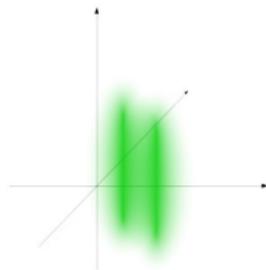
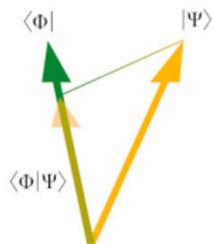
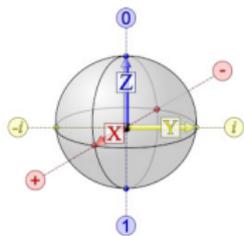
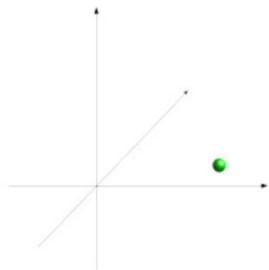


# Квантовая механика и картина мира

Лев Лобский

6 апреля 2024  
SmArt-Master



## Двухщелевой опыт

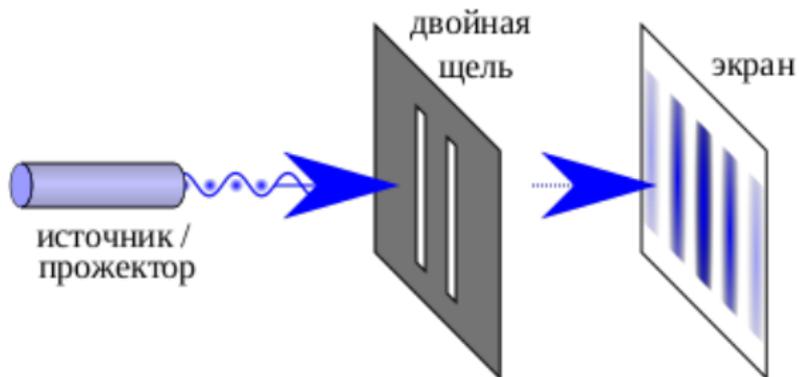


Рис.: Викисклад (NekoJaNekoJa, Johannes Kalliauer. CC BY-SA 4.0)

## Двухщелевой опыт: краткая история

- ▶ Томас Юнг (1801): волновая природа света

## Двухщелевой опыт: краткая история

- ▶ Томас Юнг (1801): волновая природа света
- ▶ Йонссон (1961): пучки электронов  
(корпускулярно-волновой дуализм)

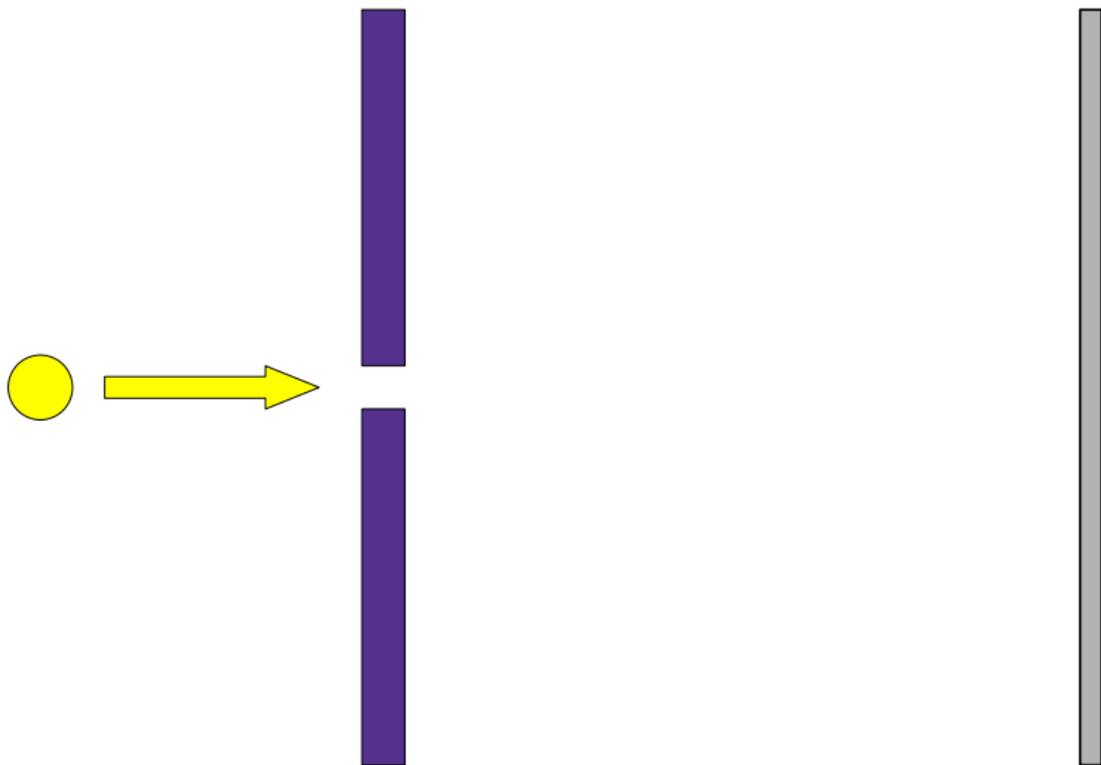
## Двухщелевой опыт: краткая история

- ▶ Томас Юнг (1801): волновая природа света
- ▶ Йонссон (1961): пучки электронов (корпускулярно-волновой дуализм)
- ▶ Фраббони et al. (2012): одиночные электроны

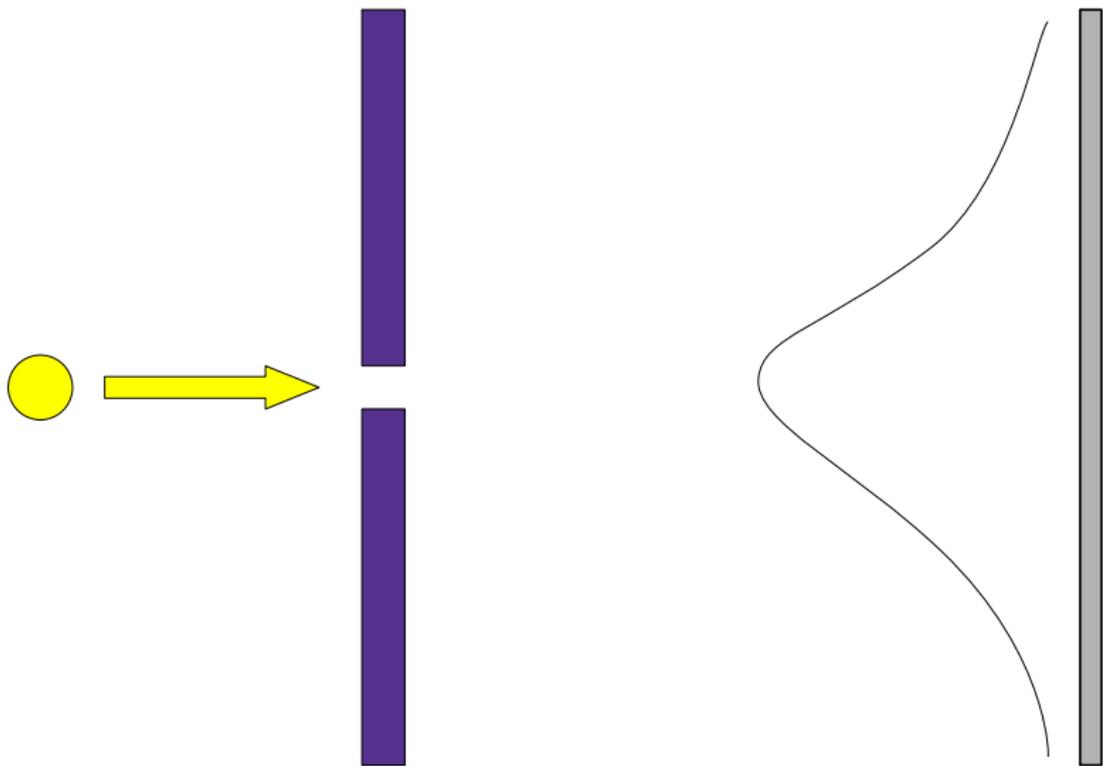
## Двухщелевой опыт: краткая история

- ▶ Томас Юнг (1801): волновая природа света
- ▶ Йонссон (1961): пучки электронов (корпускулярно-волновой дуализм)
- ▶ Фраббони et al. (2012): одиночные электроны
- ▶ Арндт, Фейн et al. (2019): молекулы, состоящие из более чем 2000 атомов

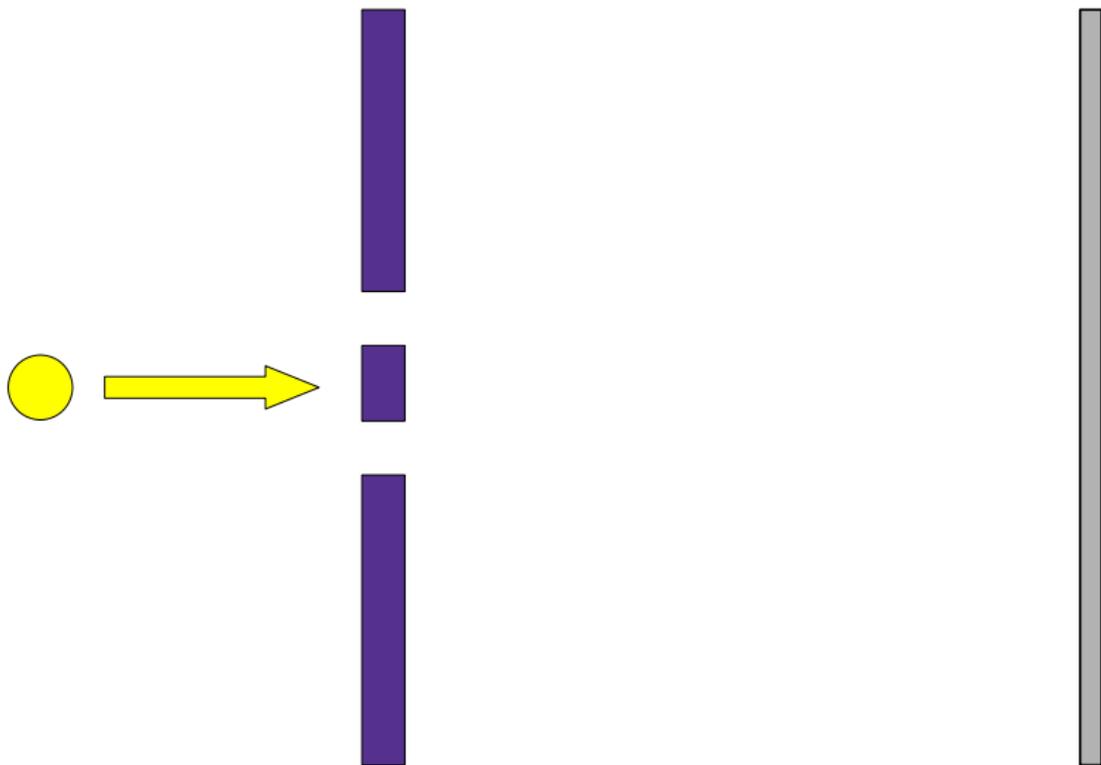
Введение: одна щель



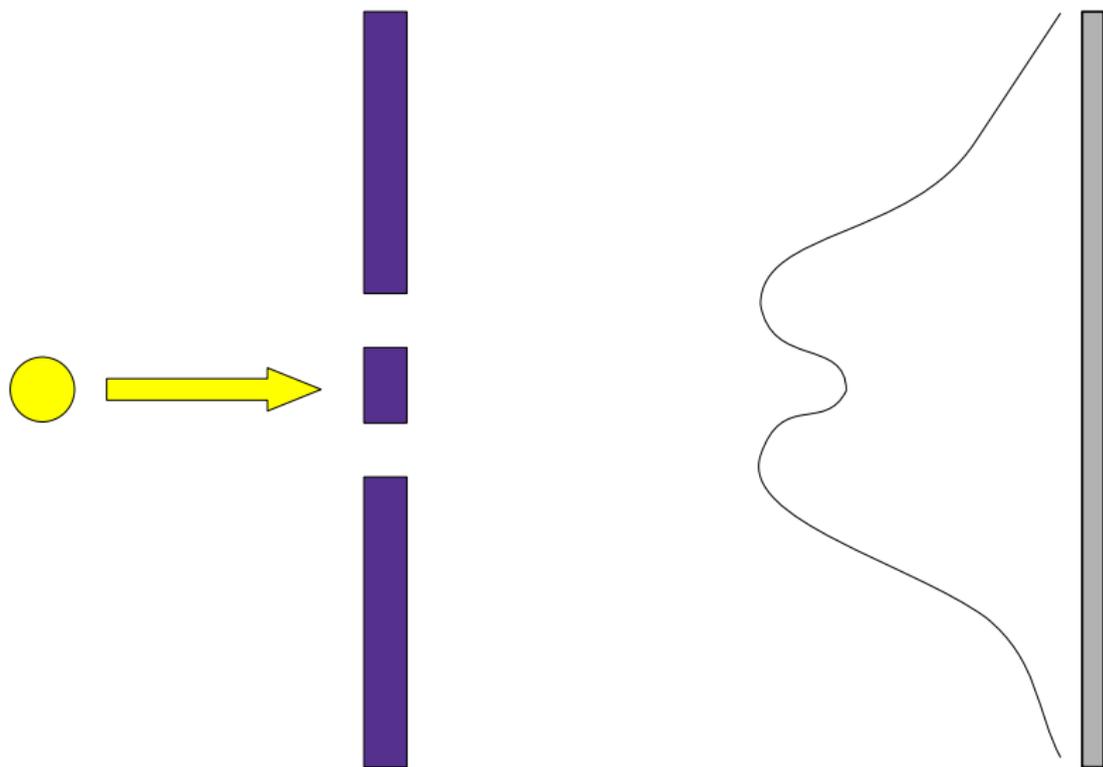
Введение: одна щель



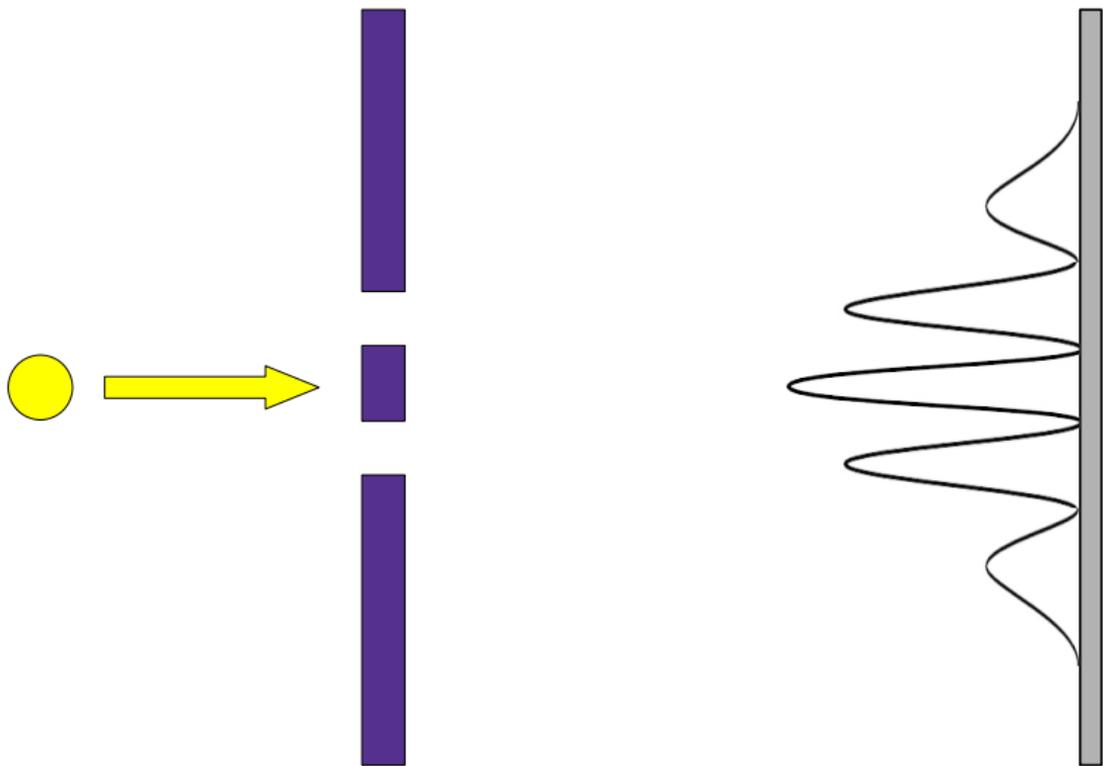
## Двухщелевой опыт: частицы



## Двухщелевой опыт: частицы



## Двухщелевой опыт: волны



## Двухщелевой опыт: волны

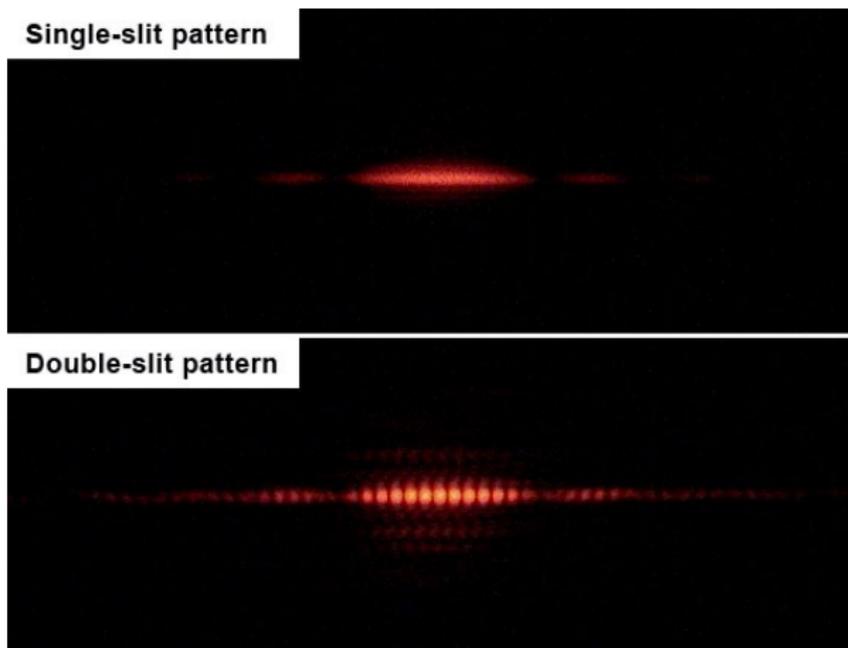
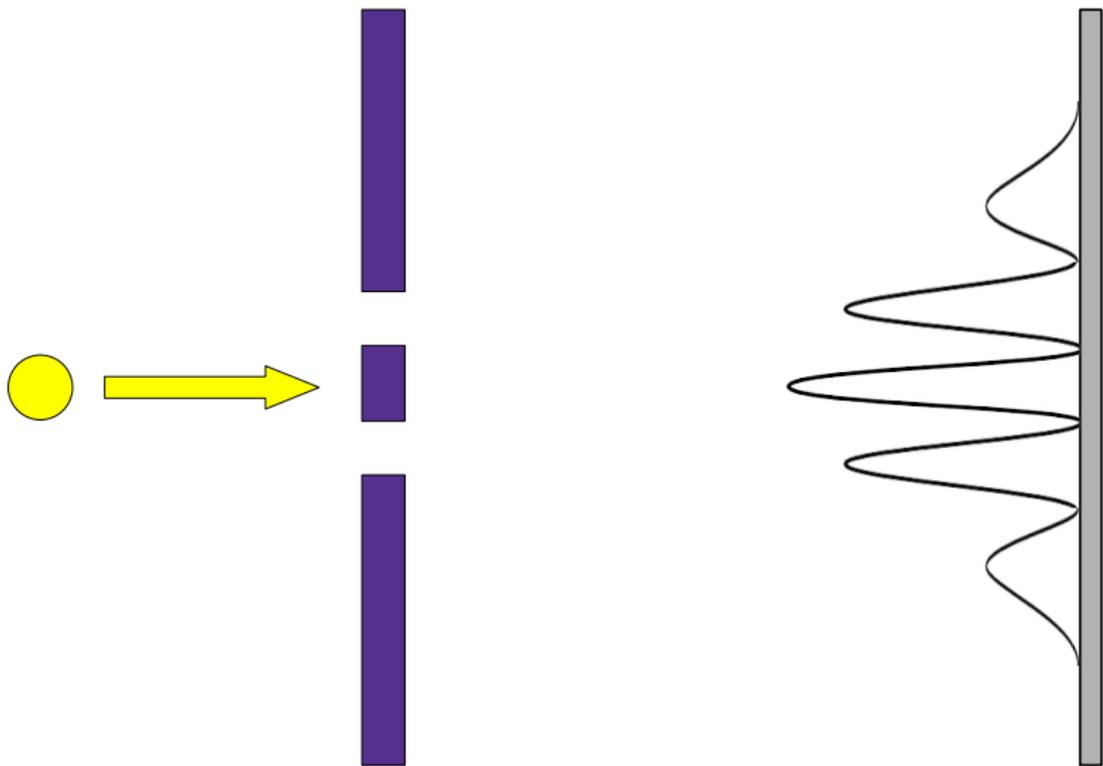
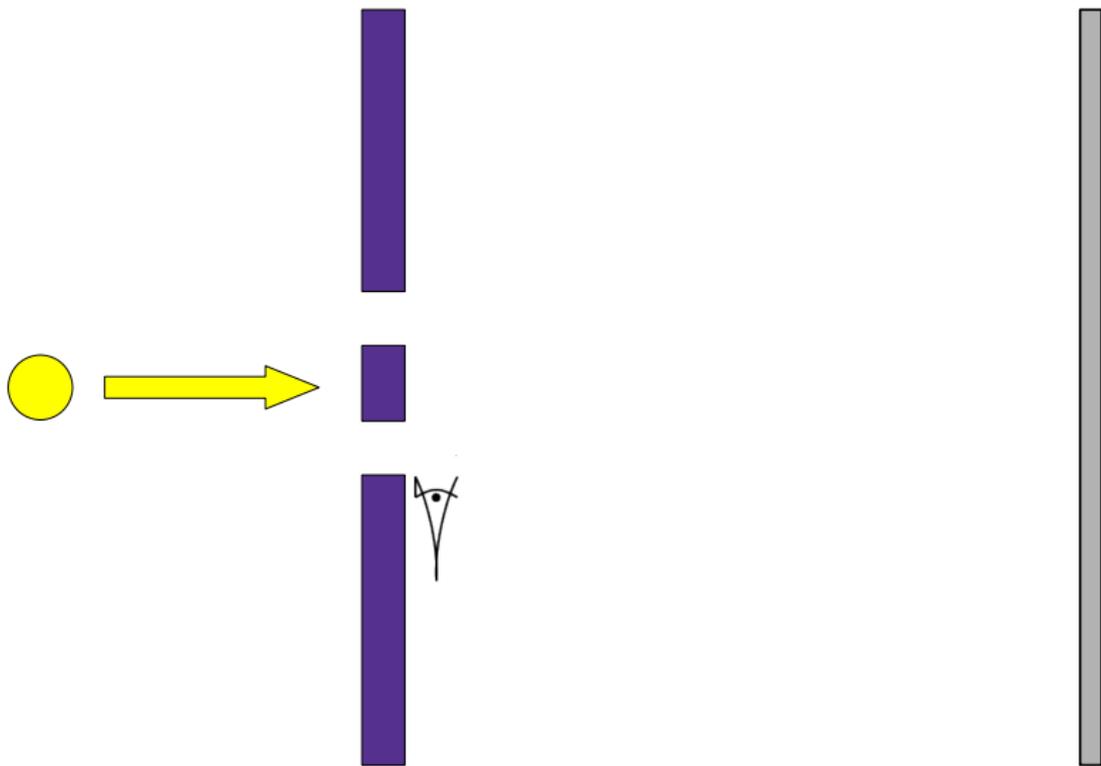


Рис.: Викисклад (Jordgette. CC BY-SA 3.0)

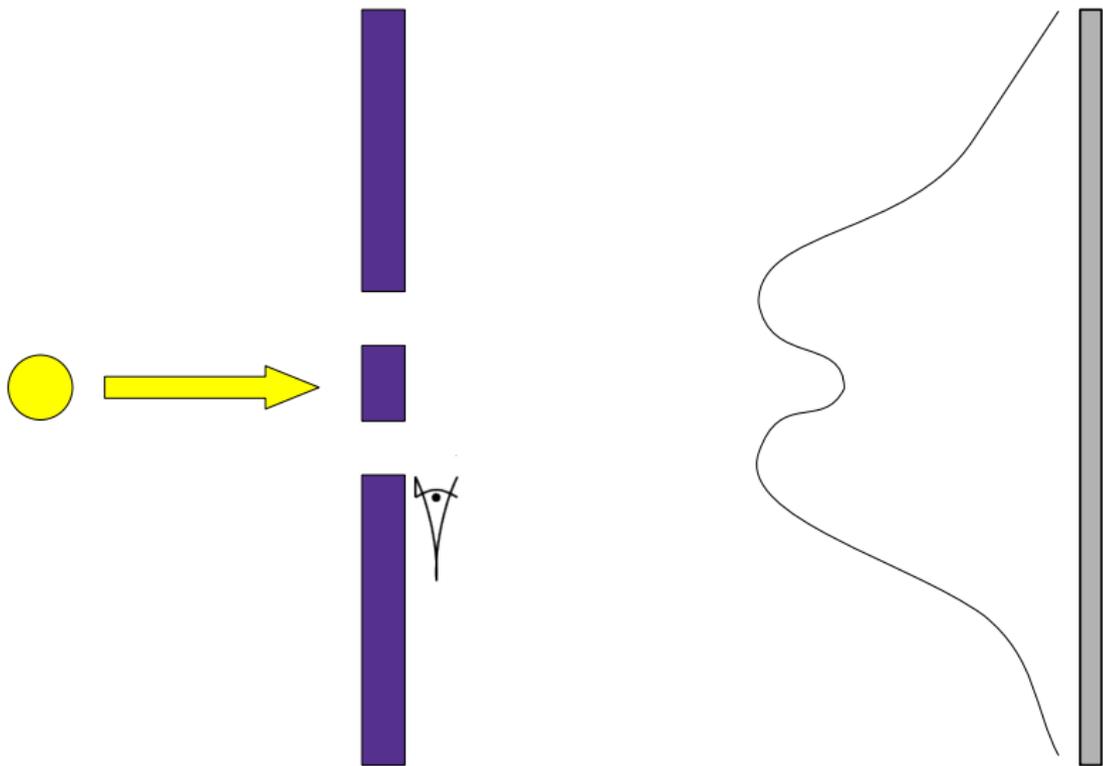
## Двухщелевой опыт: электроны



## Двухщелевой опыт: электроны



## Двухщелевой опыт: электроны



# Эксперимент ГХЦ

- ▶ эксперимент, показывающий, что квантовая механика несовместима с т.н. локальным реализмом

## Эксперимент ГХЦ

- ▶ эксперимент, показывающий, что квантовая механика несовместима с т.н. локальным реализмом
- ▶ предложен Гринбергером, Хорном, Шимони и Цайлингером в 1990 году

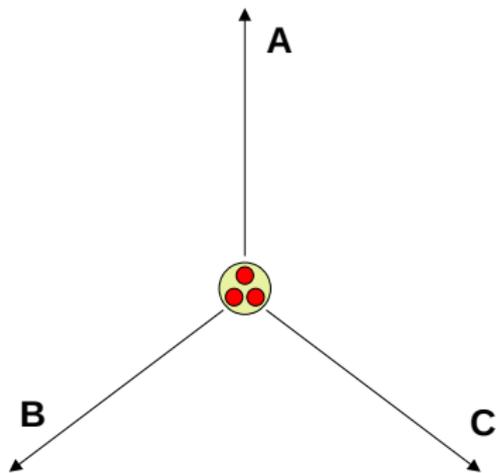
## Эксперимент ГХЦ

- ▶ эксперимент, показывающий, что квантовая механика несопоставима с т.н. локальным реализмом
- ▶ предложен Гринбергером, Хорном, Шимони и Цайлингером в 1990 году
- ▶ экспериментально подтверждён в 2000 году

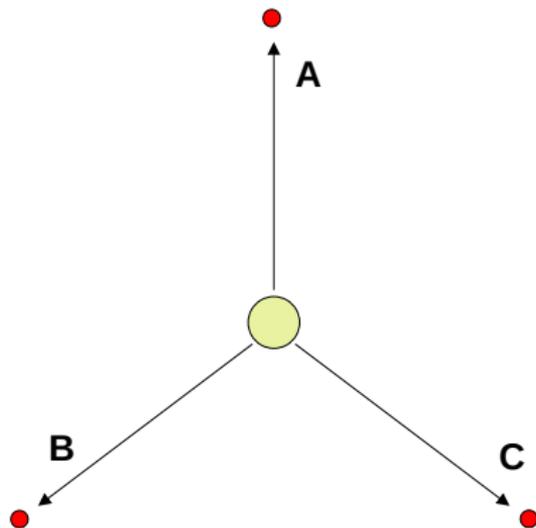
## Эксперимент ГХЦ

- ▶ эксперимент, показывающий, что квантовая механика несовместима с т.н. локальным реализмом
- ▶ предложен Гринбергером, Хорном, Шимони и Цайлингером в 1990 году
- ▶ экспериментально подтверждён в 2000 году
- ▶ в 2022 году, Цайлингер разделил Нобелевскую премию по физике за свой вклад в исследование запутанных частиц и квантовую информатику

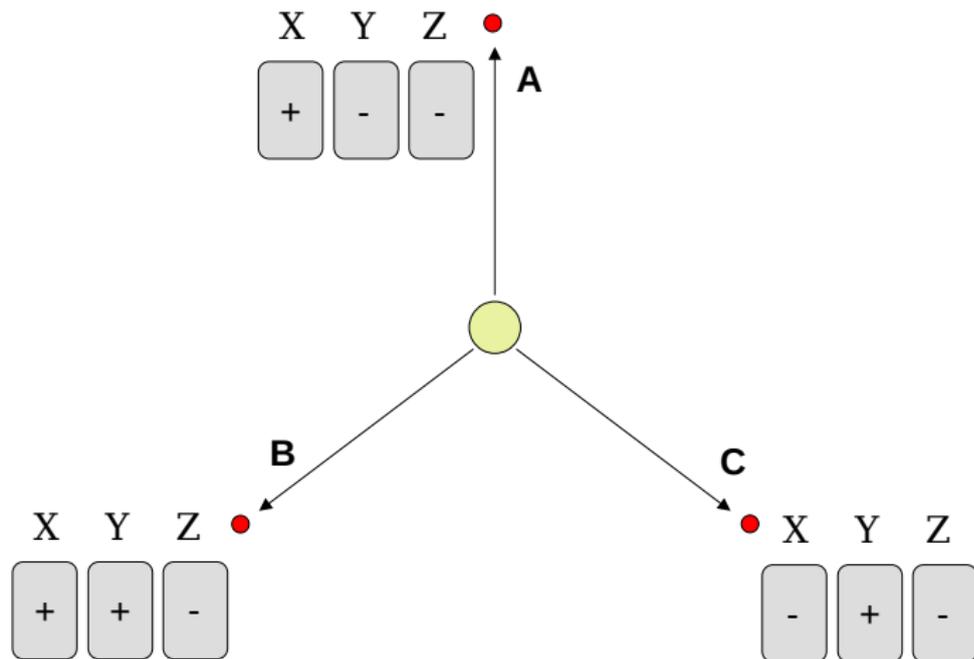
## Эксперимент ГХЦ: подготовка



# Эксперимент ГХЦ: подготовка



# Эксперимент ГХЦ: измерение спина



# Эксперимент ГХЦ

Факты: предсказано теорией, подтверждено опытами

Если  $\mathbf{A}_Z = -$ ,  $\mathbf{B}_Z = -$  и  $\mathbf{C}_Z = -$ , то

# Эксперимент ГХЦ

Факты: предсказано теорией, подтверждено опытами

Если  $\mathbf{A}_Z = -$ ,  $\mathbf{B}_Z = -$  и  $\mathbf{C}_Z = -$ , то

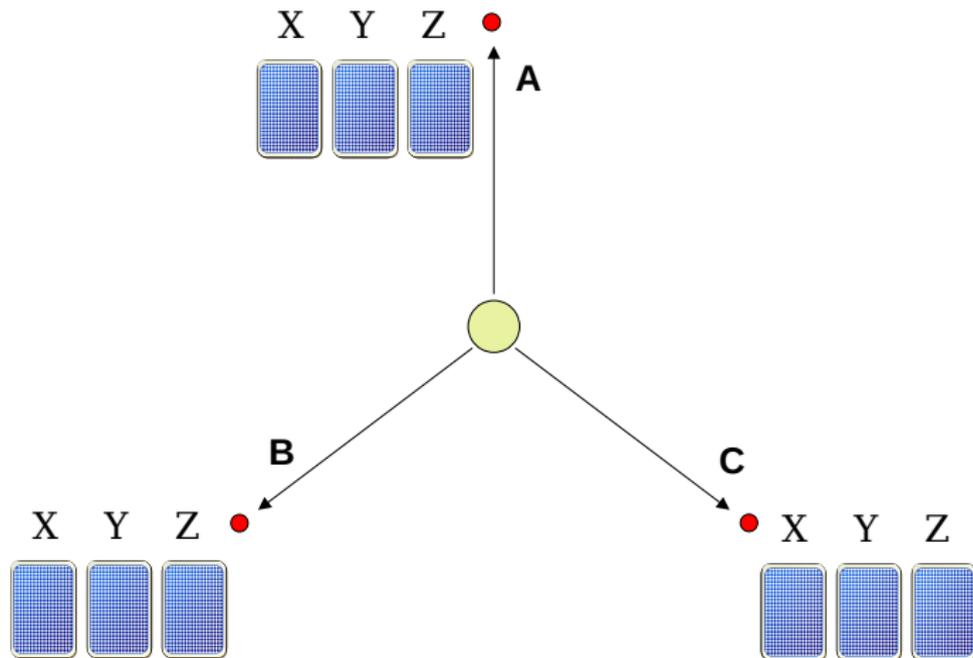
$$\mathbf{A}_X \cdot \mathbf{B}_Y \cdot \mathbf{C}_Y = +,$$

$$\mathbf{A}_Y \cdot \mathbf{B}_X \cdot \mathbf{C}_Y = +,$$

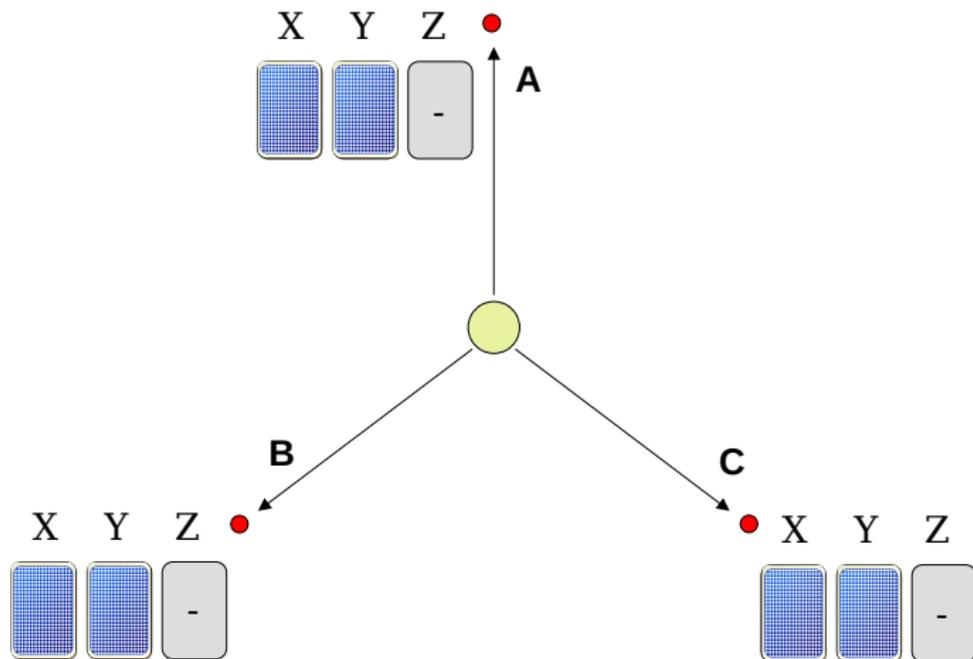
$$\mathbf{A}_Y \cdot \mathbf{B}_Y \cdot \mathbf{C}_X = +,$$

$$\mathbf{A}_X \cdot \mathbf{B}_X \cdot \mathbf{C}_X = -.$$

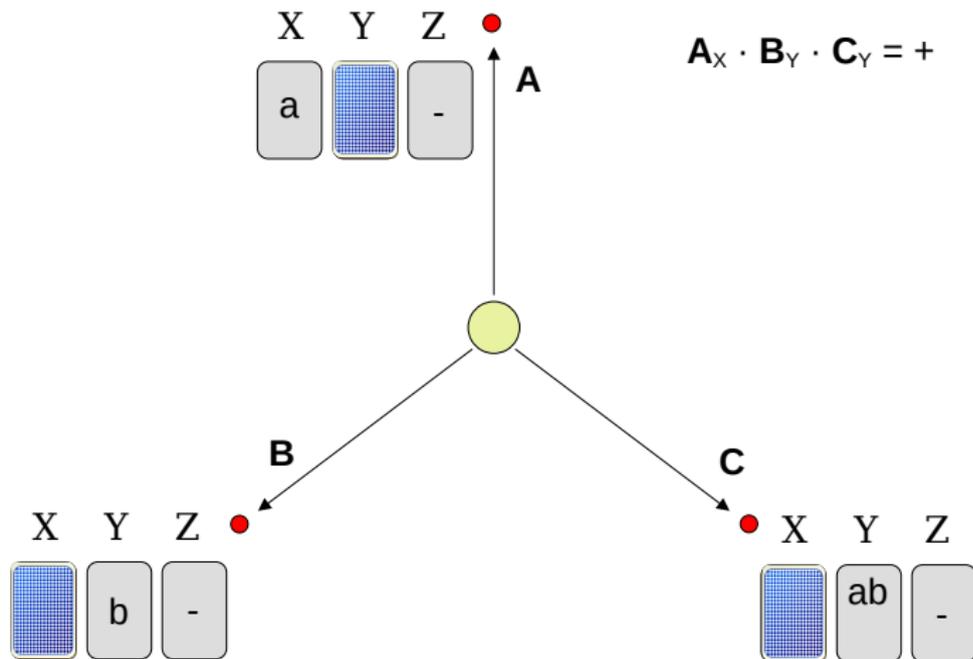
# Эксперимент ГХЦ: локальный реализм



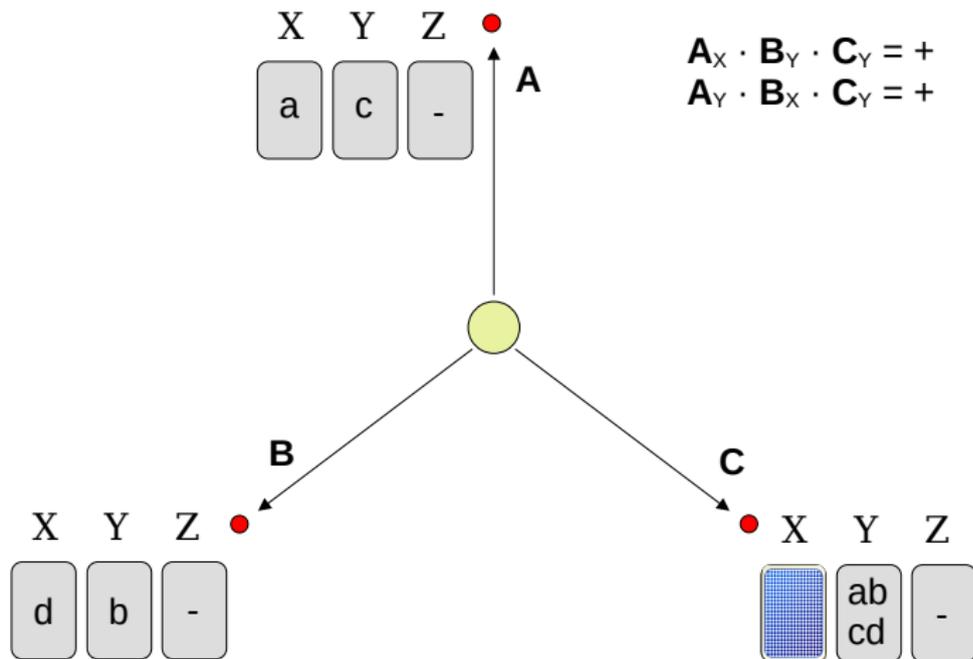
# Эксперимент ГХЦ: локальный реализм



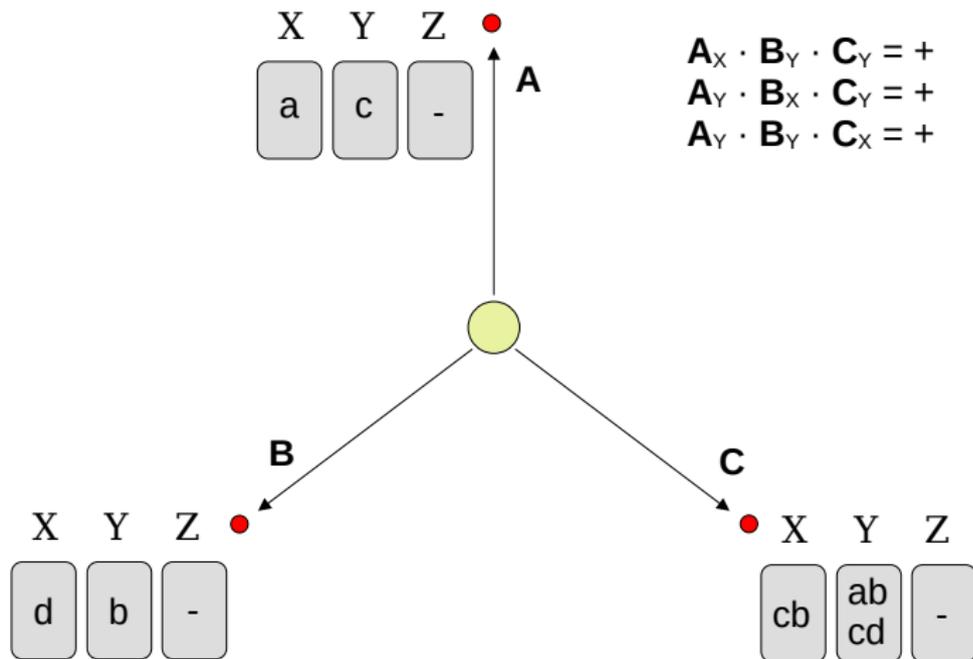
# Эксперимент ГХЦ: локальный реализм



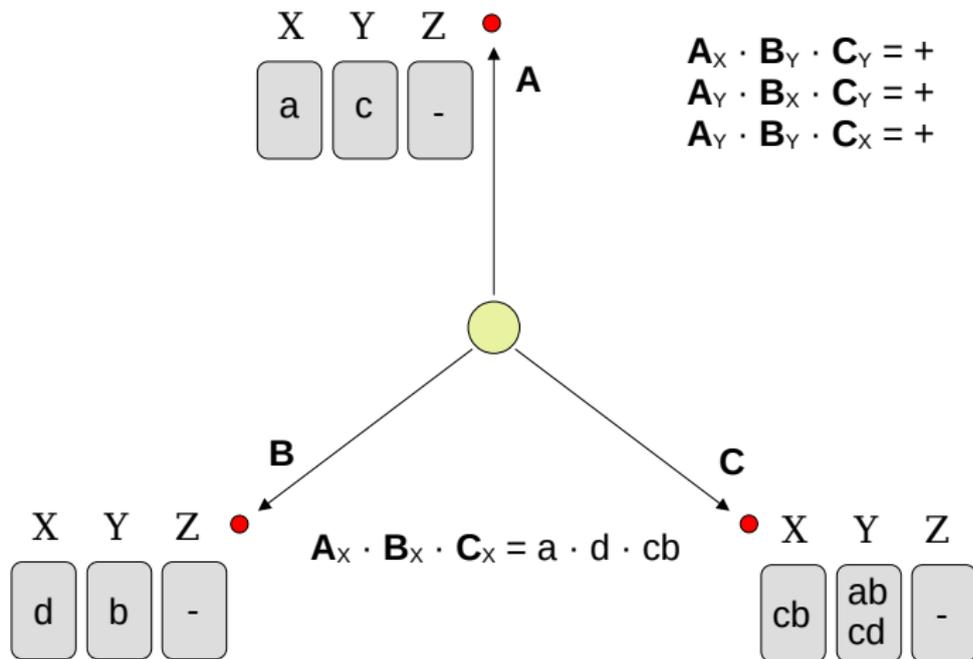
# Эксперимент ГХЦ: локальный реализм



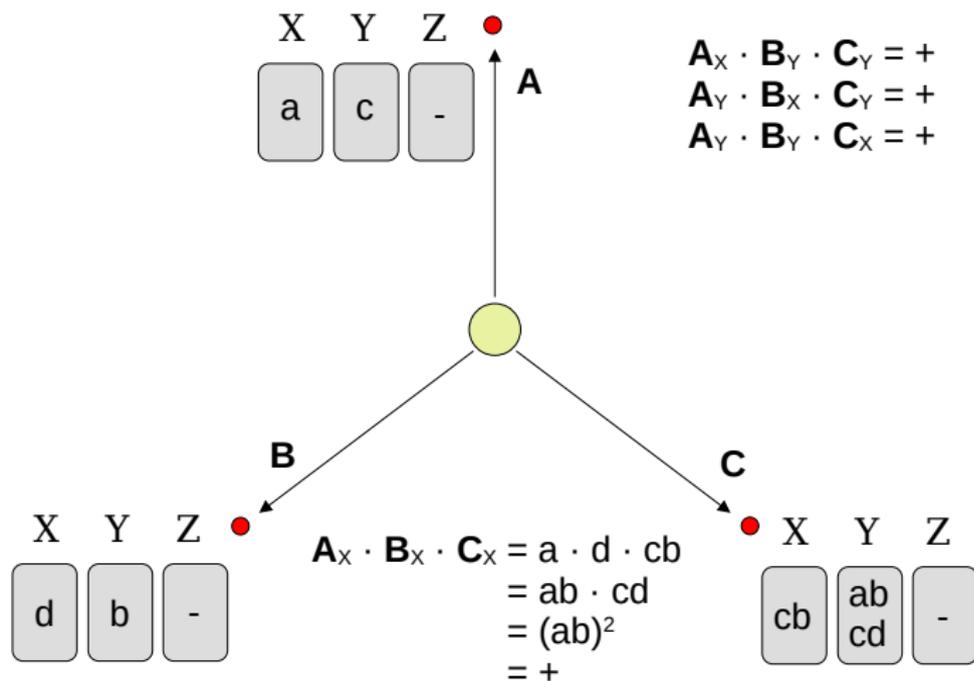
# Эксперимент ГХЦ: локальный реализм



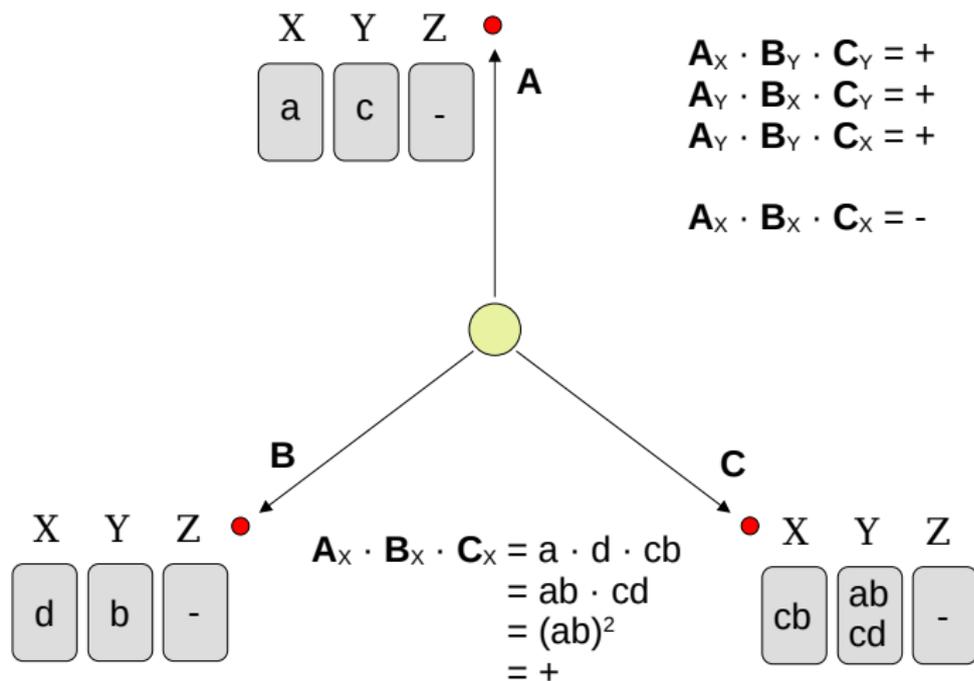
# Эксперимент ГХЦ: локальный реализм



# Эксперимент ГХЦ: локальный реализм



# Эксперимент ГХЦ: локальный реализм



# Эксперимент ГХЦ: локальный реализм

???

## Источники

- ▶ *Двухщелевой опыт*. Википедия. Прочитано 5.4.2023.
- ▶ Anil Ananthaswamy. *Particle, wave, both or neither? The experiment that challenges all we know about reality*. Nature. 2023.
- ▶ *Теорема Гринбергера, Хорна, Цайлингера*.  
[http://www.eslitak.com/index/teorema\\_gkhc/0-19](http://www.eslitak.com/index/teorema_gkhc/0-19). 2019.
- ▶ Daniel M. Greenberger, Michael A. Horne, Abner Shimony, Anton Zeilinger. *Bell's theorem without inequalities*. American Journal of Physics. 1990.
- ▶ Jian-Wei Pan, Dik Bouwmeester, Matthew Daniell, Harald Weinfurter, Anton Zeilinger. *Experimental test of quantum nonlocality in three-photon Greenberger–Horne–Zeilinger entanglement*. Nature. 2000.
- ▶ *The Nobel Prize in Physics 2022*.  
<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/summary/>. 2022.

Благодарю за ваше внимание!