

---

Группа	<u>М32021</u>	К работе допущен	<u></u>
Студент	<u>Лопатенко</u>	Работа выполнена	<u>08.05.2023</u>
Преподаватель	<u>Тимофеева Э.О.</u>	Отчет принят	<u></u>

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №5.IBM.2

---

Многокубитные цепи в IBM Quantum

---

### 1. Цель работы:

Получить навыки применения управляемых многокубитных вентилей и реализации квантовых алгоритмов на их основе.

### 2. Задачи, решаемые при выполнении работы:

1. Построить многокубитные квантовые цепи;
2. Зарегистрировать результаты моделирования цепочек;
3. Сравнить данные моделирований с теоретическими распределениями.

### 3. Объект исследования:

Квантовый компьютер, распределение вероятности многокубитных цепей.

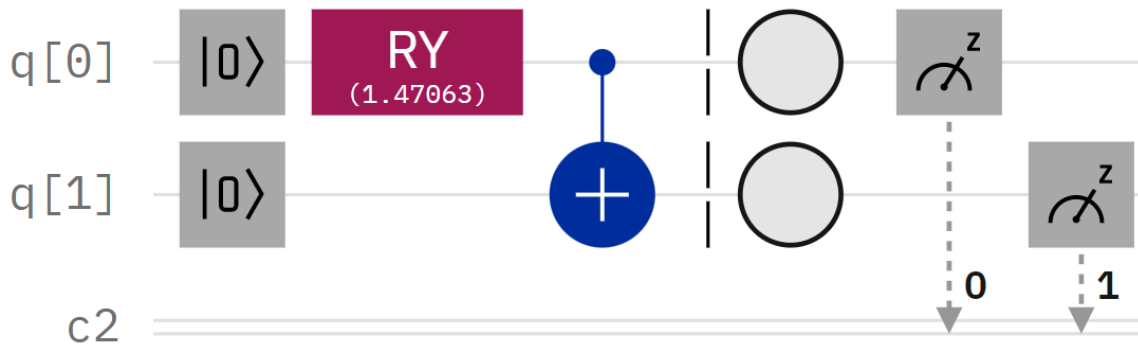
### 4. Метод экспериментального исследования:

Внедрение вентилей в построение схем, проведение моделирований.

## 5. Выполнение упражнения №3:

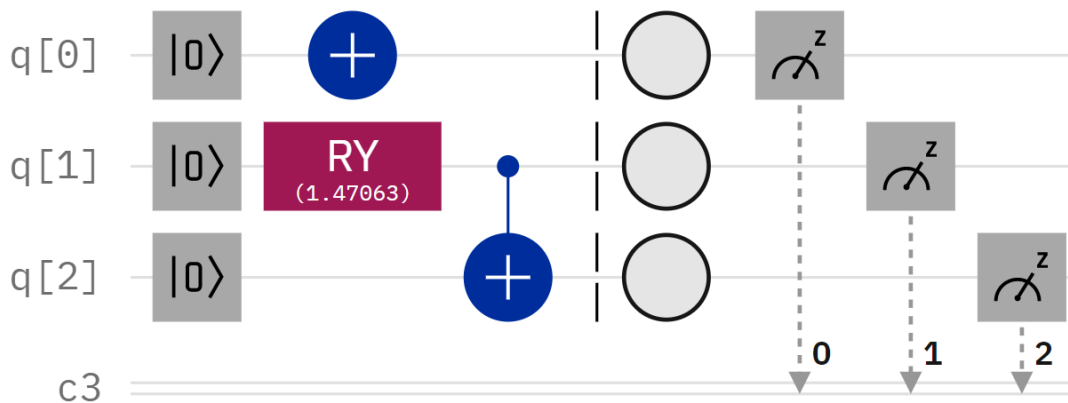
### 5.1. Реализовать схему построения запутанного состояния ( $\sqrt{0.55}|00\rangle + \sqrt{0.45}|11\rangle$ )

Запутанное состояние можно получить контролируемым вентилем *CNOT* на два кубита, тогда для первого кубита можно применить поворот относительно оси *RY* на угол  $\theta = 2\arccos(\sqrt{0.55}) \approx 1.47063$



	Frequency (quantity)		Frequency (out of 1)	
Shots	$ 11\rangle$	$ 00\rangle$	$ 11\rangle$	$ 00\rangle$
2048	946	1102	0.4619	0.5381

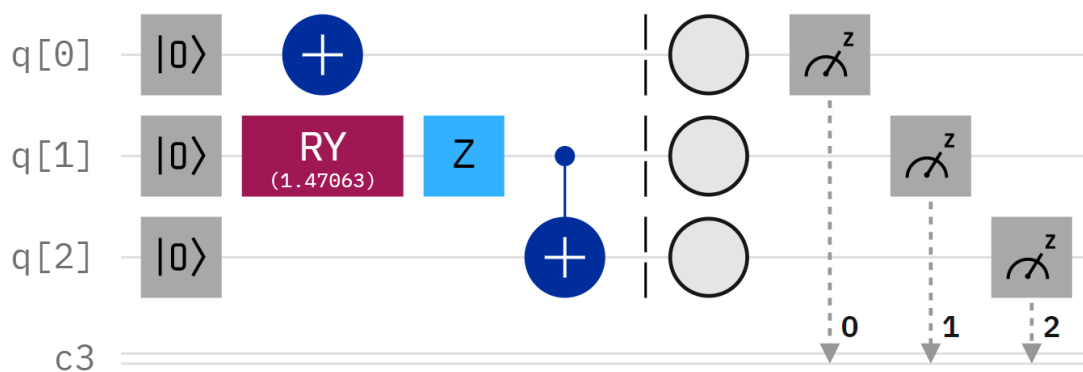
### 5.2. Реализовать запутанное состояние ( $\sqrt{0.55}|001\rangle + \sqrt{0.45}|111\rangle$ )



Очевидно, что состояние суперпозиции системы из трех кубитов получается из предыдущего пунктом добавлением дополнительного кубита в состоянии  $|1\rangle$ . Заметим, что распределение вероятностей не изменилось, так как присоединенный кубит находится в детерминированном состоянии.

	Frequency (quantity)		Frequency (out of 1)	
Shots	$ 111\rangle$	$ 001\rangle$	$ 111\rangle$	$ 001\rangle$
2048	926	1122	0.4521	0.5479

### 5.3. Реализовать запутанное состояние ( $\sqrt{0.55}|001\rangle - \sqrt{0.45}|111\rangle$ )

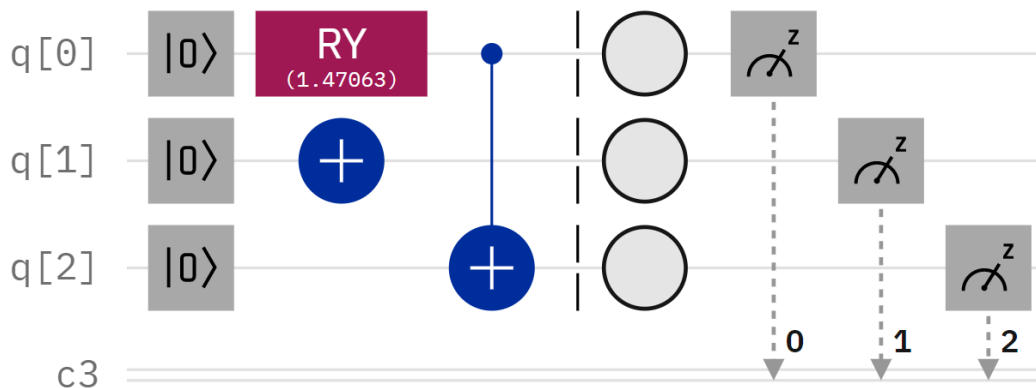


Как и в случае с одним кубитом, достаточно применить оператор Паули, соответствующий компоненте  $\sigma_z$  для инвертирования состояния  $|1\rangle$ .

Распределение вероятностей не изменилось, так как присоединенный кубит детерминирован, а оператор Паули лишь меняет знак перед состоянием  $|111\rangle$ .

	Frequency (quantity)		Frequency (out of 1)	
Shots	$ 111\rangle$	$ 001\rangle$	$ 111\rangle$	$ 001\rangle$
2048	958	1090	0.4678	0.5322

### 5.4. Реализовать запутанное состояние ( $\sqrt{0.55}|010\rangle + \sqrt{0.45}|111\rangle$ )



Для получения соответствующей системы необходимо лишь изменить порядок следования кубитов.

Симуляция подтверждает, что распределение вероятностей не изменилось.

	Frequency (quantity)		Frequency (out of 1)	
Shots	$ 111\rangle$	$ 010\rangle$	$ 111\rangle$	$ 010\rangle$
2048	923	1125	0.4507	0.5493

## 6. Вывод:

В ходе выполнения лабораторной работы были разобраны особенности построения многокубитных квантовых систем в симуляторе IBM Quantum и сделаны выводы о том, что в сущности системы на нескольких кубитах собираются достаточно просто в кубитах по отдельности (с применением тех знаний о построениях, которые были получены в предыдущих упражнениях).