

[양자컴퓨터 코딩으로 이해하는 양자역학]

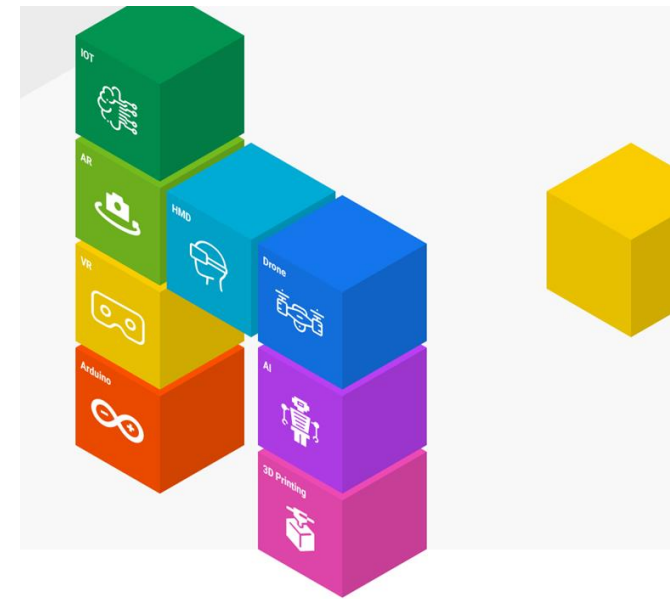
양자역학을 코딩으로 만들어 보기



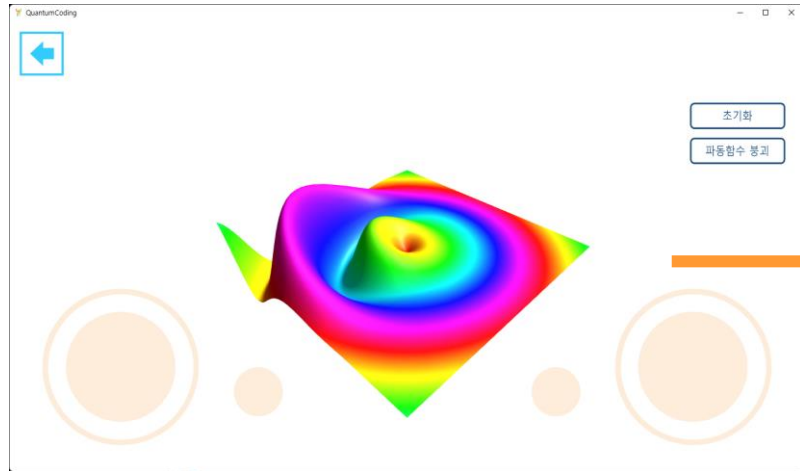
www.helloapps.co.kr

김 영 준 / 070-4417-1559 / splduino@gmail.com

양자 컴퓨터 기초 지식

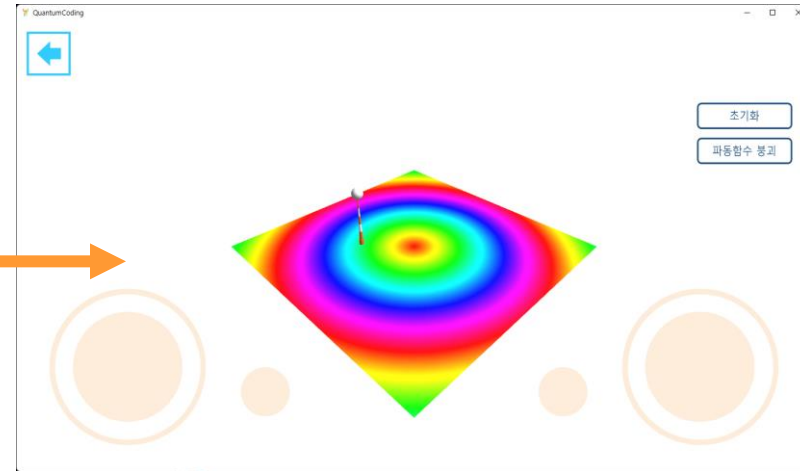


양자컴퓨터의 이해



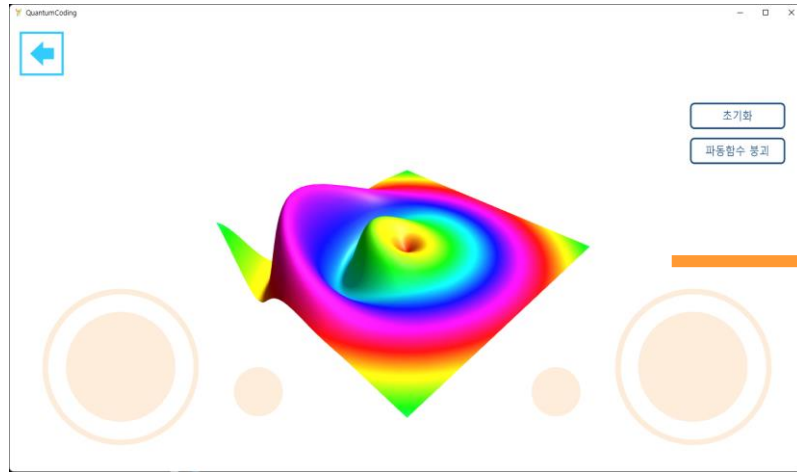
확률 상태를 큐비트로
표현함

관측(측정)



확률 상태를 비트로
표현함 (0 또는 1)

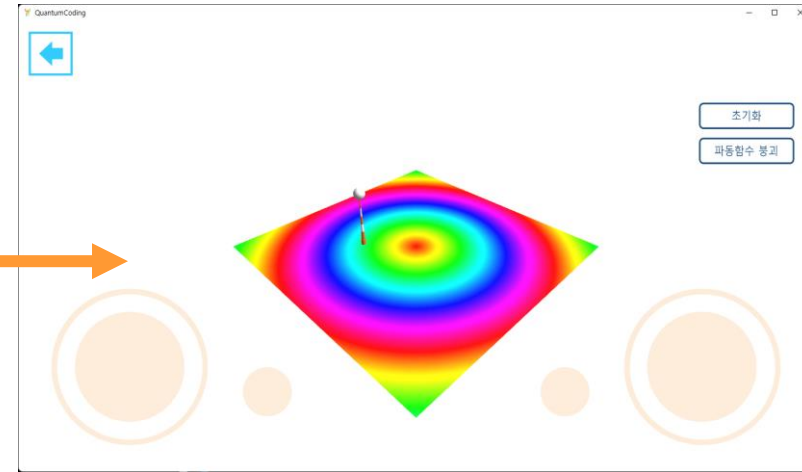
양자컴퓨터의 이해



확률 상태를 큐비트로
표현함

큐비트 레지스터에 상태를 저장함

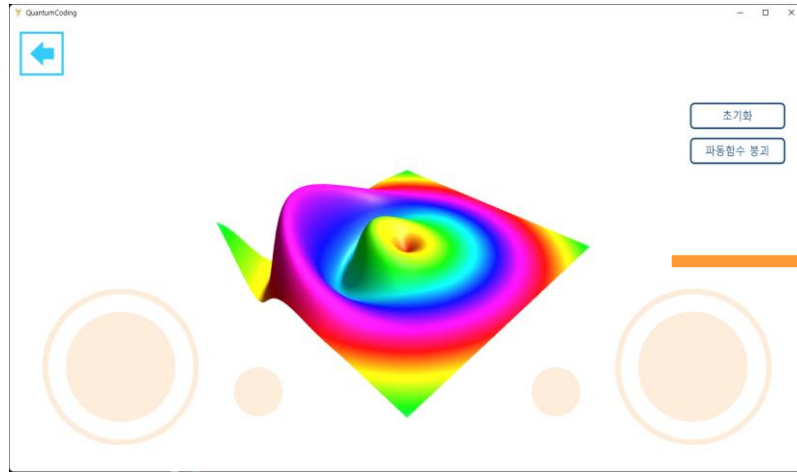
관측(측정)



확률 상태를 비트로
표현함 (0 또는 1)

출력 레지스터에 상태를 저장함

양자컴퓨터의 이해

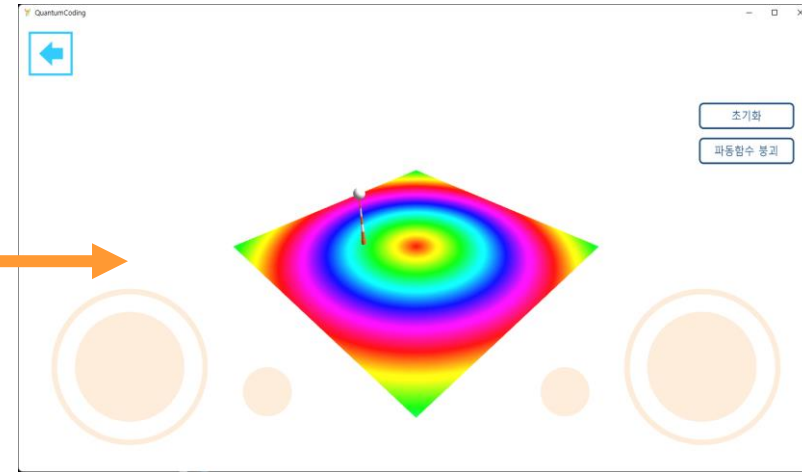


확률 상태를 큐비트로
표현함

큐비트 레지스터에 상태를 저장함

큐비트 게이트 명령어로 확률을 조작함

관측(측정)



확률 상태를 비트로
표현함 (0 또는 1)

출력 레지스터에 상태를 저장함

논리 게이트 명령어를 연산을 함

양자컴퓨터의 이해



양자컴퓨터의 프로그래밍 과정

큐비트

관측(측정)

비트

큐비트 레지스터에 상태를 저장함

큐비트 게이트 명령어로 확률을 조작함

출력 레지스터에 상태를 저장함

논리 게이트 명령어를 연산을 함

데이터 표현 방식



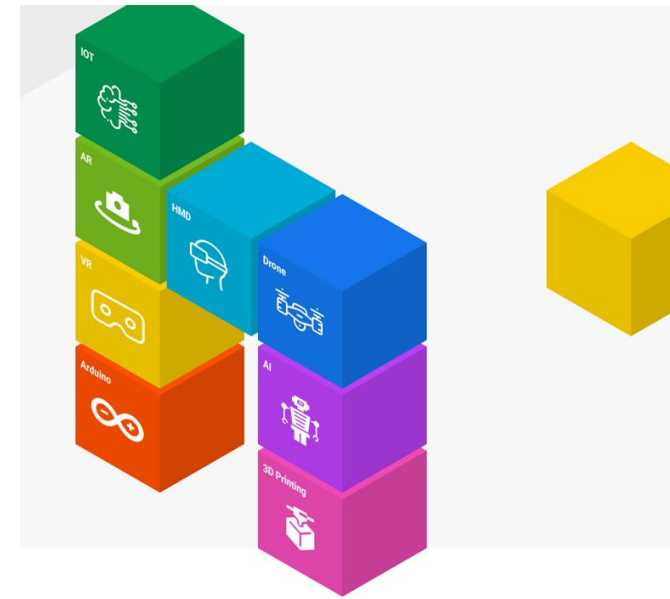
일반 컴퓨터

- 비트
- 0 ~ 1

양자 컴퓨터

- 큐비트
- 다양한 확률로 무수히 많은 상태 저장

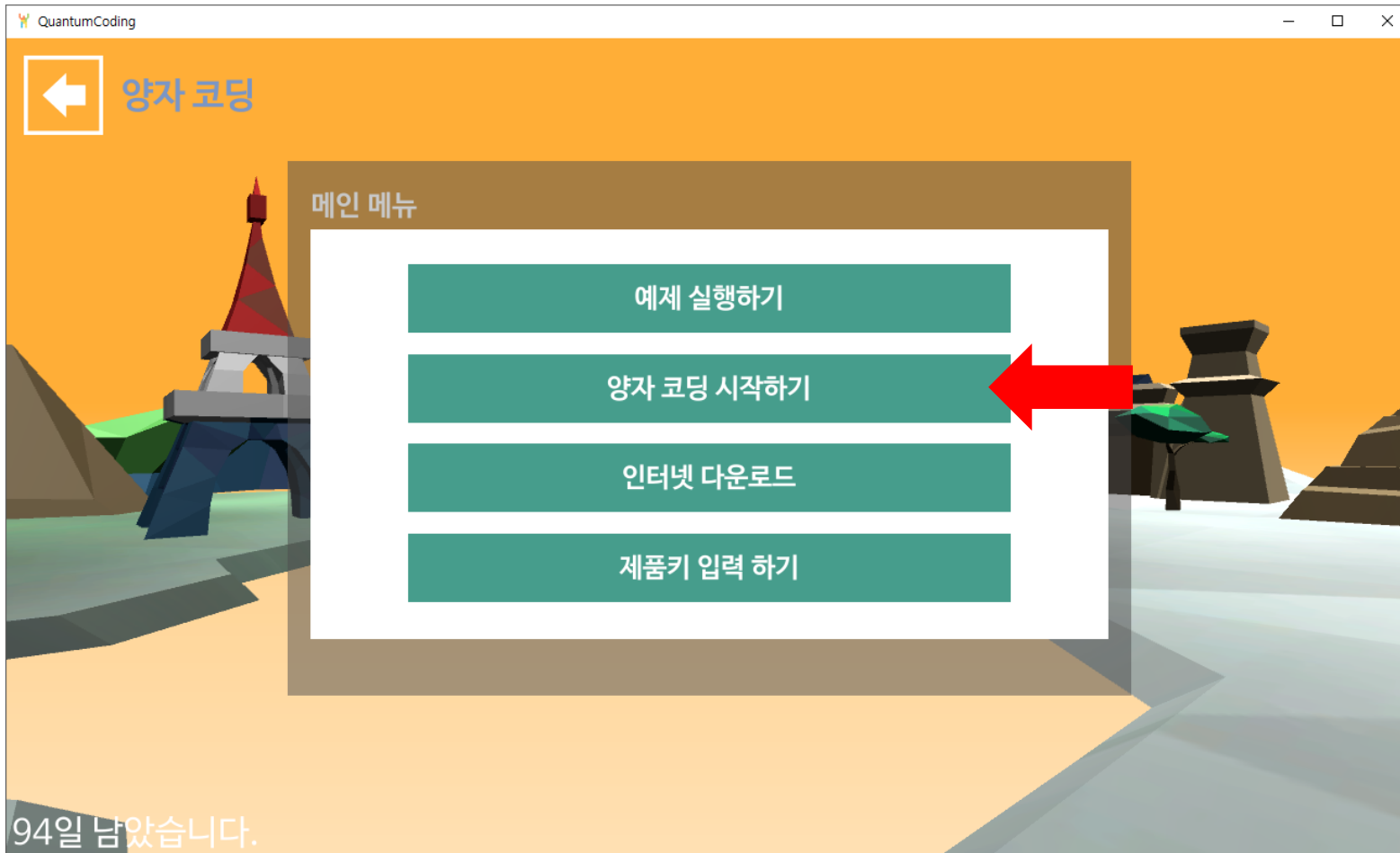
양자 코딩 시작하기



양자 코딩 시작하기



메인 메뉴에서 양자코딩 시작하기 버튼을 클릭합니다.



양자 코딩 시작하기



화면 맨 아래에 있는 스크립트 새로 만들기 버튼을 클릭합니다.

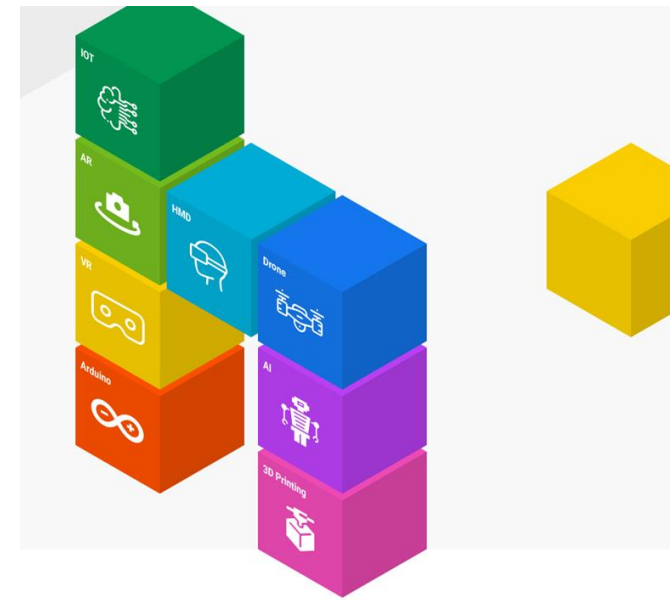


양자 코딩 시작하기



The screenshot shows the QuantumCoding web application interface. At the top, there is a navigation bar with a back arrow, the text "Quantum (2023-01-09 09:50)", and buttons for "복사모드", "화면확대", "화면축소", a refresh arrow, and "Eng". Below the navigation bar, the interface is divided into three main sections: "양자 코딩 명령어" (Quantum Coding Commands), "블록모드" (Block Mode), and "텍스트모드" (Text Mode). The "양자 코딩 명령어" section contains a list of commands with expandable dropdown menus, including "로직 명령어", "양자 로직 명령어", "양자 회로 입출력", "단일 큐비트 게이트", "멀티 큐비트 게이트", "양자 회로 분석", "양자 회로 도구", "내보내기 및 불러오기", "양자 역학 실험", "개념 실험", "과학 모델", and "태양계 행성 만들기". The "블록모드" section is currently empty. The "텍스트모드" section is also empty. On the right side, there is a "컴포넌트" (Component) section with a preview of a 3D landscape scene labeled "속성" (Properties). At the bottom right, there are buttons for "새파일" (New File), a globe icon, a folder icon, and a play button icon.

양자 컴퓨팅 코딩 과정

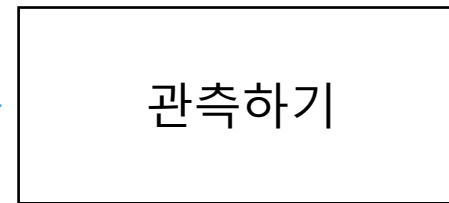
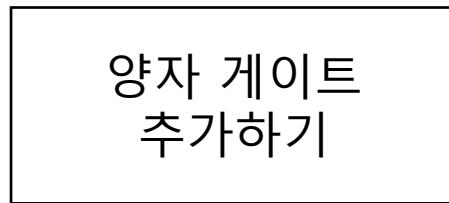
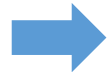
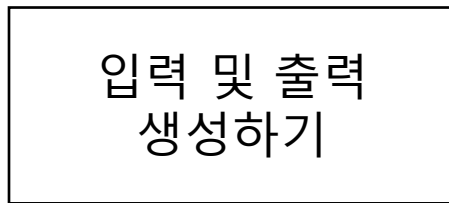


양자 컴퓨팅 명령어의 구성



양자컴퓨팅의 명령어 구성은 크게 3단계로 구성됩니다.

양자 레지스터와 출력 레지스터가
있습니다.

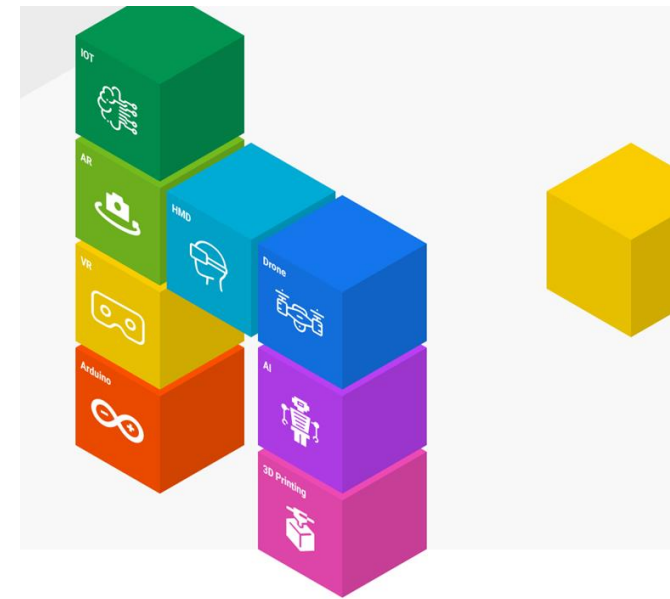


0 또는 1로 최종 결정되어 출력됩니다.

관측을 하기 전까지 각 큐비트들은
다양한 가능성을 가지는 상태로
존재합니다.

양자 게이트 명령어들을 각 큐비트에
대해 각도를 조절하는 명령어로
구성됩니다.

나의 첫번째 양자 코딩

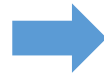
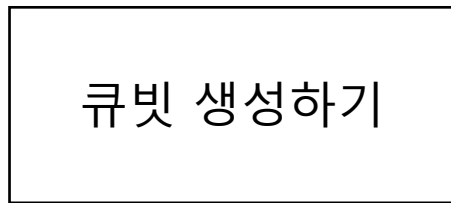


나의 첫번째 양자 코딩

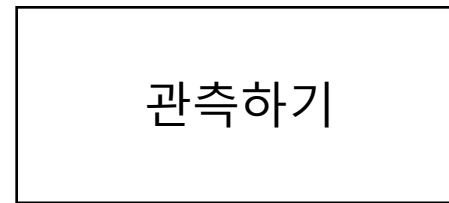


첫 번째 예제로 입력을 그대로 출력해 보는 기능을 작성해 봅니다.

0 으로 초기화 한 상태에서 시작합니다.



0 또는 1로 최종 결정되어 출력됩니다.

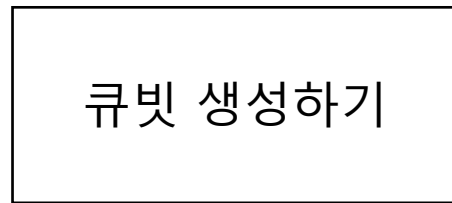


나의 첫번째 양자 코딩



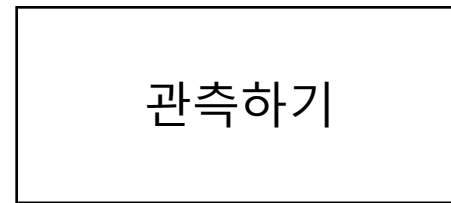
첫 번째 예제로 입력을 그대로 출력해 보는 기능을 작성해 봅니다.

0 으로 초기화 한 상태에서 시작합니다.



큐빗 레지스터

0 또는 1로 최종 결정되어 출력됩니다.

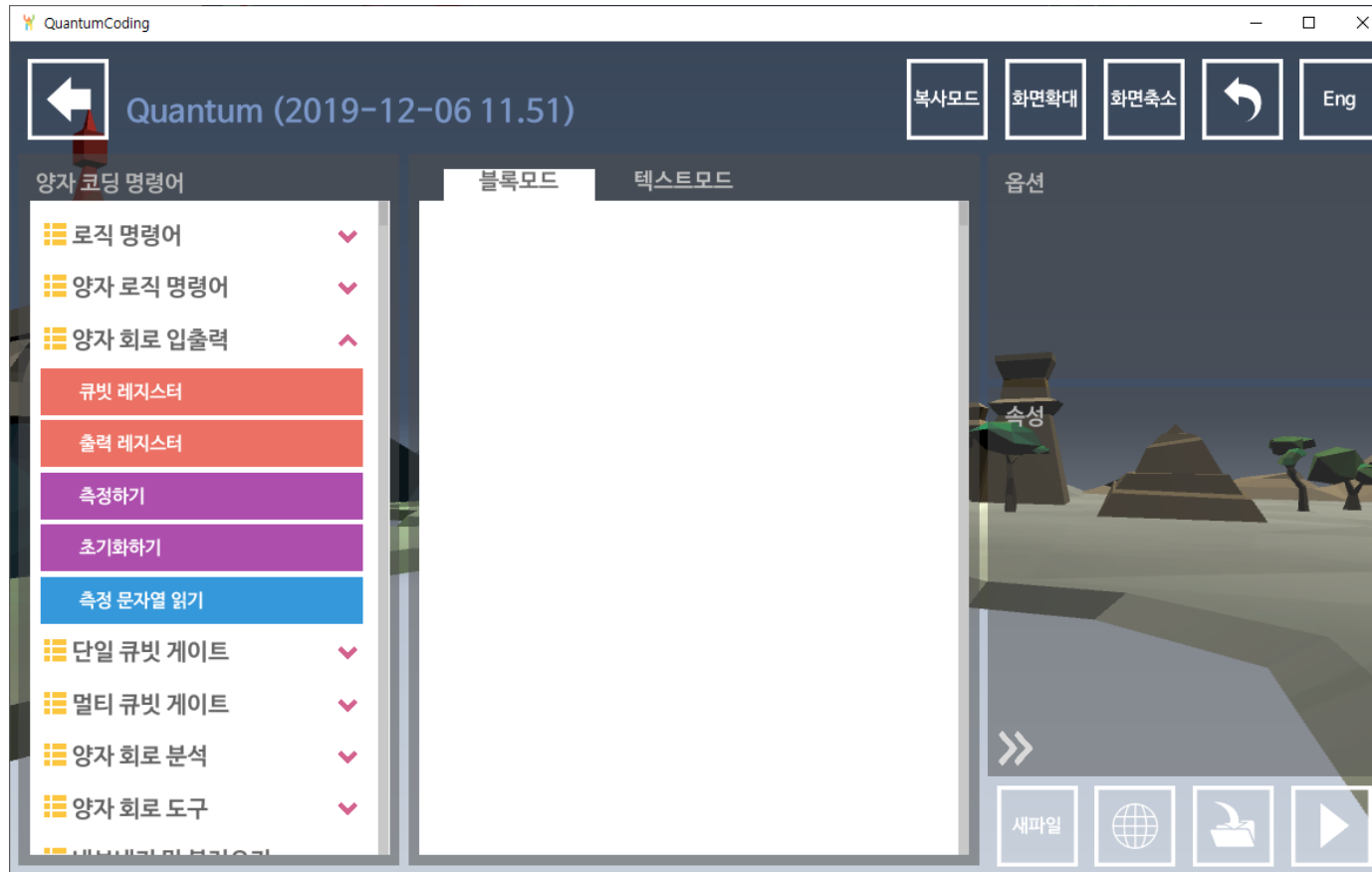


출력 레지스터

큐빗 생성하기



양자회로 입출력 명령어 그룹을 클릭합니다.



큐빗 생성하기



큐빗 레지스터와 출력 레지스터를 각각 가운데로 끌어다 놓습니다.

The screenshot shows the QuantumCoding application window. On the left, a sidebar lists various quantum coding components. Two red arrows point from the '큐빗 레지스터' (Quantum Register) and '출력 레지스터' (Output Register) items in the sidebar to their respective entries in the main workspace. The main workspace, titled '블록모드' (Block Mode), contains two red blocks: '큐빗 레지스터 q, 1' and '출력 레지스터 c, 1'. On the right, a '컴포넌트' (Component) panel shows the configuration for the '출력 레지스터' (Output Register), with '이름' (Name) set to 'c' and '길이' (Length) set to '1'. The top of the window features a navigation bar with buttons for '복사모드' (Copy Mode), '화면확대' (Zoom In), '화면축소' (Zoom Out), a refresh icon, and 'Eng'.

큐빗 생성하기



아래의 명령어는 q라는 이름의 큐빗 1개를 생성 하라는 의미입니다.

큐빗 레지스터 q, 1



q[0]

큐빗 1개를 생성한 후, 해당 큐빗은 0으로 초기값을 가집니다.

생성되는 큐빗은 0번 부터 번호가 부여됩니다.

q[0]

만약 2개의 큐빗을 생성하면 0번과 1번 큐빗이 생성됩니다.

q[0], q[1]



큐빗 생성하기



아래의 명령어는 c라는 이름의 출력 레지스터 1개를 생성 하라는 의미입니다.

```
● 출력 레지스터 c, 1 × c[0]
```

1개의 비트로 구성된 저장소를 생성한 후, 해당 비트를 0으로 초기화 합니다.

생성되는 저장소는 0번 부터 번호가 부여됩니다.

따라서 위와 같이 1개를 생성하면 0번 비트가 생성됩니다. c[0]

만약 2개의 출력 레지스터를 생성하면 0번과 1번 레지스터가 생성됩니다. c[0], c[1]

c라는 이름의 byte형 변수라고 생각하면 됩니다.

측정하기

측정하기 명령어를 마우스로 드래그하여 추가합니다.

The screenshot shows the QuantumCoding application window. The title bar reads 'QuantumCoding'. The main window has a dark blue header with a back arrow, the text 'Quantum (2023-01-09 11.27)', and buttons for '복사모드', '화면확대', '화면축소', a refresh icon, and 'Eng'. Below the header, there are three tabs: '양자 코딩 명령어', '블록모드', and '텍스트모드'. The '양자 코딩 명령어' tab is active, showing a list of quantum coding commands. A red arrow points to the '측정하기' (Measure) command in this list. The '블록모드' tab is also active, showing a list of components: '큐비트 레지스터 q, 1', '출력 레지스터 c, 1', and '측정하기 q, c'. The '측정하기 q, c' component is highlighted in purple. The '텍스트모드' tab is inactive. The '컴포넌트' (Components) panel on the right shows a 3D landscape with a tree and a building. It has a title '속성 측정하기' (Properties Measure) and two input fields: '큐비트' (qubit) with the value 'q' and '출력' (output) with the value 'c'. At the bottom of the window, there are buttons for '새파일' (New File), a globe icon, a printer icon, and a play button icon.

측정하기



큐비트 측정하기 명령어는 지정된 큐비트를 측정(관측)하여 출력 레지스터에 저장하는라는 명령어입니다.

● 측정하기 q, c



각 큐비트에 대해서 측정은 한번만 실행할 수 있으며, 측정된 큐비트에 대해서는 더 이상 게이트 연산을 적용할 수 없습니다.

다시 게이트를 적용하려면 초기화 명령어를 사용하면 됩니다.



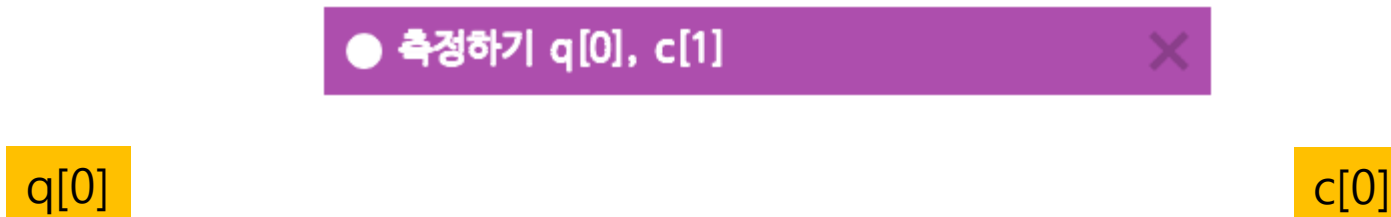
측정하기



모든 큐비트에 대해 측정하는 경우



특정 큐비트에 대해 측정하는 경우



측정값 읽어오기



측정값을 문자열로 읽어오는 명령어를 다음과 같이 추가합니다.

The screenshot shows a quantum circuit editor interface. On the left, under the heading '양자 코딩 명령어', there is a list of commands with expand/collapse arrows. The '측정 문자열 읽기' (Measure string) command is highlighted in blue. A red arrow points from this command to the right-hand side of the interface. On the right, under the heading '블록모드' (Block mode), there is a list of components. The 'r = 측정 문자열 읽기(c)' (Measure string read) component is highlighted in blue and has a radio button selected next to it. Other components in the list include '큐비트 레지스터 q, 1', '출력 레지스터 c, 1', and '측정하기 q, c'. The interface also has a '텍스트모드' (Text mode) tab.

측정값 읽어오기



변수 `c`에는 측정값이 `byte` 형의 숫자로 저장되어 있습니다.
이 값을 이진수 문자열로 변환해주는 함수입니다.

● `r = 측정 문자열 읽기(c)` ✕

측정값 화면에 출력하기



측정값을 화면에 출력하기 위해서 문자라인 출력 명령어를 추가해 보겠습니다. 문자라인 출력 명령어는 맨 위에 있는 로직 명령어 그룹에 있습니다.

QuantumCoding

Quantum (2019-12-06 11.51)

복사모드 화면확대 화면축소 ↶ Eng

양자 코딩 명령어

로직 명령어

- 수식 명령어
- 문자 출력
- 문자라인 출력
- 기다리기
- if
- else
- else if
- for
- while
- 함수
- Setup 함수

블록모드 텍스트모드 옵션

- 큐비트 레지스터 q, 2
- 출력 레지스터 c, 2
- 측정하기 q[0], c[0]
- r = 측정 문자열 읽기(c)

속성

측정 문자열 읽기

변수 이름 r

출력 c

새파일

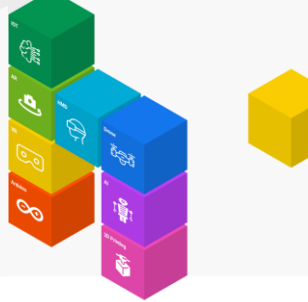
측정값 화면에 출력하기



문자라인 출력 명령어를 프로그램에 추가합니다.

양자 코딩 명령어	블록모드	텍스트모드
로직 명령어		
수식 명령어		
문자 출력		
문자라인 출력		
기다리기		
if		
else		
else if		
for		
	큐비트 레지스터 q, 1	×
	출력 레지스터 c, 1	×
	측정하기 q, c	×
	r = 측정 문자열 읽기(c)	×
	<input checked="" type="radio"/> 문자라인 출력(r)	×

실행하기



오른쪽 아래에 있는 실행 버튼을 클릭합니다.

QuantumCoding

Quantum (2023-01-09 11.27)

복사모드 화면확대 화면축소 Eng

양자 코딩 명령어

로직 명령어

수식 명령어

문자 출력

문자라인 출력

기다리기

if

else

else if

for

while

함수

Setup 함수

블록모드 텍스트모드

큐비트 레지스터 q, 1

출력 레지스터 c, 1

측정하기 q, c

r = 측정 문자열 읽기(c)

문자라인 출력(r)

컴포넌트

속성 문자라인 출력

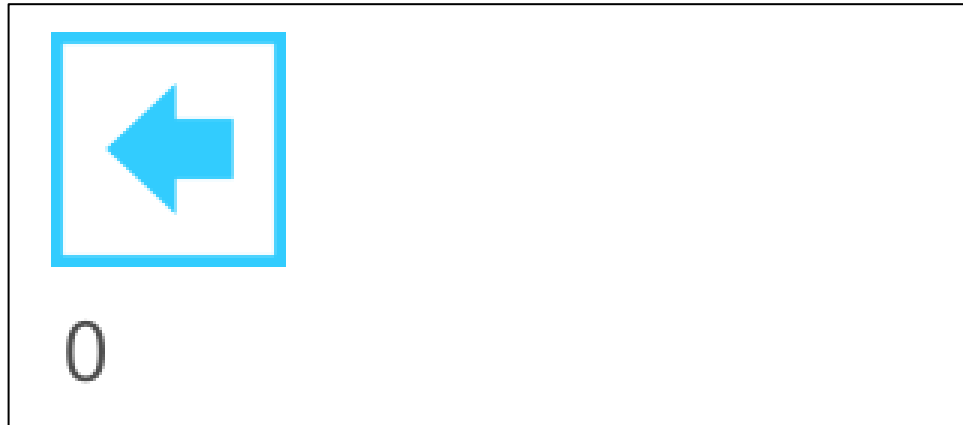
r

실행

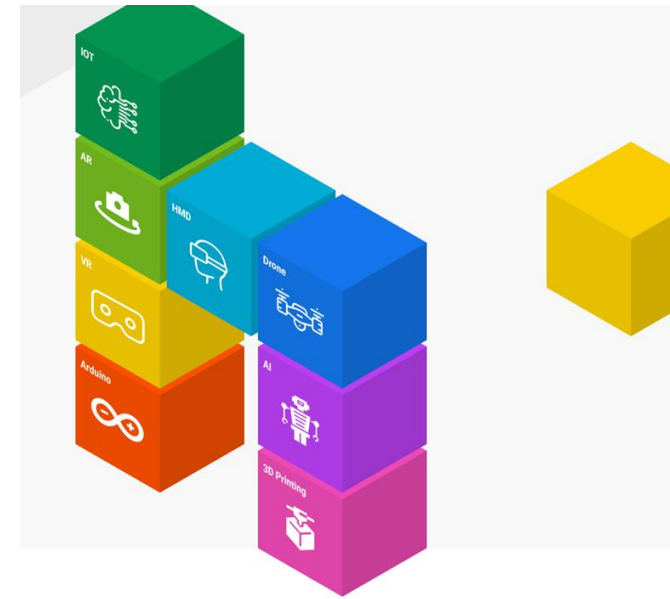
실행하기



화면 왼쪽 위쪽에 출력값이 0 출력된 것을 볼 수 있습니다.
아직 아무런 게이트를 추가하지 않았기 때문에 입력 상태가 그대로 출력되었습니다.



양자 회로도 보기



양자 회로도 보기



회로 다이어그램 명령어와 상태 다이어그램 명령어는 블록 코딩의 내용 및 상태를 2차원 다이어그램으로 표시하는 명령어 입니다.

양자 회로 분석

회로 다이어그램 표시하기

상태 다이어그램 표시하기

큐비트 정보 저장하기

3차원 양자상태 표시하기

통계 그래프 표시하기

통계 정보 출력하기

회로 다이어그램은 블록 코딩 내용을 다이어그램으로 표시하는 명령어 입니다.

상태 다이어그램은 블록 코딩의 실행 내용을 다이어그램으로 표시하는 명령어 입니다.

양자 회로도 보기



양자 회로 분석 그룹을 클릭합니다.

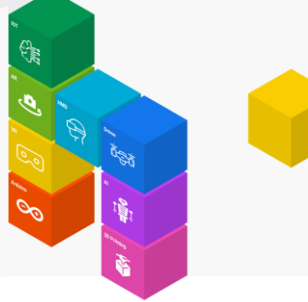
양자 코딩 명령어

- 로직 명령어
- 양자 로직 명령어
- 양자 회로 입출력
- 단일 큐비트 게이트
- 멀티 큐비트 게이트
- 양자 회로 분석
- 회로 다이어그램 표시하기
- 상태 다이어그램 표시하기
- 큐비트 정보 저장하기
- 3차원 양자상태 표시하기
- 통계 그래프 표시하기

블록모드 **텍스트모드**

- 큐비트 레지스터 q, 1
- 출력 레지스터 c, 1
- 측정하기 q, c
- r = 측정 문자열 읽기(c)
- 문자라인 출력(r)

양자 회로도 보기



회로 다이어그램 표시하기 명령어를 추가해 줍니다.

양자 코딩 명령어	블록모드	텍스트모드
로직 명령어		큐비트 레지스터 q, 1
양자 로직 명령어		출력 레지스터 c, 1
양자 회로 입출력		측정하기 q, c
단일 큐비트 게이트		r = 측정 문자열 읽기(c)
멀티 큐비트 게이트		문자라인 출력(r)
양자 회로 분석		<input checked="" type="radio"/> 회로 다이어그램 표시하기
회로 다이어그램 표시하기		
상태 다이어그램 표시하기		
큐비트 정보 저장하기		
3차원 양자상태 표시하기		
통계 그래프 표시하기		

회로 다이어그램은 블록 코딩 내용을 다이어그램으로 표시하는 명령어입니다.

양자 회로도 보기



실행 버튼을 클릭합니다.



양자 회로도 보기



양자 회로 다이어그램이 표시됩니다.

- 큐비트 레지스터 q, 1
- 출력 레지스터 c, 1
- 측정하기 q, c
- r = 측정 문자열 읽기(c)
- 문자라인 출력(r)
- 회로 다이어그램 표시하기



회로 다이어그램은 블록 코딩 내용을 다이어그램으로 표시하는 명령어입니다.

QuantumCoding

← Quantum (2023-01-09 13.09)

관측값

q0 |0> — [Measurement]

c0 — [Classical Register]

c0 0

z

x y

0>	100.00 %
1>	0.00 %
세타	0.00 도
파이	0.00 도

양자 회로도 보기



양자 회로 다이어그램이 표시됩니다.

QuantumCoding

← Quantum (2023-01-09 13.09)

관측값

큐비트와 초기값입니다.

q0 $|0\rangle$

c0

c0 0

$ 0\rangle$	100.00 %
$ 1\rangle$	0.00 %
세타	0.00 도
파이	0.00 도

양자 회로도 보기



양자 회로 다이어그램이 표시됩니다.

QuantumCoding

← Quantum (2023-01-09 13.09)

관측값

q0 $|0\rangle$

c0

c0 0

출력값 입니다.

$ 0\rangle$	100.00 %
$ 1\rangle$	0.00 %
세타	0.00 도
파이	0.00 도

양자 회로도 보기

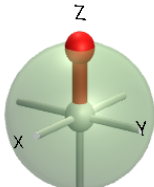


양자 회로 다이어그램이 표시됩니다.

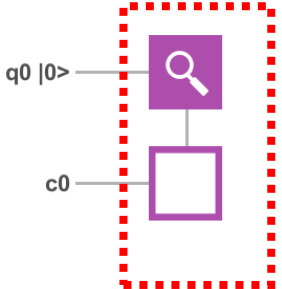
QuantumCoding

← Quantum (2023-01-09 13.09)

관측값



q0 $|0\rangle$



c0

c0 0

q0를 측정해서 c0에 저장하라는 의미입니다.

$ 0\rangle$	100.00 %
$ 1\rangle$	0.00 %
세타	0.00 도
파이	0.00 도

양자 회로도 보기



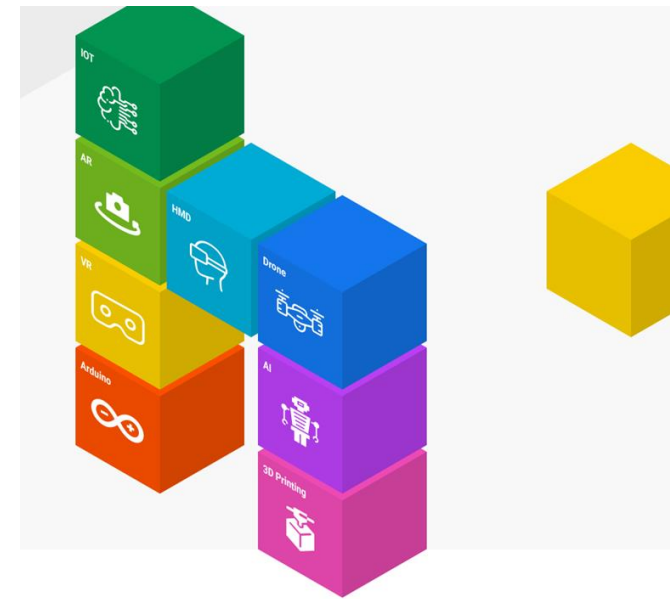
양자 회로 다이어그램이 표시됩니다.

The screenshot shows the QuantumCoding application window. At the top left, there is a blue arrow icon and the text "Quantum (2023-01-09 13.09)". Below this, the word "관측값" (Measurement Value) is displayed. The main area contains a quantum circuit diagram with two qubits: q0 and c0. q0 starts in the state $|0\rangle$ and passes through a purple square box with a magnifying glass icon. c0 passes through a purple square box. To the right, a red dashed box highlights the text "c0 0". Below the circuit, a Bloch sphere is shown with axes X, Y, and Z. At the bottom, a table displays the state probabilities and phases:

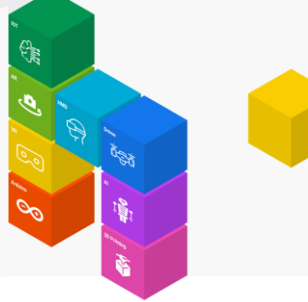
$ 0\rangle$	100.00 %
$ 1\rangle$	0.00 %
세타	0.00 도
파이	0.00 도

측정된 결과값 입니다.

상태 다이어그램 보기



상태 다이어그램 보기



회로 다이어그램 표시하기 명령어를 추가해 줍니다.

양자 코딩 명령어	블록모드	텍스트모드
로직 명령어		큐비트 레지스터 q, 1
양자 로직 명령어		출력 레지스터 c, 1
양자 회로 입출력		측정하기 q, c
단일 큐비트 게이트		r = 측정 문자열 읽기(c)
멀티 큐비트 게이트		문자라인 출력(r)
양자 회로 분석		회로 다이어그램 표시하기
회로 다이어그램 표시하기		
상태 다이어그램 표시하기		
큐비트 정보 저장하기		
3차원 양자상태 표시하기		
통계 그래프 표시하기		

삭제

X 버튼으로 회로 다이어그램 명령어를 삭제합니다.

상태 다이어그램 보기



상태 다이어그램 표시하기 명령어를 추가합니다.

The screenshot shows a software interface with two main panels. The left panel is titled '양자 코딩 명령어' (Quantum Coding Commands) and contains a list of categories with expandable arrows: 로직 명령어 (Logic Commands), 양자 로직 명령어 (Quantum Logic Commands), 양자 회로 입출력 (Quantum Circuit I/O), 단일 큐비트 게이트 (Single Qubit Gate), 멀티 큐비트 게이트 (Multi Qubit Gate), 양자 회로 분석 (Quantum Circuit Analysis), 회로 다이어그램 표시하기 (Circuit Diagram Display), 상태 다이어그램 표시하기 (State Diagram Display), 큐비트 정보 저장하기 (Qubit Information Storage), 3차원 양자상태 표시하기 (3D Quantum State Display), and 통계 그래프 표시하기 (Statistics Graph Display). The right panel is titled '블록모드' (Block Mode) and shows a list of commands with checkboxes and close buttons (X). The commands are: 큐비트 레지스터 q, 1 (Qubit Register q, 1), 출력 레지스터 c, 1 (Output Register c, 1), 측정하기 q, c (Measure q, c), r = 측정 문자열 읽기(c) (r = Read measurement string (c)), 문자라인 출력(r) (Text line output (r)), and 상태 다이어그램 표시하기 (State Diagram Display). A red arrow points from the '상태 다이어그램 표시하기' option in the left menu to the '상태 다이어그램 표시하기' command in the right list.

상태 다이어그램은 블록 코딩의 실행 내용을 다이어그램으로 표시하는 명령어입니다.

상태 다이어그램 보기

실행 버튼을 클릭합니다.



상태 다이어그램 보기



초기값 0이 관측을 통해 1이 되는 상태를 표시합니다.

QuantumCoding

← Quantum (2023-01-09 13.09)

관측값

q0 $|0\rangle$

c0

c0 0

Z

X

Y

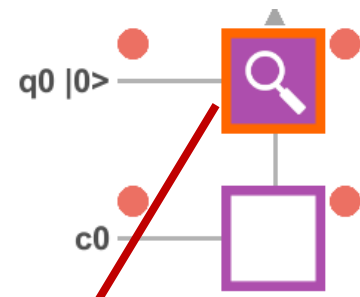
$ 0\rangle$	100.00 %
$ 1\rangle$	0.00 %
세타	0.00 도
파이	0.00 도

각 단계에서의 큐비트 실행 상태를 보기 위해 해당 아이콘을 클릭합니다.

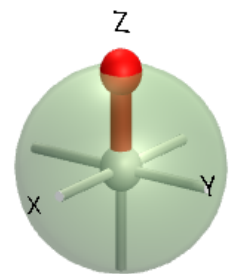
상태 다이어그램 보기



관측값 0



선택한 큐비트의 실행 상태를 보여줍니다.



$ 0\rangle$	100.00 %
$ 1\rangle$	0.00 %
세타	0.00 도
파이	0.00 도