът на състоянието след измерването:

$$\frac{1}{\|Q\Psi\|} Q\Psi = \frac{1}{|\langle\Psi|\Phi\rangle|^2} |\Phi\rangle\langle\Phi|\Psi\rangle = \frac{\overline{\langle\Psi|\Phi\rangle}}{\langle\Psi|\Phi\rangle} |\Phi\rangle$$

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ – единични

$$\underbrace{p_{\Psi\mapsto\Phi}}_{\text{вероятност за преход}} = \Big|\underbrace{\langle\Psi|\Phi\rangle}_{a_{\Psi\mapsto\Phi}}\Big|^2$$

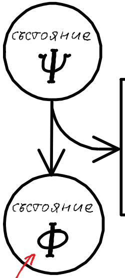
амплитуда на прехода

$$\mathrm{Prob}_\Psi\left(|\Phi\rangle\langle\Phi|\right) = \langle\Psi|\Phi\rangle \underbrace{\langle\Phi|\Psi\rangle}_{\overline{\langle\Psi|\Phi\rangle}}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P)\ \left(\equiv Prob_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Преход между състояния и вероятност за преход: допълнителна интерпретация



измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ с вероятност $p_{\Psi\mapsto\Phi}$

векторът на състоянието след измерването:

$$\frac{1}{\|Q\Psi\|}\,Q\Psi = \frac{1}{|\langle\Psi|\Phi\rangle|^2}\,|\Phi\rangle\langle\Phi|\Psi\rangle = \overbrace{\boxed{\frac{\overline{\langle\Psi|\Phi\rangle}}{\langle\Psi|\Phi\rangle}}}^{e^{i\varphi}}\,|\Phi\rangle$$

Нека: $\Psi, \Phi \in \mathbb{C}^n$ - единични

$$\underbrace{p_{\Psi\mapsto\Phi}}_{\text{вероятност за преход}} = \Big|\underbrace{\langle\Psi|\Phi\rangle}_{a_{\Psi\mapsto\Phi}}\Big|^2$$

амплитуда на прехода

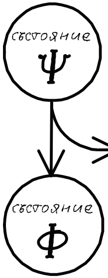
$$Prob_\Psi(|\Phi\rangle\langle\Phi|) = \langle\Psi|\Phi\rangle\underbrace{\langle\Phi|\Psi\rangle}_{\overline{\langle\Psi|\Phi\rangle}}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Наблюдение

Нека: $\Phi \in \mathbb{C}^n$ - единичен



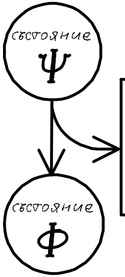
$\boxed{\text{измерено е елементарно събитие } Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|, \text{ съответстващо на вектор } \Phi}$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Наблюдение: след настъпване на елементарно събитие винаги се установява чисто състояние

Нека: $\Phi \in \mathbb{C}^n$ - единичен



измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ

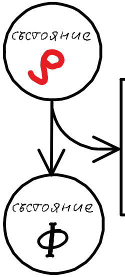
Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Наблюдение: след настъпване на елементарно събитие винаги се установява чисто състояние

Нека: $\Phi \in \mathbb{C}^n$ - единичен



измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ

Теория на измерването: аксиоми и следствия

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Наблюдение: след настъпване на елементарно събитие винаги се установява чисто състояние

Нека: $\Phi \in \mathbb{C}^n$ – единичен

състояние ρ

$\boxed{\text{измерено е елементарно събитие } Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|, \text{ съответстващо на вектор } \Phi}$

състояние Φ

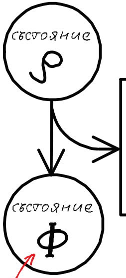
състоянието след измерването

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Наблюдение: след настъпване на елементарно събитие винаги се установява чисто състояние

Нека: $\Phi \in \mathbb{C}^n$ - единичен



$\boxed{\text{измерено е елементарно събитие } Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|, \text{ съответстващо на вектор } \Phi}$

състоянието след измерването:

$$\hat{\rho}' = \frac{Q\hat{\rho}Q}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}Q)}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \; \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Наблюдение: след настъпване на елементарно събитие винаги се установява чисто състояние

Нека: $\Phi \in \mathbb{C}^n$ - единичен

състояние ρ

измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ

състояние Φ

състоянието след измерването:

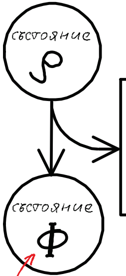
$$\hat{\rho}' = \frac{Q\hat{\rho}Q}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}Q)} = \frac{|\Phi\rangle\langle\Phi|\,\hat{\rho}\,|\Phi\rangle\langle\Phi|}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}\,|\Phi\rangle\langle\Phi|)}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Наблюдение: след настъпване на елементарно събитие винаги се установява чисто състояние

Нека: $\Phi \in \mathbb{C}^n$ - единичен



измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ

състоянието след измерването:

$$\hat{\rho}' = \frac{Q\hat{\rho}Q}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}Q)} = \frac{|\Phi\rangle\left(\langle\Phi|\hat{\rho}|\Phi\rangle\right)\langle\Phi|}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}|\Phi\rangle\langle\Phi|)}$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P) \ (\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Наблюдение: след настъпване на елементарно събитие винаги се установява чисто състояние

Нека: $\Phi \in \mathbb{C}^n$ - единичен

състояние ρ

$\downarrow$

състояние Φ

измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ

състоянието след измерването:

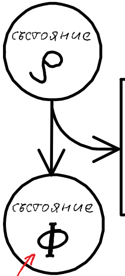
$$\hat{\rho}' = \frac{Q\hat{\rho}Q}{Tr(\hat{\rho}Q)} = \frac{|\Phi\rangle \cancel{(\langle\Phi|\hat{\rho}|\Phi\rangle)} \langle\Phi|}{\cancel{Tr(\hat{\rho}|\Phi\rangle\langle\Phi|)}}$$

Основен проблем : какво се случва след измерване : $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = \,?$

Проекционен постулат на фон Нойман : $\rho'(P) \; \left(\equiv \mathrm{Prob}_{\rho}(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Наблюдение : след настъпване на елементарно събитие винаги се установява чисто състояние

Нека : $\Phi \in \mathbb{C}^n$ - единичен



измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ

състоянието след измерването :

$$\hat{\rho}' = \frac{Q\hat{\rho}Q}{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}Q)} = \frac{|\Phi\rangle \cancel{(\langle\Phi|\hat{\rho}|\Phi\rangle)} \langle\Phi|}{\cancel{\mathrm{Tr}(\hat{\rho}|\Phi\rangle\langle\Phi|)}} = |\Phi\rangle\langle\Phi|$$

Основен проблем: какво се случва след измерване: $\rho \xrightarrow[\{Q=1\}]{} \rho' = ?$

Проекционен постулат на фон Нойман: $\rho'(P)\ \left(\equiv \mathrm{Prob}_\rho(P|Q)\right) = \dfrac{\rho(QPQ)}{\rho(Q)}$

Наблюдение: след настъпване на елементарно събитие винаги се установява чисто състояние

Нека: $\Phi \in \mathbb{C}^n$ – единичен

състояние ρ

измерено е елементарно събитие $Q = |\Phi\rangle\langle\Phi|$, съответстващо на вектор Φ

състояние Φ

състоянието след измерването:

$$\hat\rho' = \frac{Q\hat\rho Q}{\mathrm{Tr}(\hat\rho Q)} = \frac{|\Phi\rangle\cancel{\left(\langle\Phi|\hat\rho|\Phi\rangle\right)}\langle\Phi|}{\cancel{\mathrm{Tr}\left(\hat\rho|\Phi\rangle\langle\Phi|\right)}} = |\Phi\rangle\langle\Phi|$$

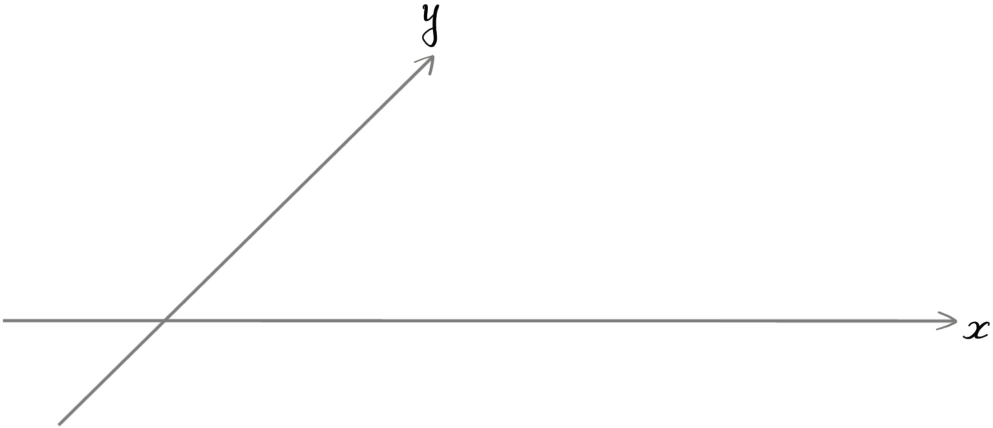
матрица на плътността на чисто състояние с вектор Φ

Теория на измерването: дискусия и парадокси

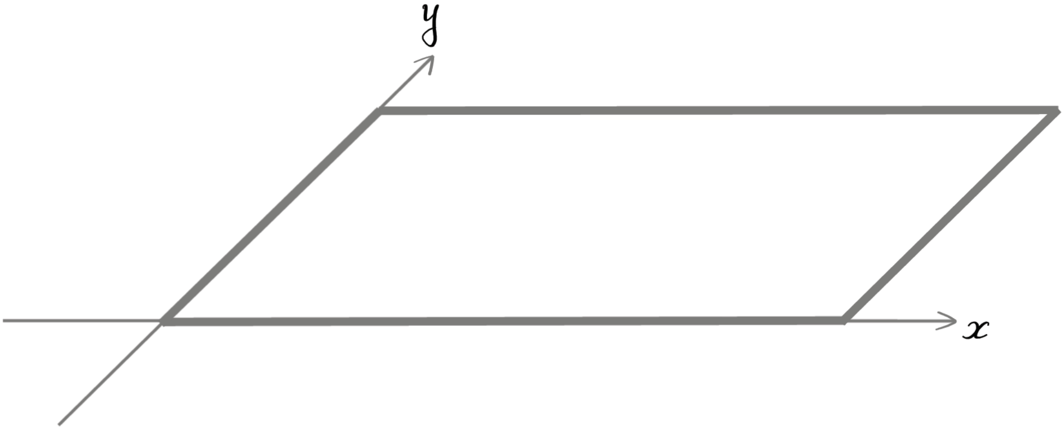
Колапсът на вълновата функция

Колапсът на вълновата функция

Разглеждаме частица в равнина.



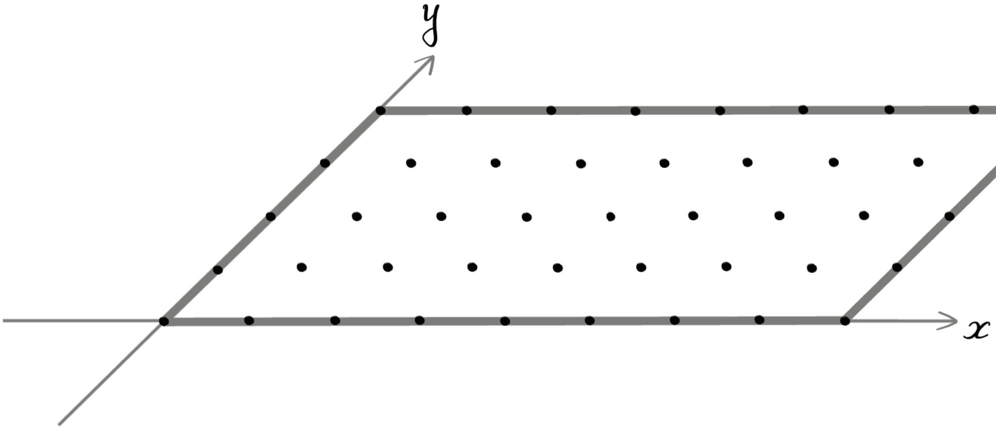
Колапсът на вълновата функция



Разглеждаме частица в равнина.

За постигане на крайно описание, първо се ограничаваме в крайна област.

Колапсът на вълновата функция

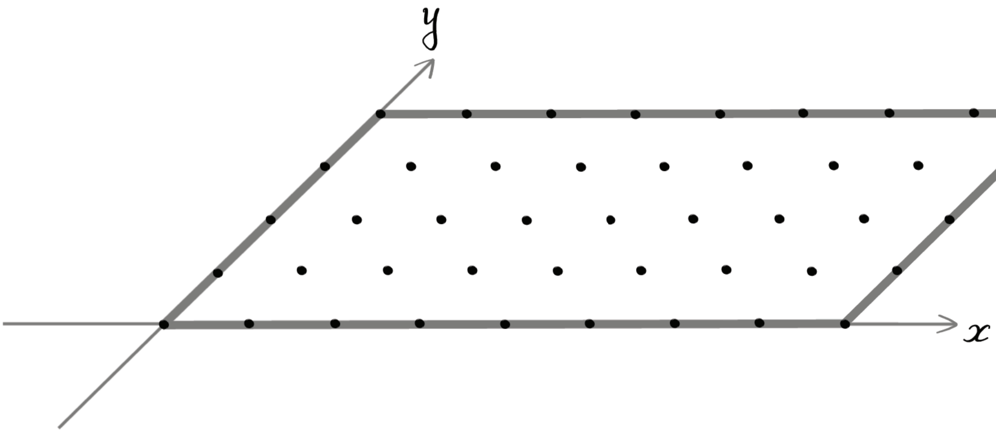


Разглеждаме частица в равнина.

За постигане на крайно описание, първо се ограничаваме в крайна област.

И второ, минаваме върху решетка

Колапсът на вълновата функция

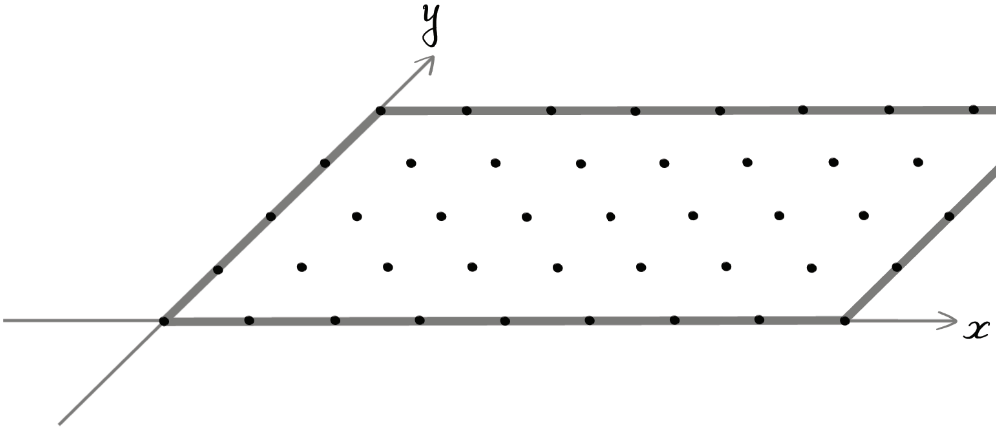


Разглеждаме частица в равнина.

За постигане на крайно описание, първо се ограничаваме в крайна област.

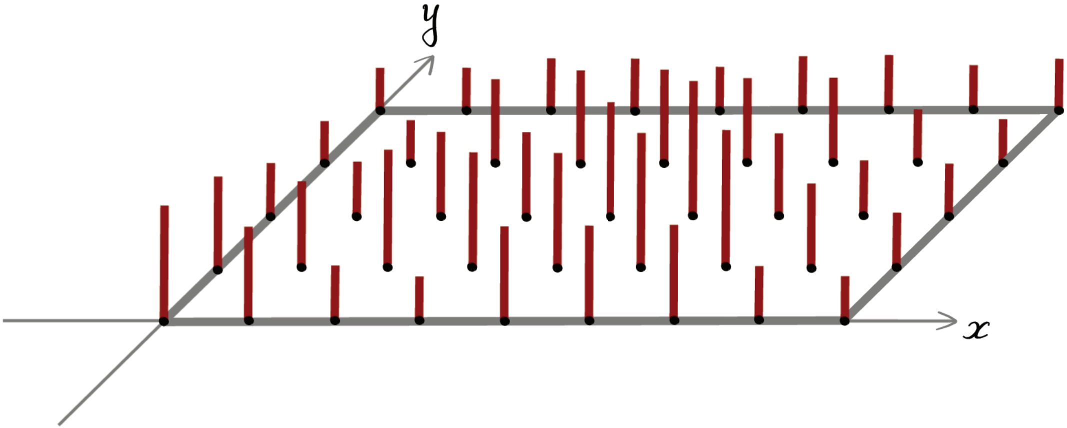
И второ, минаваме върху решетка (като върху монитор на компютър).

Колапсът на вълновата функция

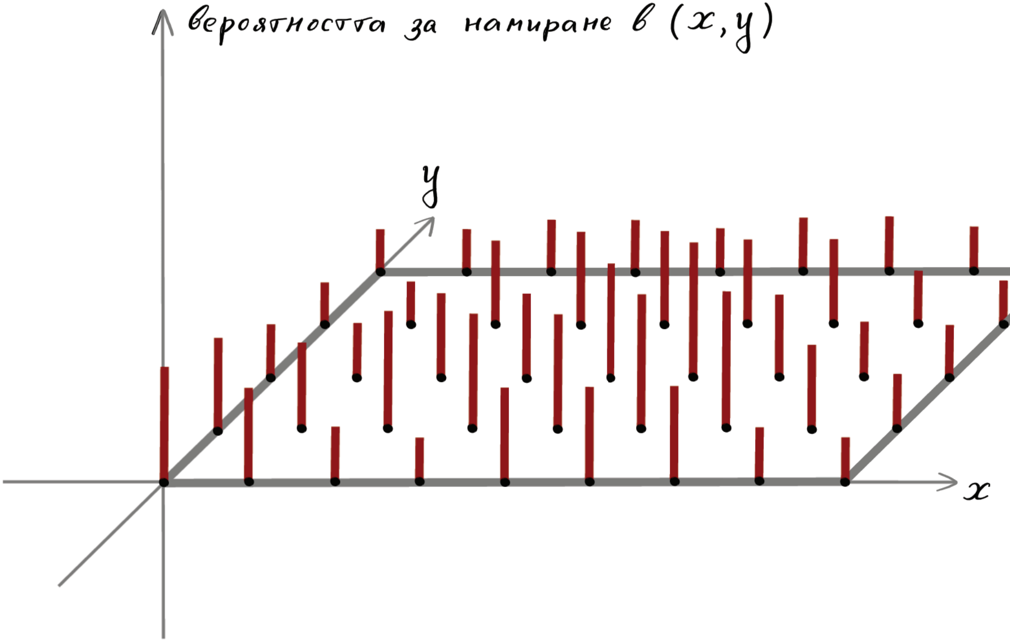


Колапсът на вълновата функция

Чатицата може да се намери с определени вероятности в отделните точки на пространството (в случая – на решетката).

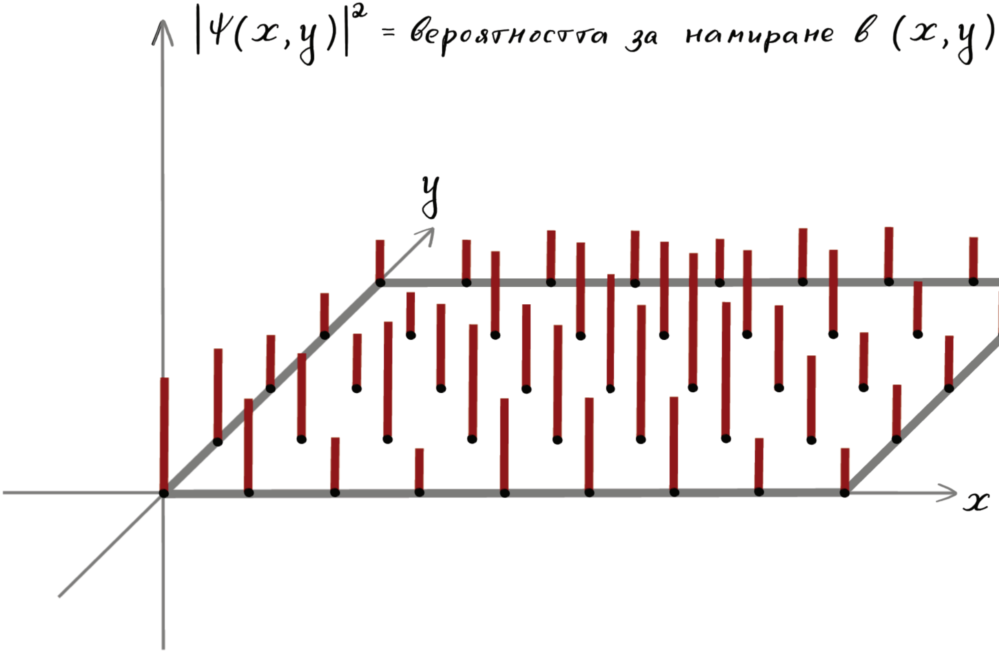


Колапсът на вълновата функция



Чатицата може да се намери с определени вероятности в отделните точки на пространството (в случая – на решетката).

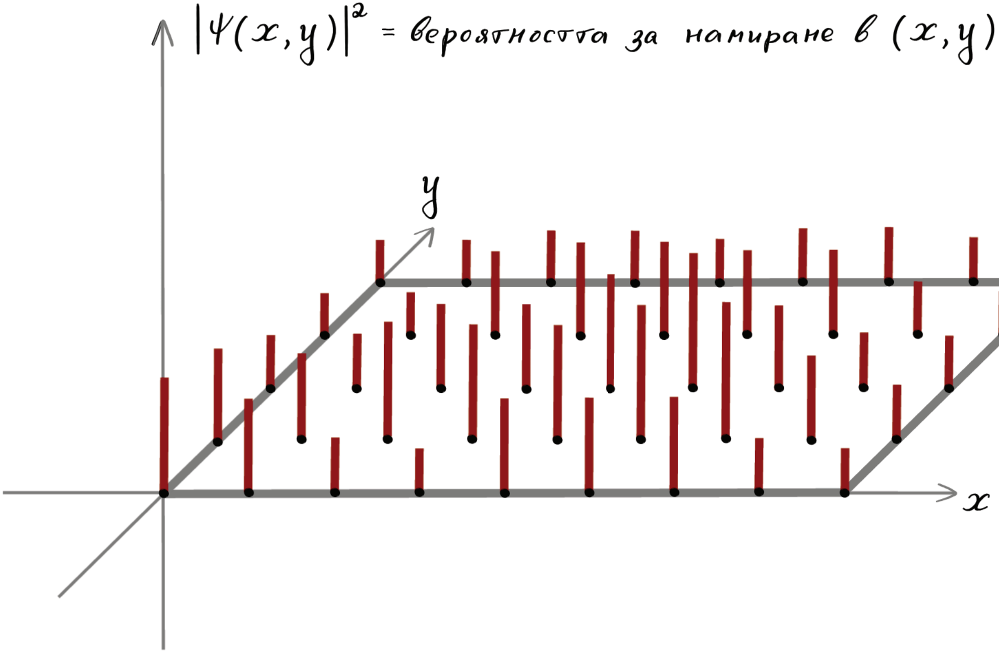
Колапсът на вълновата функция



Чатицата може да се намери с определени вероятности в отделните точки на пространството (в случая – на решетката).

Тези вероятности се определят от вектора на състояние Ψ на частицата.

Колапсът на вълновата функция

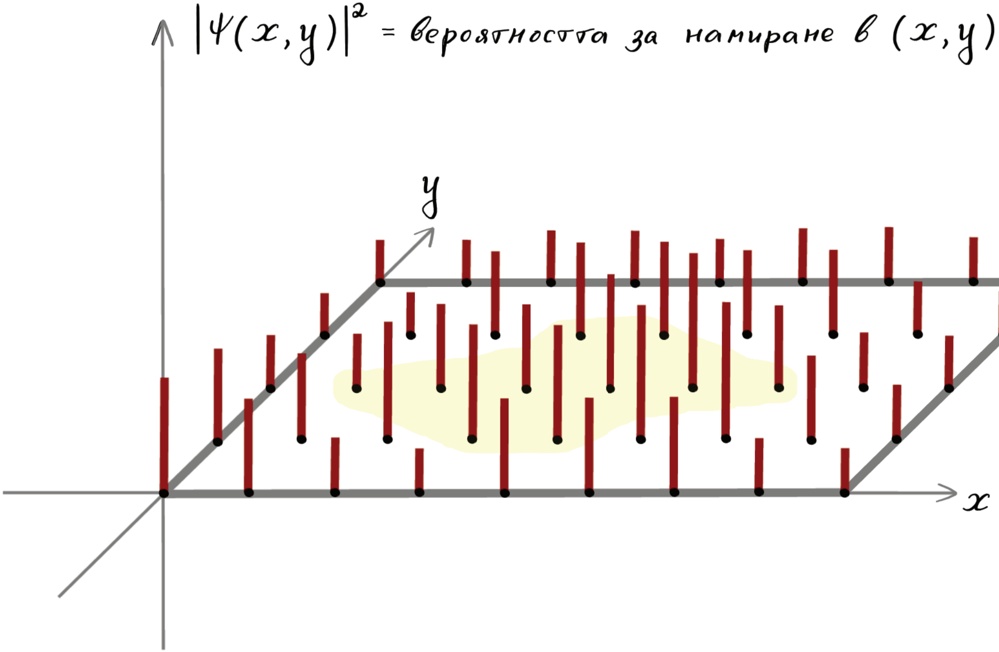


Векторът на състоянието може да се запише, като "вълнова функция"

$$\Psi = \begin{pmatrix} \psi(0,0) \\ \vdots \\ \psi(0,M) \\ \vdots \\ \psi(x,y) \\ \vdots \\ \psi(N,0) \\ \vdots \\ \psi(N,M) \end{pmatrix}$$

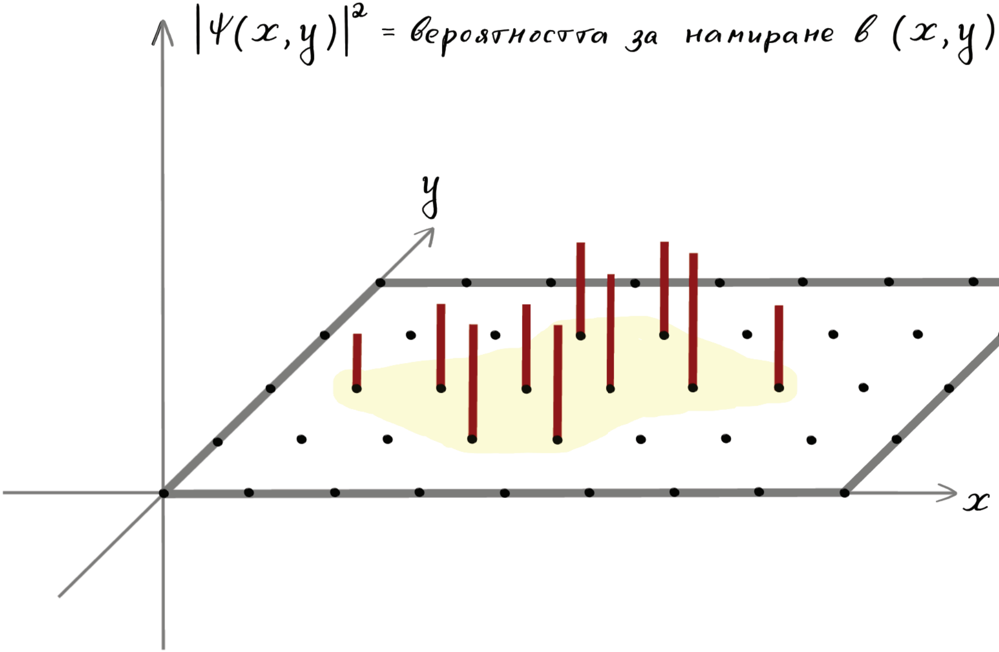
Колапсът на вълновата функция

При измерване



$$\Psi = \begin{pmatrix} \psi(0,0) \\ \vdots \\ \psi(0,M) \\ \vdots \\ \psi(x,y) \\ \vdots \\ \psi(N,0) \\ \vdots \\ \psi(N,M) \end{pmatrix}$$

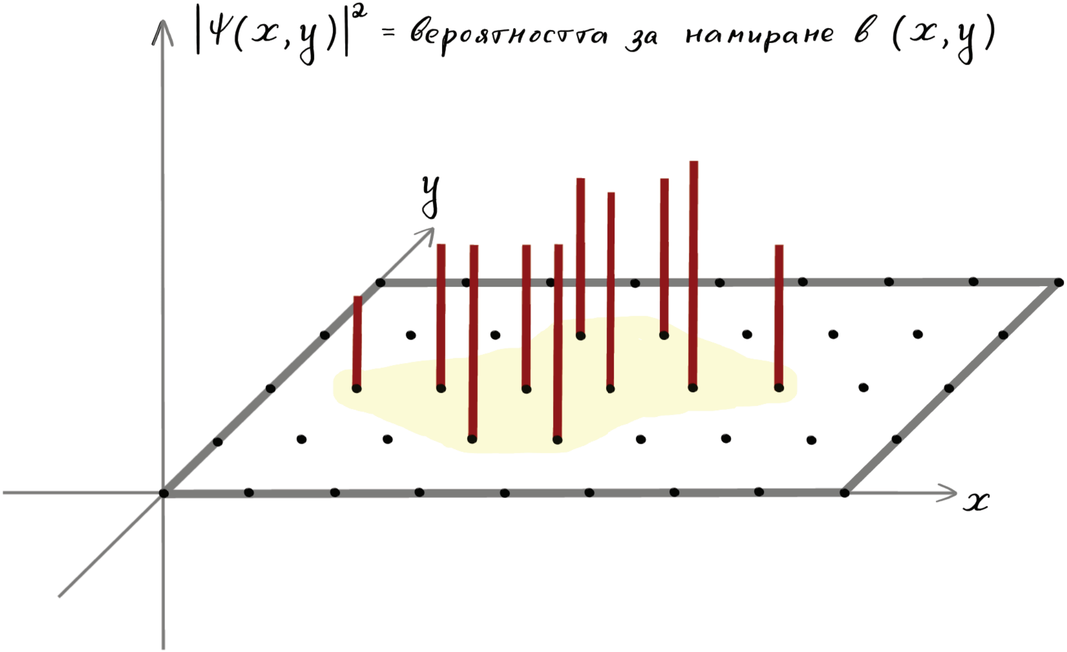
Колапсът на вълновата функция



При измерване, векторът на състоянието първо се проектира

$$\Pi\Psi = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ \psi(x,y) \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}$$

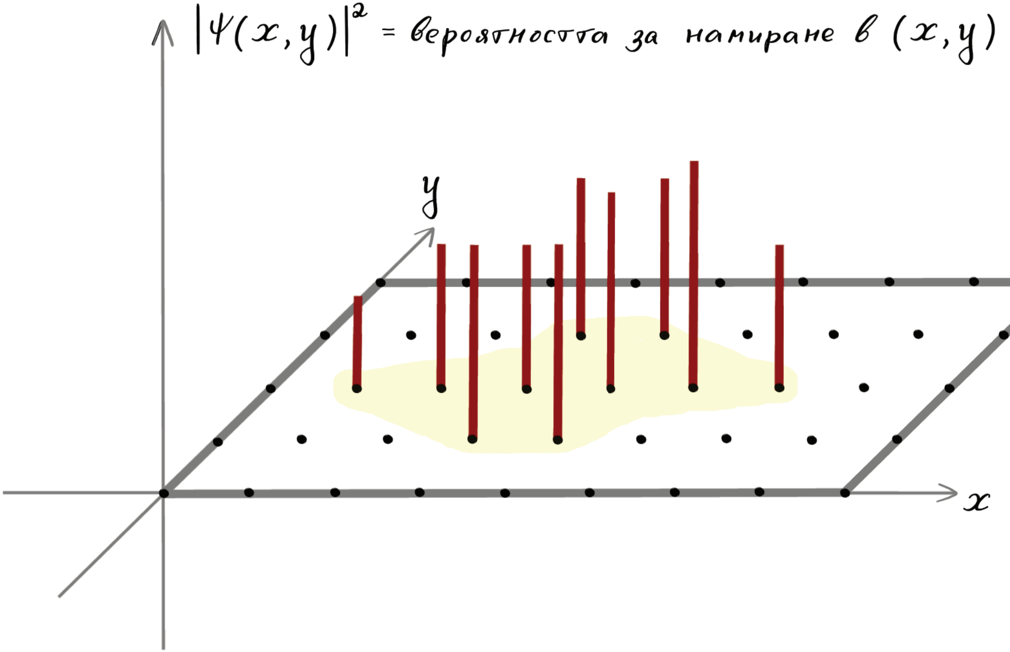
Колапсът на вълновата функция



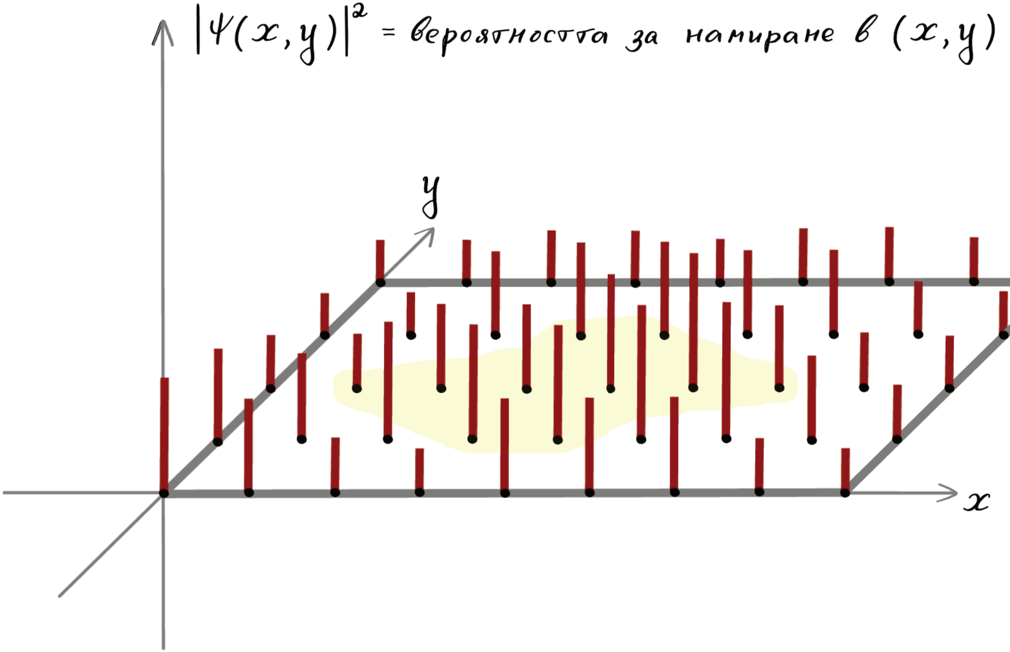
След това се нормира

$$\frac{1}{\|\Pi\Psi\|}\begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ \psi(x,y) \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}$$

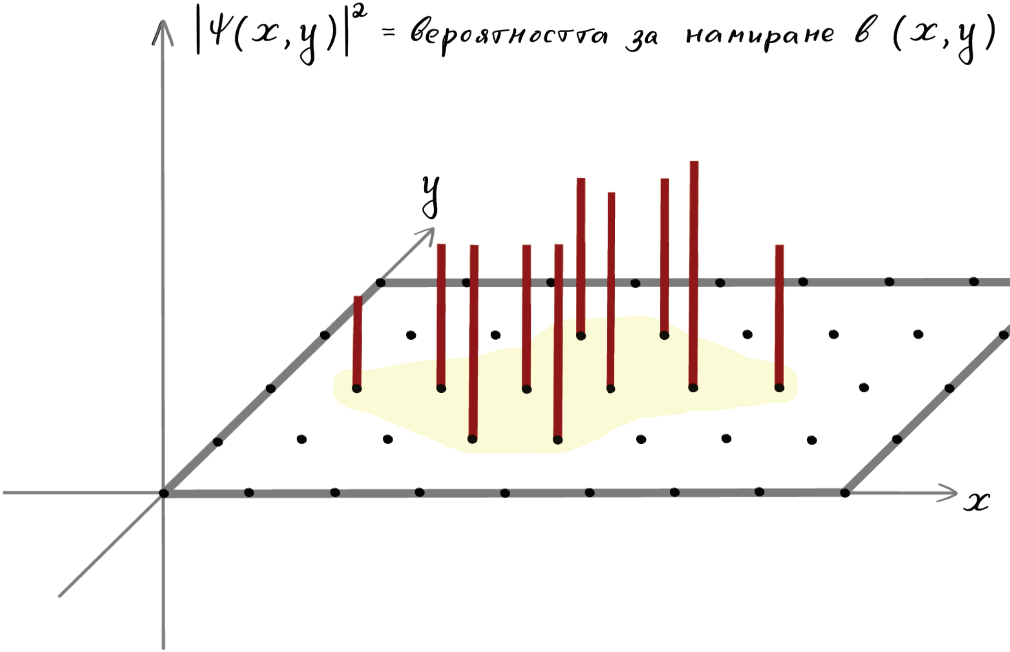
Колапсът е къде: в нас или извън нас?



Колапсът е къде: в нас или извън нас?



Колапсът е къде: в нас или извън нас?



Котката на Шрьодингер

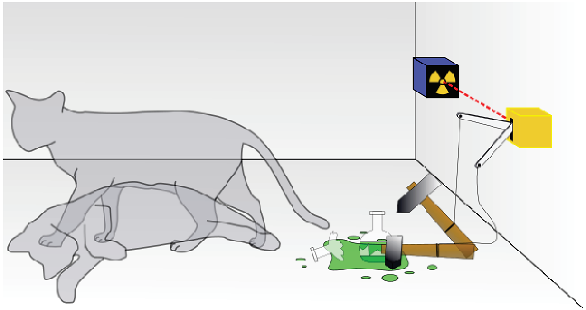
Котката на Шрьодингер https://en.wikipedia.org/wiki/Schrödinger's_cat

Котката на Шрьодингер https://en.wikipedia.org/wiki/Schrödinger's_cat

Erwin Schrödinger
1887 – 1961

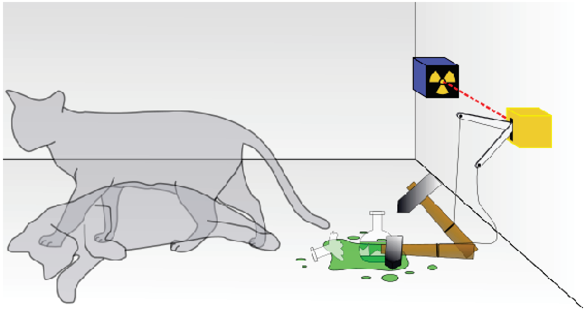
Котката на Шрьодингер https://en.wikipedia.org/wiki/Schrödinger's_cat

Erwin Schrödinger
1887 – 1961



Котката на Шрьодингер

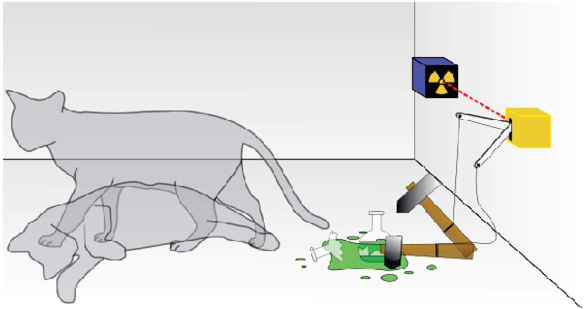
https://en.wikipedia.org/wiki/Schrödinger's_cat



Erwin Schrödinger
1887 – 1961

Котката на Шрьодингер https://en.wikipedia.org/wiki/Schrödinger's_cat

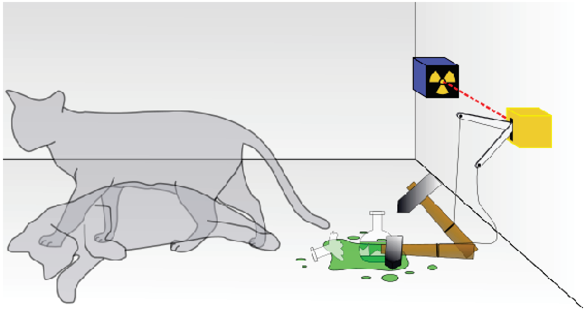
Erwin Schrödinger
1887 – 1961



$|dead\rangle + |alive\rangle$

Котката на Шрьодингер https://en.wikipedia.org/wiki/Schrödinger's_cat

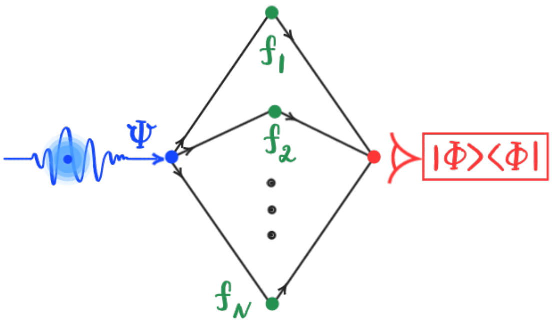
Erwin Schrödinger
1887 – 1961



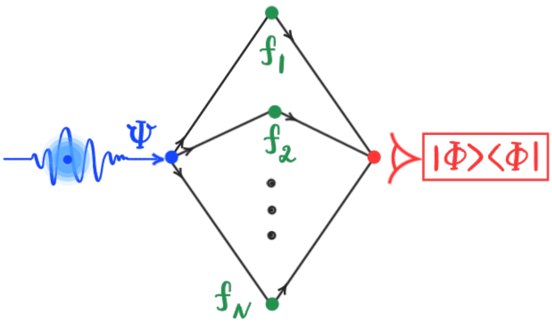
$|dead\rangle + |alive\rangle$

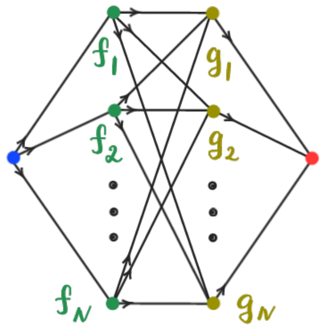
– сплитане между микро и макро-системи ?

Квантов преход през дизюнктивни алтернативи

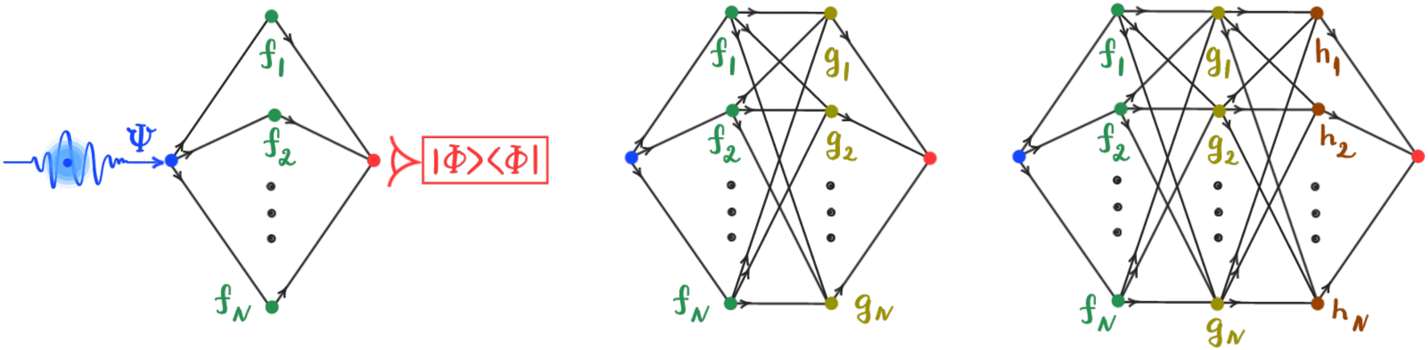


Квантов преход през дизюнктивни алтернативи

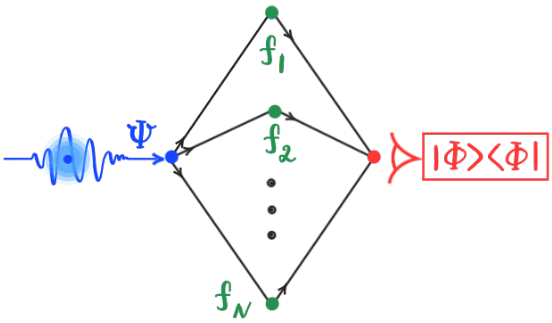




Квантов преход през дизюнктивни алтернативи

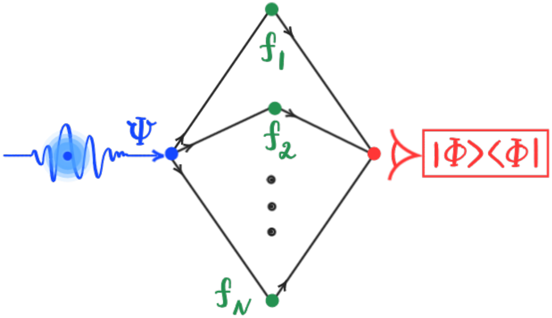


Квантов преход през дизюнктивни алтернативи



Квантов преход през дизюнктивни алтернативи

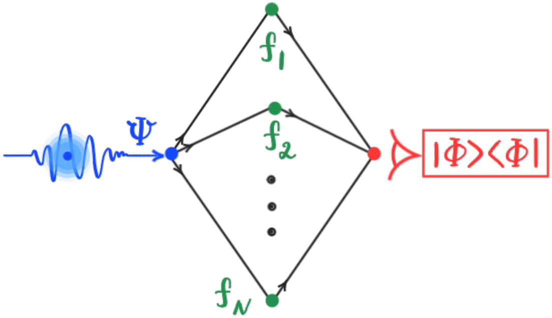
$$\langle \Psi | \Phi \rangle = \langle \Psi | \hat{1} | \Phi \rangle$$

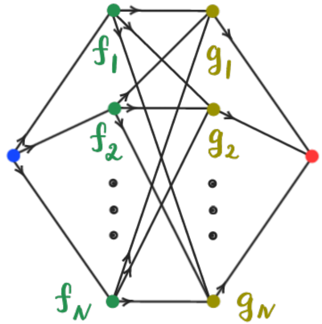


$$= \sum_{j=1}^{N} \langle \Psi | f_j \rangle \langle f_j | \Phi \rangle$$

Квантов преход през дизюнктивни алтернативи

$$\langle \Psi | \Phi \rangle = \langle \Psi | \hat{I} | \Phi \rangle = \langle \Psi | \hat{I}\, \hat{I} | \Phi \rangle$$

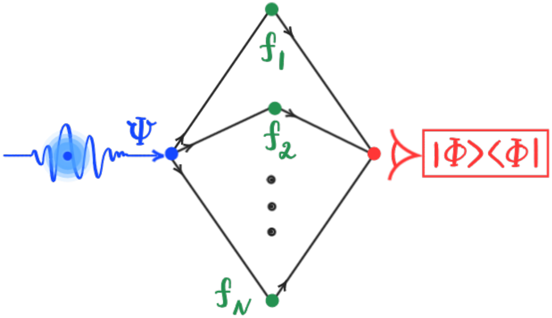


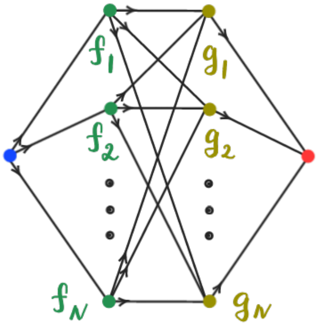


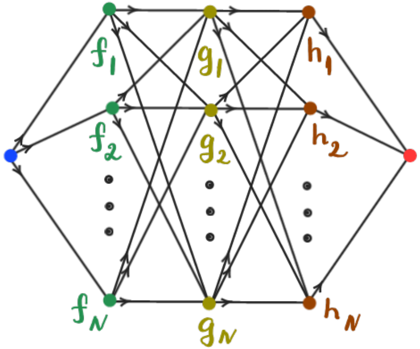
$$= \sum_{j=1}^{N} \langle \Psi | f_j \rangle \langle f_j | \Phi \rangle = \sum_{j,k=1}^{N} \langle \Psi | f_j \rangle \langle f_j | g_k \rangle \langle g_k | \Phi \rangle$$

Квантов преход през дизюнктивни алтернативи

$$\langle \Psi | \Phi \rangle = \langle \Psi | \hat{1} | \Phi \rangle = \langle \Psi | \hat{1}\,\hat{1} | \Phi \rangle = \langle \Psi | \hat{1}\,\hat{1}\,\hat{1} | \Phi \rangle$$







$$= \sum_{j=1}^{N} \langle \Psi | f_j \rangle \langle f_j | \Phi \rangle = \sum_{j,k=1}^{N} \langle \Psi | f_j \rangle \langle f_j | g_k \rangle \langle g_k | \Phi \rangle$$

$$= \sum_{j,k,\ell=1}^{N} \langle \Psi | f_j \rangle \langle f_j | g_k \rangle \langle g_k | h_\ell \rangle \langle h_\ell | \Phi \rangle$$