

[양자컴퓨터 코딩으로 이해하는 양자역학]

양자중첩 만들어보기  
(신이 정말로 주사위 놀이를 하고 있었네!!)



[www.helloapps.co.kr](http://www.helloapps.co.kr)

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

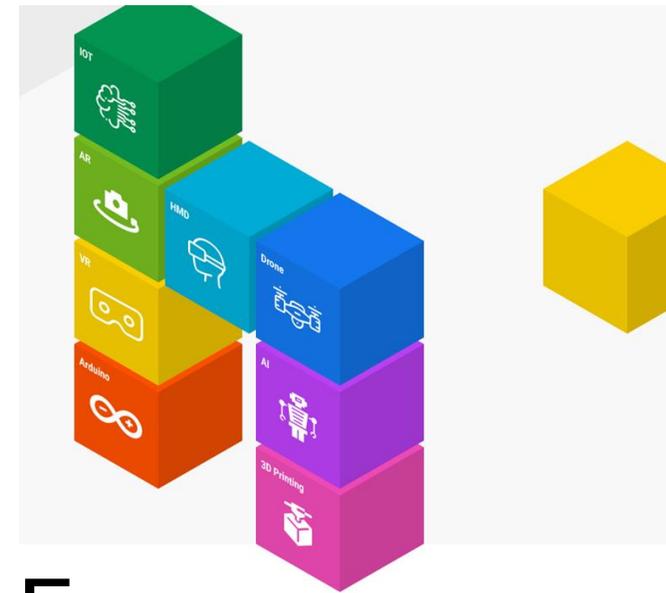
# 양자컴퓨터 코딩 준비하기

- 실험을 위한 양자컴퓨터 코딩 SW와 교재는 아래의 사이트에서 다운로드 받습니다.

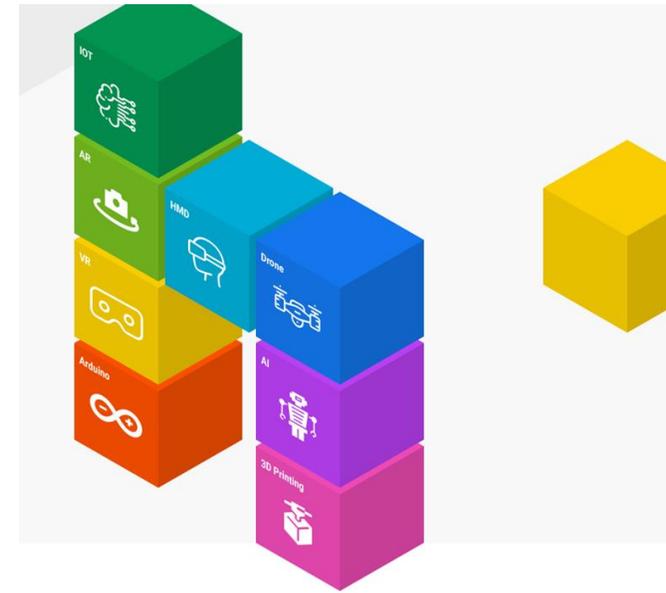
✓ [helloapps.co.kr](http://helloapps.co.kr)

✓ 헬로앱스

✓ 상단의 양자컴퓨터 메뉴 클릭후 SW 다운로드



# 양자 중첩 만들기



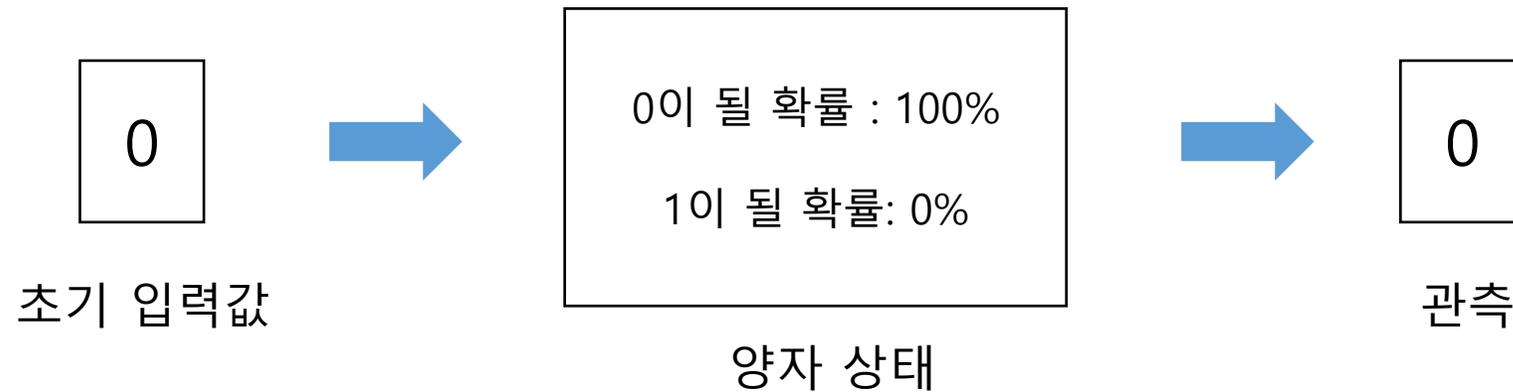
# 양자 중첩 만들기



큐빗은 관측되기 전까지는 0 또는 1이 될 확률로서 존재합니다.

이전 예제에서 시도해 본 0 값을 0으로 관측하는 것도 사실은

0이 될 확률이 100% 이고 1이 될 확률이 0% 로 존재하는 큐빗을 관측하여 0 값이 얻어진 것입니다.

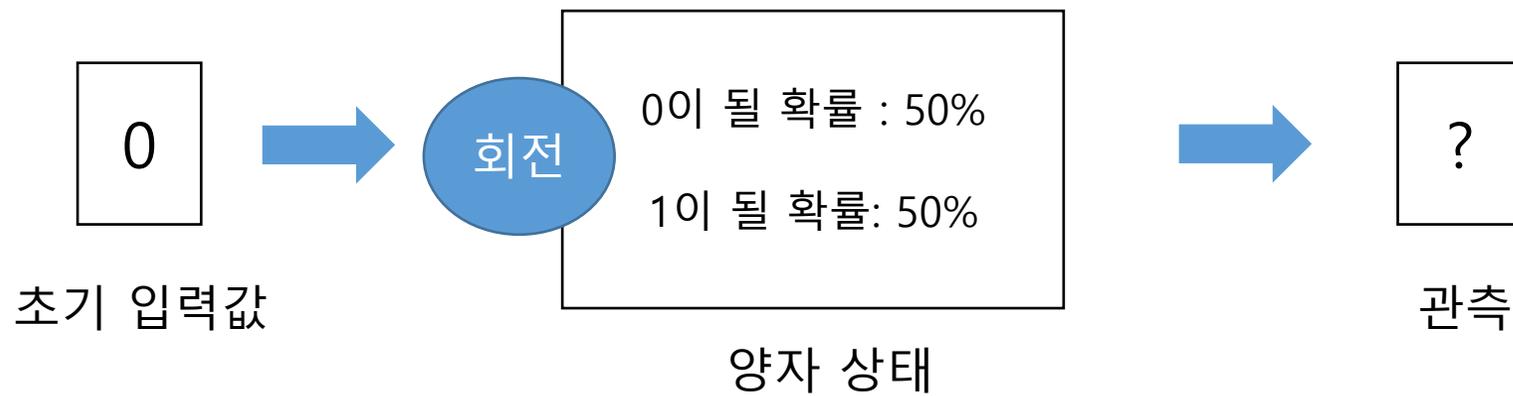


# 양자 중첩 만들기



양자컴퓨팅에서 사용되는 다양한 게이트들은 큐비트의 각도를 조절하여 0과 1이 될 확률을 변경시킵니다.

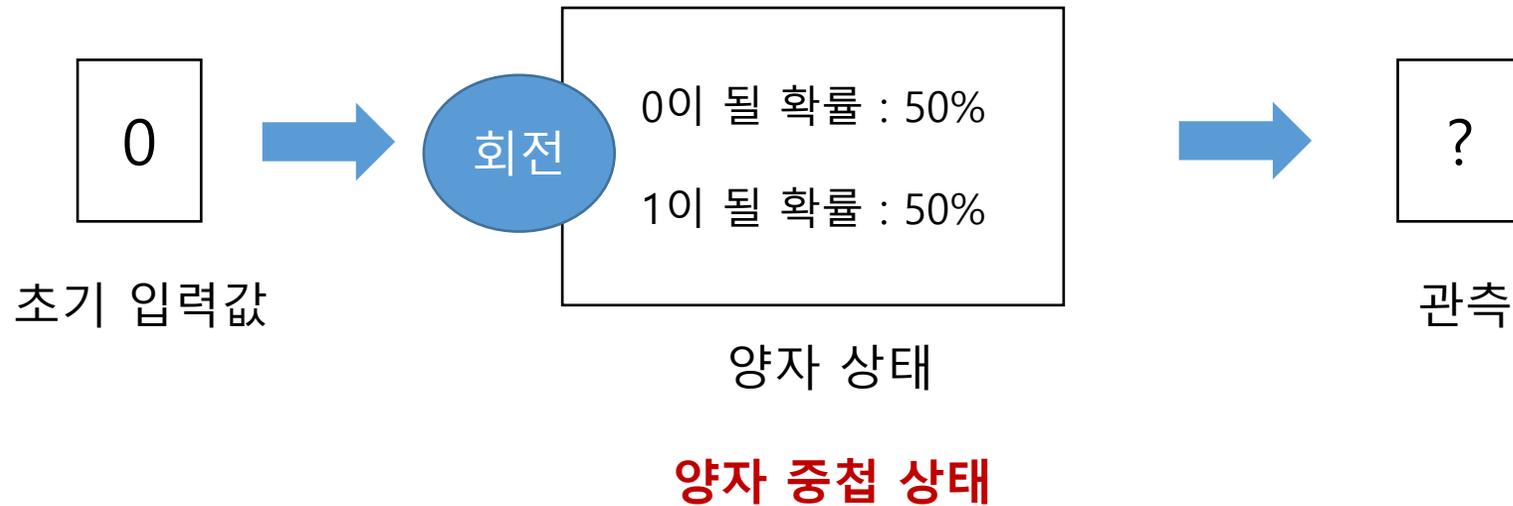
예를 들어 0이 될 확률을 50%로 만들고 1이 될 확률을 50%로 만들 수 있습니다.



# 양자 중첩 만들기



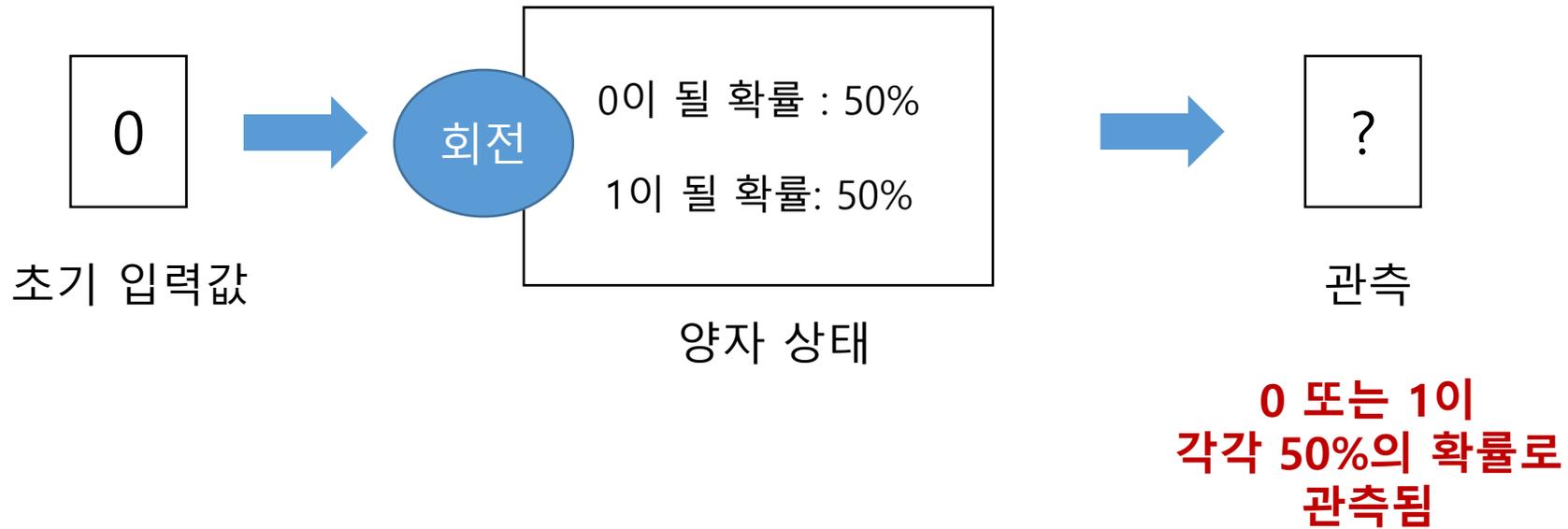
양자 상태가 아래와 같이 0 또는 1이 될 확률을 모두 가지고 있는 경우는 양자중첩 상태가 됩니다.



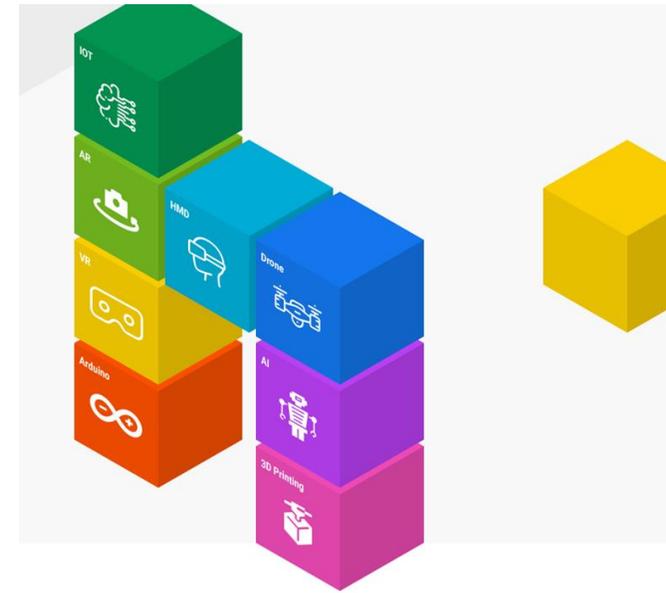
# 양자 중첩 만들기



관측값은 0 또는 1일 될 확률에 따라 발생하는 데, 현재 확률이 각각 50% 이므로 0이 될 지, 1이 될 지는 관측해 보아야만 아는 상태가 됩니다.



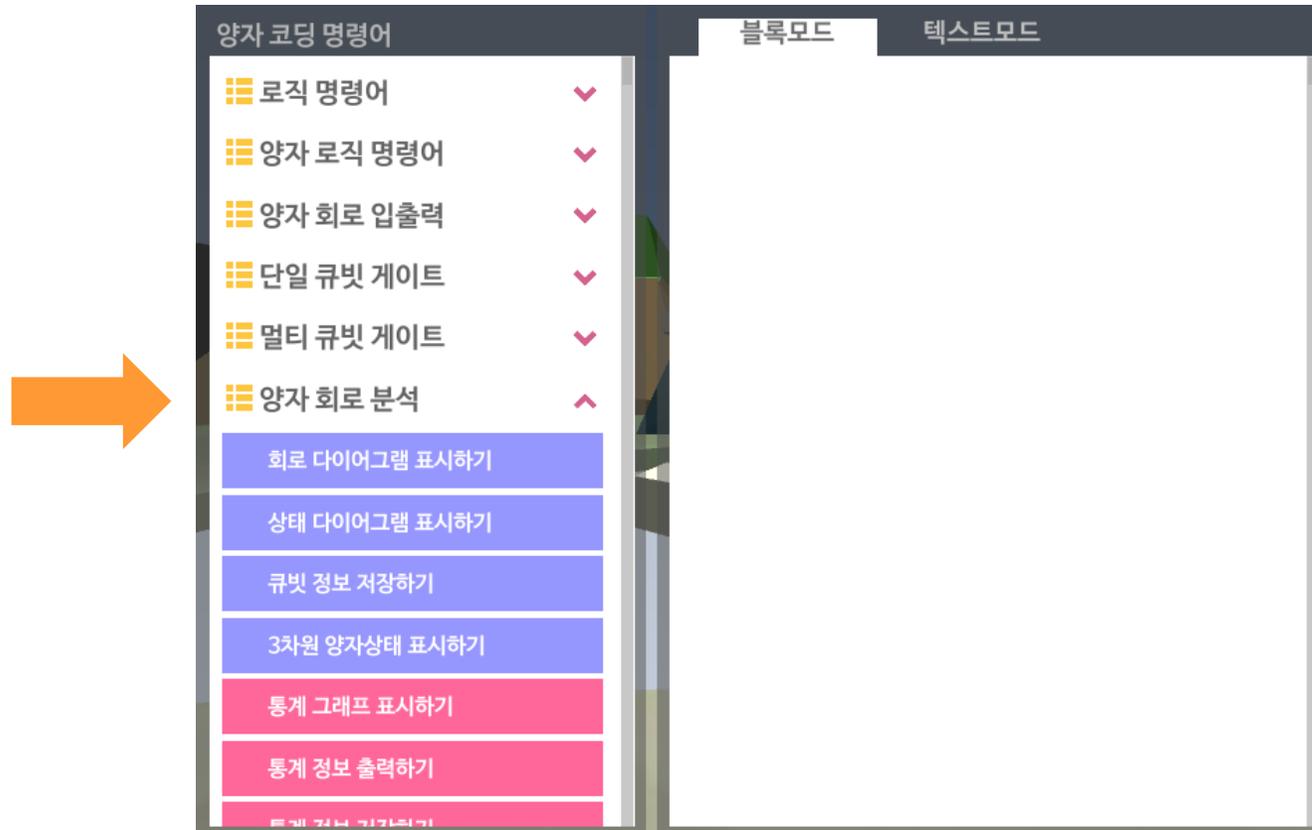
# 양자 중첩 확인하기



# 큐빗 확률 확인하기



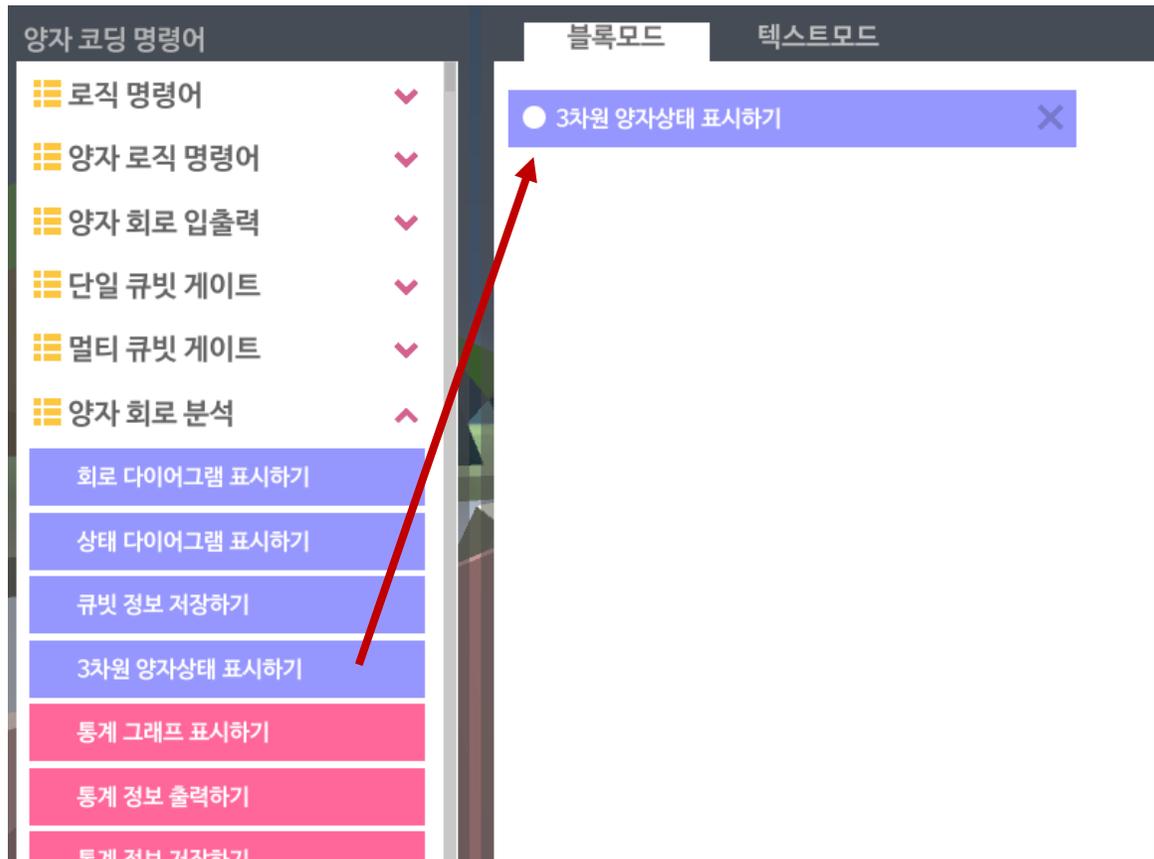
각각의 큐빗은 각도를 조절하여 확률을 제어할 수 있습니다.  
다음과 같이 새로운 스크립트 창을 준비한 후, 양자 회로 분석 명령어 그룹을 클릭합니다.



# 큐빗 확률 확인하기



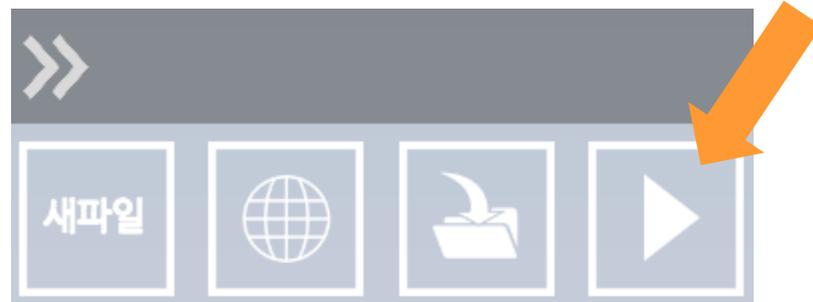
명령어 그룹에서 3차원 양자상태 표시하기 명령어를 추가합니다.



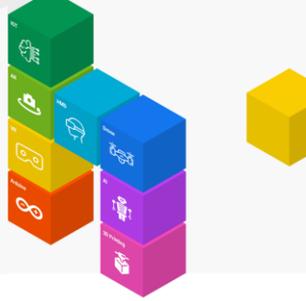
# 큐빗 확률 확인하기



실행 버튼을 클릭합니다.



# 큐빗 확률 확인하기

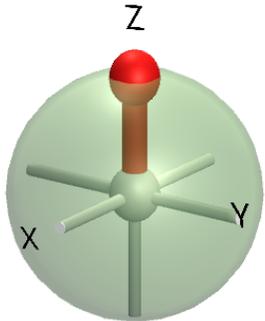


맨 처음 실행 화면입니다.

QuantumCoding

← 3차원 양자상태 표시하기

관측값



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

기본 중첩상태 만들기(H)  
X축 180도 회전하기(X)  
Y축 180도 회전하기(Y)  
Z축 180도 회전하기(Z)

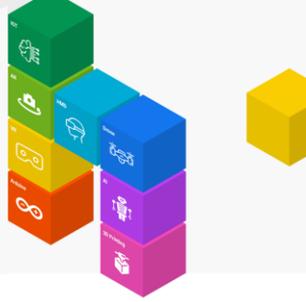
X축 각도     
Y축 각도     
Z축 각도

XYZ축 각도 회전하기(U3)

관측하기

초기화 하기

# 큐빗 확률 확인하기

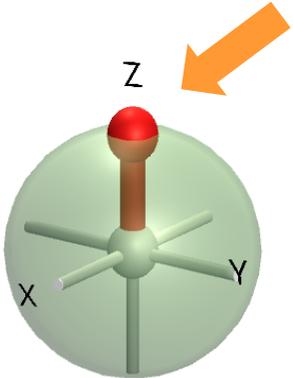


현재의 초기 상태는 0이 될 확률 100%, 1이 될 확률 0%입니다.

QuantumCoding

← 3차원 양자상태 표시하기

관측값



$|0\rangle$  100.00 %  
 $|1\rangle$  0.00 %

세타 각도 0.00도    파이 각도 0.00도

기본 중첩상태 만들기(H)  
X축 180도 회전하기(X)  
Y축 180도 회전하기(Y)  
Z축 180도 회전하기(Z)

X축 각도    -    0    +  
Y축 각도    -    0    +  
Z축 각도    -    0    +

XYZ축 각도 회전하기(U3)

관측하기

초기화 하기

# 큐비트 확률 확인하기

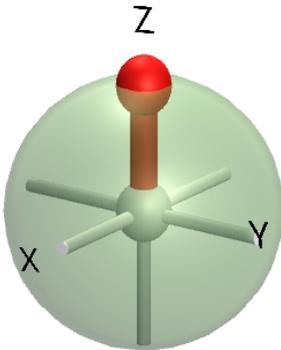


기본 중첩상태 만들기(H) 버튼을 클릭합니다.

QuantumCoding

← 3차원 양자상태 표시하기

관측값



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

기본 중첩상태 만들기(H) 

X축 180도 회전하기(X)

Y축 180도 회전하기(Y)

Z축 180도 회전하기(Z)

X축 각도     
Y축 각도     
Z축 각도   

XYZ축 각도 회전하기(U3)

관측하기

초기화 하기

# 큐비트 확률 확인하기

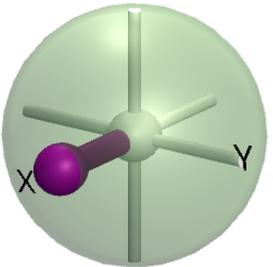


확률이 각각 50%로 변경되었습니다.

QuantumCoding

← 3차원 양자상태 표시하기

관측값



$|0\rangle$  50.00 %  
 $|1\rangle$  50.00 %

세타 각도 90.00 도    파이 각도 0.00 도

기본 중첩상태 만들기(H)  
X축 180도 회전하기(X)  
Y축 180도 회전하기(Y)  
Z축 180도 회전하기(Z)

X축 각도     
Y축 각도     
Z축 각도

XYZ축 각도 회전하기(U3)

관측하기

초기화 하기

# 큐빗 확률 확인하기

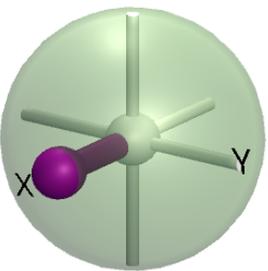


관측하기 버튼을 클릭합니다.

QuantumCoding

← 3차원 양자상태 표시하기

관측값



$|0\rangle$  50.00 %  
 $|1\rangle$  50.00 %  
세타 각도 90.00 도    파이 각도 0.00 도

기본 중첩상태 만들기(H)  
X축 180도 회전하기(X)  
Y축 180도 회전하기(Y)  
Z축 180도 회전하기(Z)

X축 각도    -    0    +  
Y축 각도    -    0    +  
Z축 각도    -    0    +

XYZ축 각도 회전하기(U3)

관측하기

초기화 하기

# 큐비트 확률 확인하기

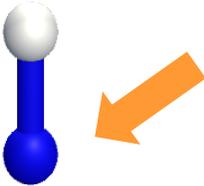


0과 1이 될 확률이 각각 50% 였는데, 관측시에는 1로 관측이 되었습니다.

QuantumCoding

← 3차원 양자상태 표시하기

관측값 1



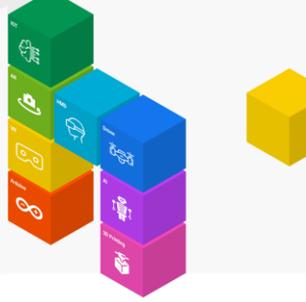
$|0\rangle$  50.00 %  
 $|1\rangle$  50.00 %  
세타 각도 90.00 도    파이 각도 0.00 도

기본 중첩상태 만들기(H)  
X축 180도 회전하기(X)  
Y축 180도 회전하기(Y)  
Z축 180도 회전하기(Z)

X축 각도     
Y축 각도     
Z축 각도   

XYZ축 각도 회전하기(U3)  
관측하기  
초기화 하기

# 큐비트 확률 확인하기

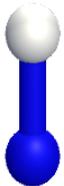


초기화 버튼을 누르면 다시 처음 상태로 돌아 갑니다.

QuantumCoding

← 3차원 양자상태 표시하기

관측값 1



$|0\rangle$  50.00 %  
 $|1\rangle$  50.00 %  
세타 각도 90.00 도    파이 각도 0.00 도

기본 중첩상태 만들기(H)  
X축 180도 회전하기(X)  
Y축 180도 회전하기(Y)  
Z축 180도 회전하기(Z)

X축 각도     
Y축 각도     
Z축 각도   

XYZ축 각도 회전하기(U3)

관측하기

초기화 하기

# 큐비트 확률 확인하기

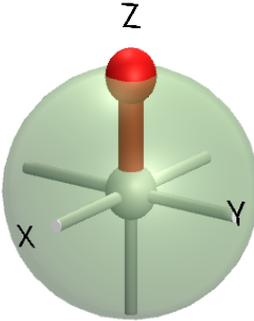


초기화 버튼을 누르면 다시 처음 상태로 돌아 갑니다.

QuantumCoding

← 3차원 양자상태 표시하기

관측값



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

기본 중첩상태 만들기(H)  
X축 180도 회전하기(X)  
Y축 180도 회전하기(Y)  
Z축 180도 회전하기(Z)

X축 각도 [ - ] [ 0 ] [ + ]  
Y축 각도 [ - ] [ 0 ] [ + ]  
Z축 각도 [ - ] [ 0 ] [ + ]

XYZ축 각도 회전하기(U3)

관측하기

초기화 하기

중첩상태 만들기 버튼을 클릭하여 다시 중첩상태를 만들어 줍니다.

# 큐빗 확률 확인하기

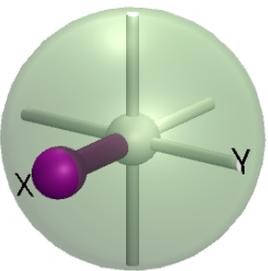


관측하기 버튼을 클릭합니다.

QuantumCoding

← 3차원 양자상태 표시하기

관측값



$|0\rangle$  50.00 %  
 $|1\rangle$  50.00 %  
세타 각도 90.00 도    파이 각도 0.00 도

기본 중첩상태 만들기(H)  
X축 180도 회전하기(X)  
Y축 180도 회전하기(Y)  
Z축 180도 회전하기(Z)

X축 각도     
Y축 각도     
Z축 각도

XYZ축 각도 회전하기(U3)

관측하기

초기화 하기

# 큐비트 확률 확인하기



관측할 때 마다 0이 될 수도 있고 1이 될 수도 있습니다. (각각 50%, 50% 확률을 가짐)

QuantumCoding

← 3차원 양자상태 표시하기

관측값 0



기본 중첩상태 만들기(H)  
X축 180도 회전하기(X)  
Y축 180도 회전하기(Y)  
Z축 180도 회전하기(Z)

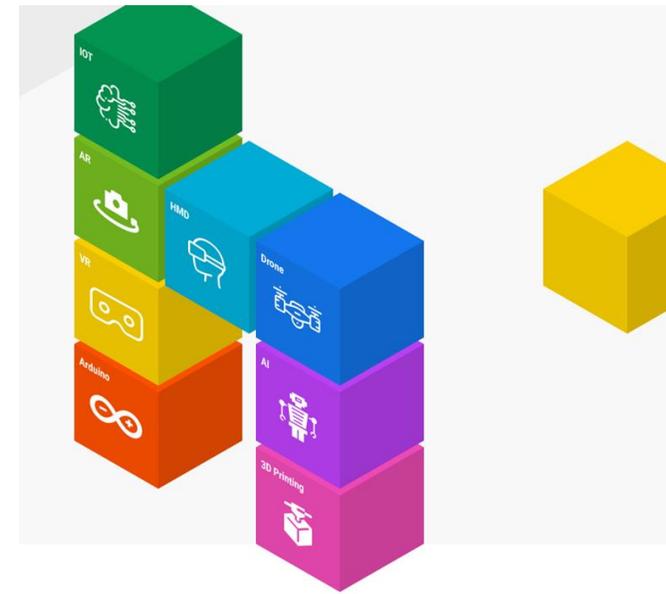
X축 각도     
Y축 각도     
Z축 각도   

XYZ축 각도 회전하기(U3)

관측하기

초기화 하기

# 양자 중첩 상태를 코딩으로 만들기



# 큐빗 생성하기



빈 스크립트를 생성한 후, 큐빗과 출력 명령어를 추가합니다.

The screenshot shows a software interface for quantum circuit design. On the left, a menu titled '양자 코딩 명령어' (Quantum Coding Commands) is expanded to '양자 회로 입출력' (Quantum Circuit I/O), which is highlighted by an orange arrow. This menu includes options like '로직 명령어' (Logic Commands), '양자 로직 명령어' (Quantum Logic Commands), '큐빗 레지스터' (Qubit Register), '출력 레지스터' (Output Register), '측정하기' (Measure), '초기화하기' (Initialize), and '측정 문자열 읽기' (Read Measurement String). On the right, the '블록모드' (Block Mode) panel is active, showing two red blocks: '큐빗 레지스터 q, 1' (Qubit Register q, 1) and '출력 레지스터 c, 1' (Output Register c, 1). Red arrows point from the '큐빗 레지스터' and '출력 레지스터' options in the left menu to their respective blocks in the right panel. The '텍스트모드' (Text Mode) tab is also visible but inactive.

# 중첩 상태로 만들기



단일 큐비트 명령어 그룹에서 H 게이트 명령어를 추가합니다.

The screenshot shows a quantum circuit editor with two main panels. The left panel, titled '양자 코딩 명령어' (Quantum Coding Commands), lists various operations. The right panel, titled '블록모드' (Block Mode), shows a list of gates in a circuit. An orange arrow points from the '단일 큐비트 게이트' (Single Qubit Gate) group in the left panel to the 'H 게이트 q[0]' (H Gate q[0]) entry in the right panel. The right panel also shows other gates: '큐비트 레지스터 q, 1', '출력 레지스터 c, 1', and 'H 게이트 q[0]'.

양자 코딩 명령어	블록모드
출력 레지스터	큐비트 레지스터 q, 1
측정하기	출력 레지스터 c, 1
초기화하기	H 게이트 q[0]
측정 문자열 읽기	
단일 큐비트 게이트	
H 게이트	
X 게이트	
Y 게이트	
Z 게이트	
S 게이트	
S 데저 게이트	
T 게이트	
T 데저 게이트	

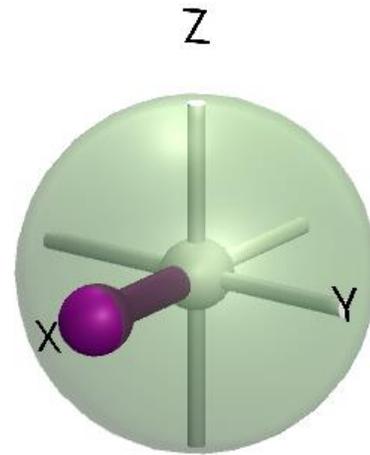
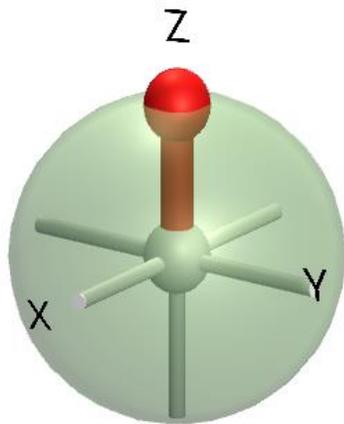
# 중첩 상태로 만들기



아래 H 명령어는 지정된 큐빗을 X축으로 180도, Y축으로 90도를 회전시킵니다.

● H 게이트 q[0]

위쪽은 0이 될 확률이 100% 인곳



아래 쪽은 1이 될 확률이 100% 인곳

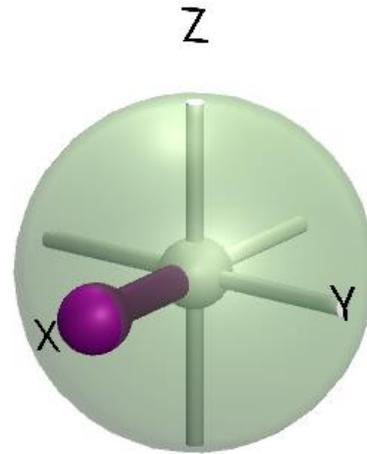
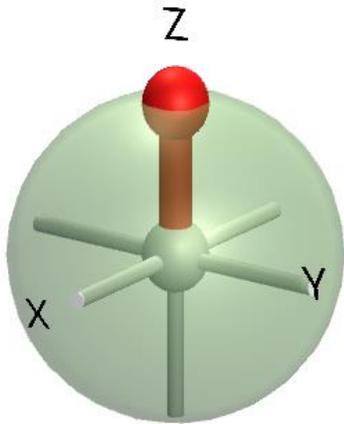
# 중첩 상태로 만들기



아래 H 명령어는 지정된 큐비트를 X축으로 180도, Y축으로 90도를 회전시킵니다.

● H 게이트 q[0]

위쪽은 0이 될 확률이 100% 인 곳



중간 위치라서 0과 1일 될 확률이 각각 50% 가 됨

아래 쪽은 1이 될 확률이 100% 인 곳

# 큐빗 측정하기



측정하기 및 측정 문자열 읽기 명령어를 추가합니다.

The screenshot shows a quantum circuit editor interface. On the left, a sidebar lists various quantum operations under the heading '양자 코딩 명령어'. An orange arrow points to the '양자 회로 입출력' (Quantum Circuit I/O) category. Below it, a list of operations includes '큐빗 레지스터' (Qubit Register), '출력 레지스터' (Output Register), '측정하기' (Measure), '초기화하기' (Initialize), and '측정 문자열 읽기' (Read Measurement String). On the right, a panel shows the circuit components in '블록모드' (Block Mode). The components listed are: '큐빗 레지스터 q, 1', '출력 레지스터 c, 1', 'H 게이트 q[0]', '측정하기 q, c', and 'r = 측정 문자열 읽기(c)'. Red arrows indicate that the '측정하기' and '측정 문자열 읽기' operations from the sidebar are being added to the circuit.

양자 코딩 명령어	블록모드	텍스트모드
로직 명령어		
양자 로직 명령어		
양자 회로 입출력		
큐빗 레지스터	큐빗 레지스터 q, 1	×
출력 레지스터	출력 레지스터 c, 1	×
측정하기	H 게이트 q[0]	×
초기화하기	측정하기 q, c	×
측정 문자열 읽기	● r = 측정 문자열 읽기(c)	×
단일 큐빗 게이트		

# 큐빗 출력하기



로직 명령어에서 문자라인 출력 명령어를 추가해 줍니다.

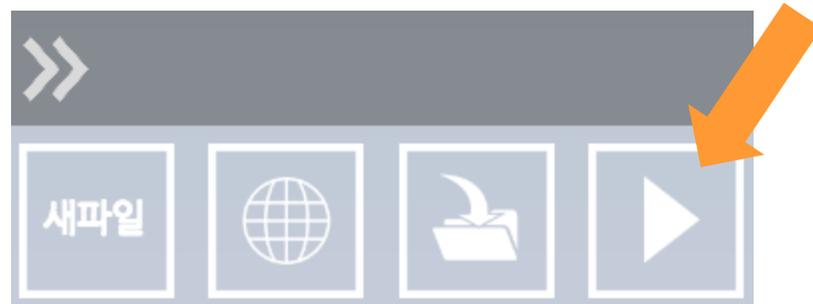
The image shows a software interface for quantum programming. On the left, a sidebar titled '양자 코딩 명령어' (Quantum Coding Commands) contains a list of command categories. An orange arrow points to the '로직 명령어' (Logic Commands) category. A red arrow points from '문자라인 출력' (Text Line Output) in this list to the corresponding command in the main workspace. The main workspace is titled '블록모드' (Block Mode) and '텍스트모드' (Text Mode). It displays a list of commands, each with a colored bar and a close button (X). The '문자라인 출력(r)' command is selected with a radio button.

양자 코딩 명령어	블록모드	텍스트모드
로직 명령어	큐빗 레지스터 q, 1	X
수식 명령어	출력 레지스터 c, 1	X
문자 출력	H 게이트 q[0]	X
문자라인 출력	측정하기 q, c	X
기다리기	r = 측정 문자열 읽기(c)	X
if	● 문자라인 출력(r)	X
else		
else if		
for		
while		

# 큐빗 값 확인하기



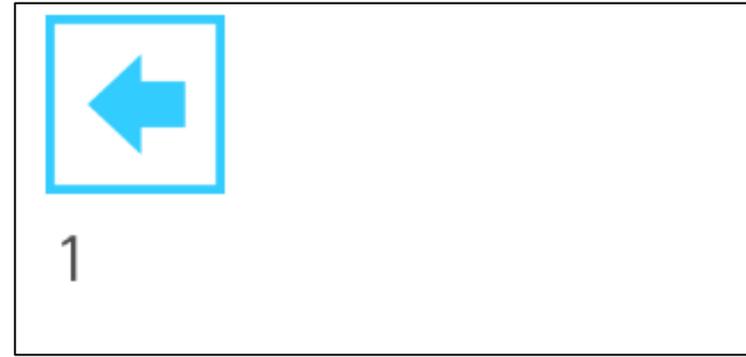
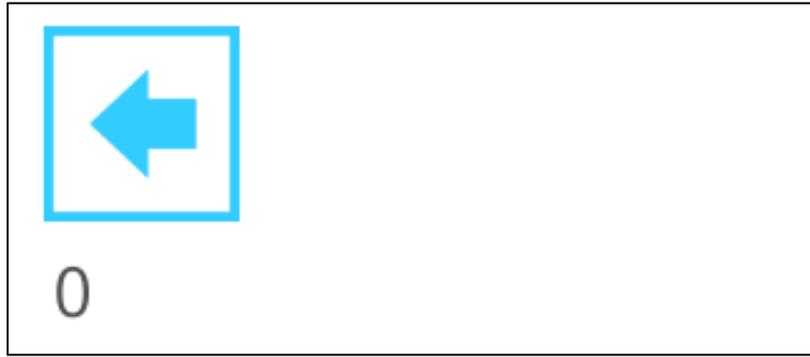
실행 버튼을 클릭합니다.



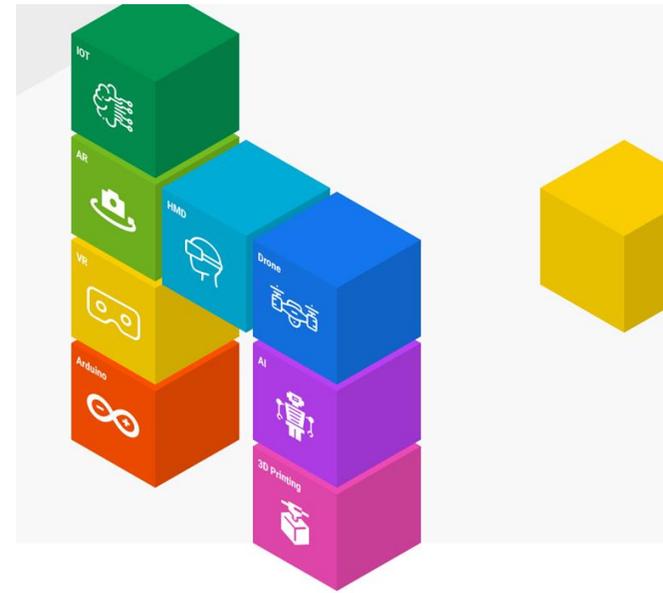
# 큐빗 값 출력하기



반복해서 실행해 보면 0 또는 1이 무작위로 출력되는 것을 볼 수 있습니다.



# 양자 상태 다이어그램 표시하기



# 양자 상태 다이어그램 표시하기



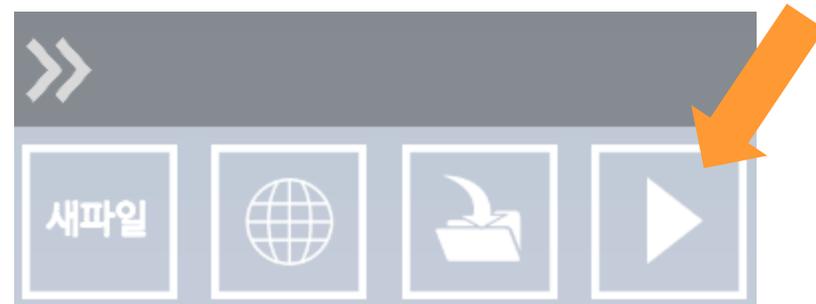
양자회로 분석 그룹에서 이번에는 상태 다이어그램 표시하기 명령어를 추가합니다.

양자 코딩 명령어	블록모드	텍스트모드
로직 명령어	큐비트 레지스터 q, 1	×
양자 로직 명령어	출력 레지스터 c, 1	×
양자 회로 입출력	H 게이트 q[0]	×
단일 큐비트 게이트	측정하기 q, c	×
멀티 큐비트 게이트	r = 측정 문자열 읽기(c)	×
양자 회로 분석	문자라인 출력(r)	×
회로 다이어그램 표시하기	● 상태 다이어그램 표시하기	×
상태 다이어그램 표시하기		
큐비트 정보 저장하기		
3차원 양자상태 표시하기		

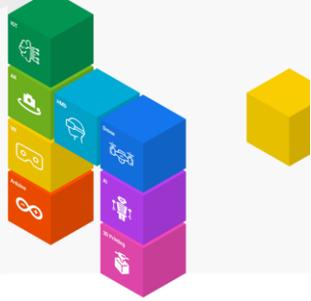
# 양자 상태 다이어그램 표시하기



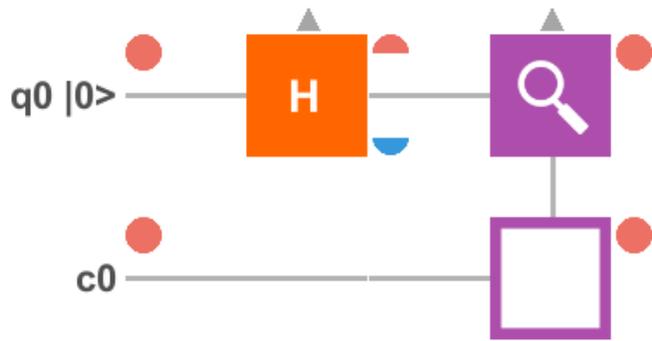
실행 버튼을 클릭합니다.



# 양자 상태 다이어그램 표시하기

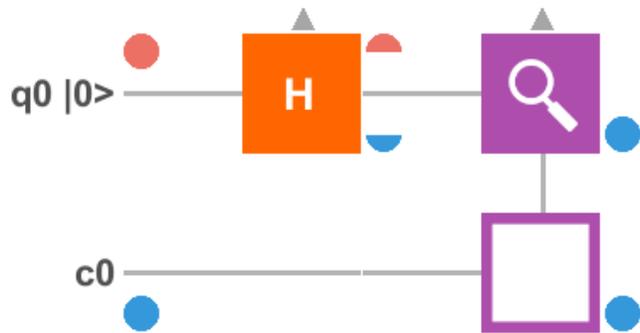


상태 다이어그램은 큐빗이 맨 처음 0으로 초기화 된 후 H 게이트를 거쳐 0 또는 1이 관측되는 내부 과정을 보여줍니다.



어떨 때는 0이 되고

c0 0



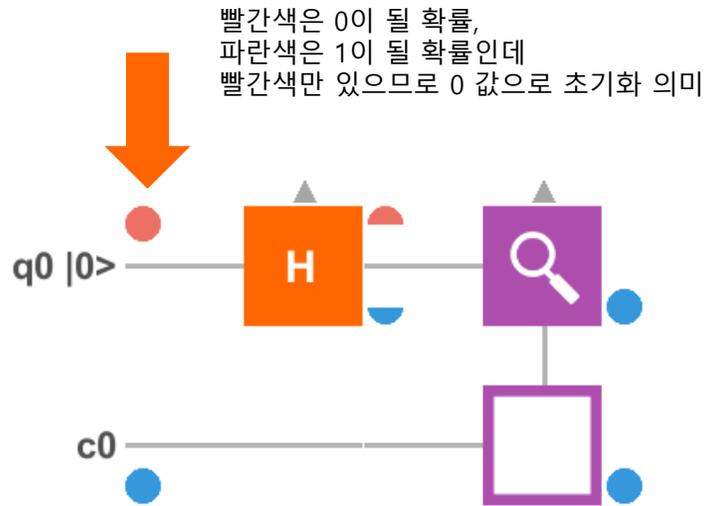
어떨 때는 1이 됩니다.

c0 1

# 양자 상태 다이어그램 표시하기



맨 처음 0 값으로 초기화

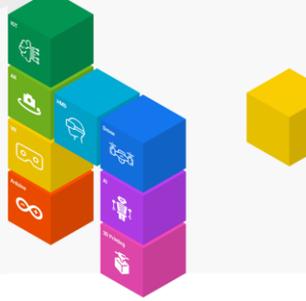


c0 1

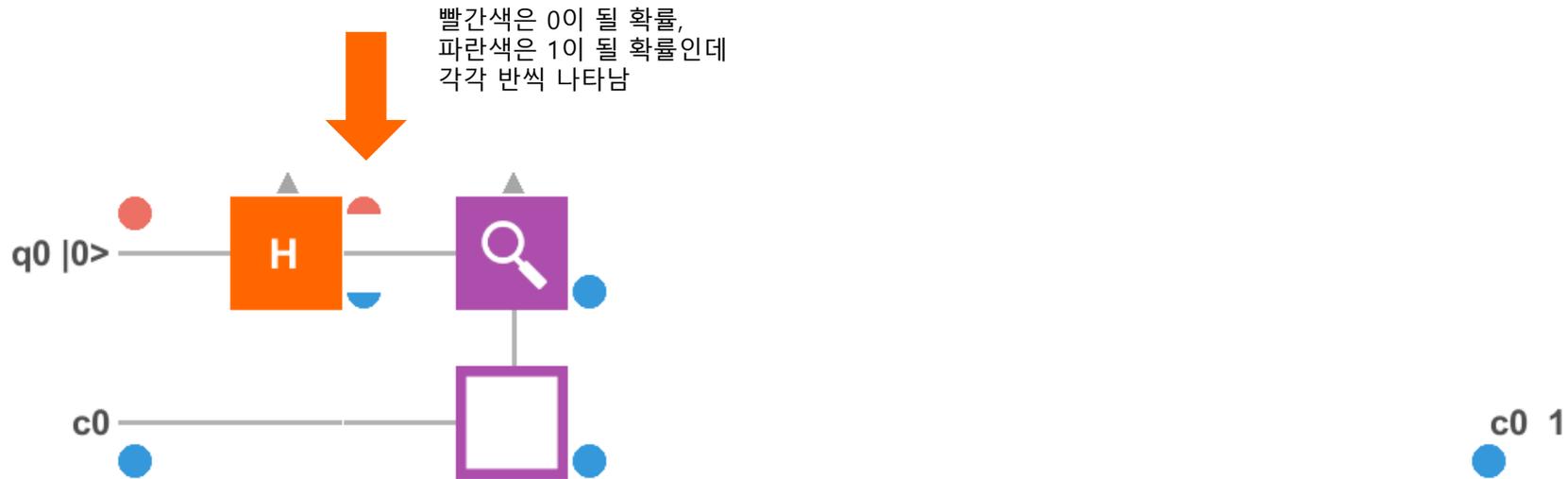
- 0이 될 확률을 표시
- 1이 될 확률을 표시

원의 크기가 클 수록 확률이 높음

# 양자 상태 다이어그램 표시하기



H 게이트를 거치면서 0과 1이 될 확률이 각각 50%가 되었음



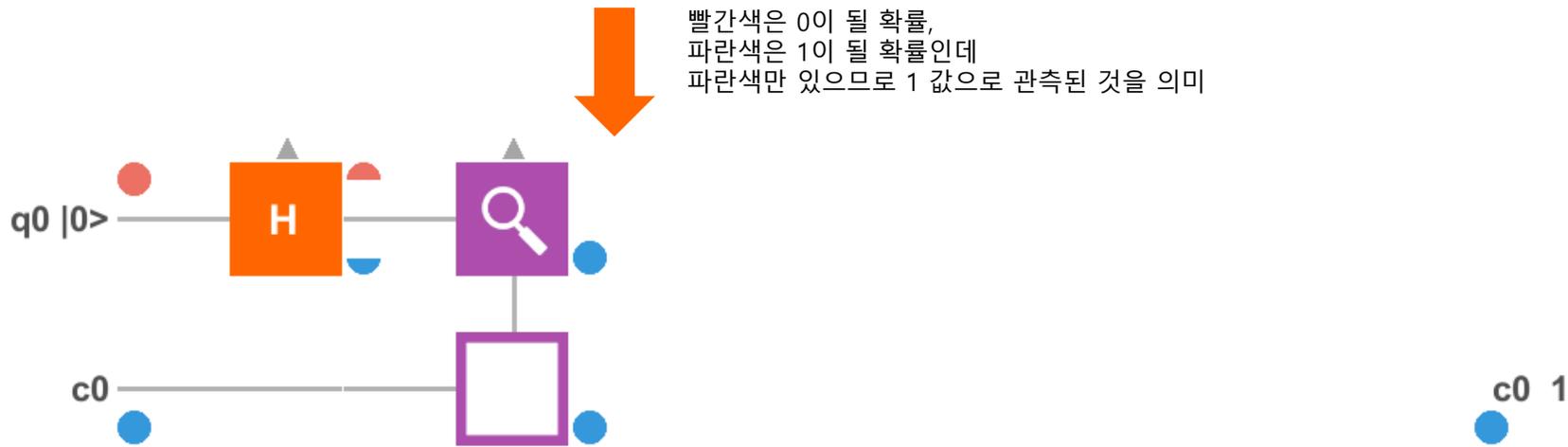
- 0이 될 확률을 표시
- 1이 될 확률을 표시

원의 크기가 반이면 50% 의미. 크기는 확률에 따라 달라짐

# 양자 상태 다이어그램 표시하기



관측 후에는 1이 되었음



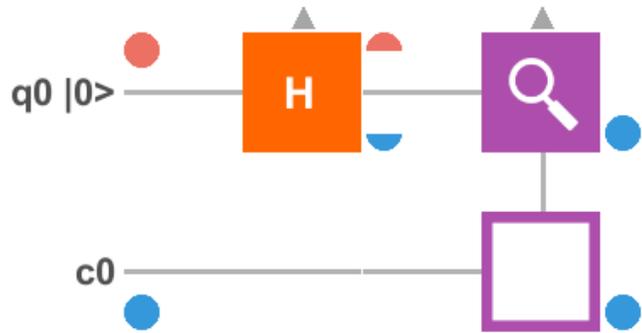
- 0이 될 확률을 표시
- 1이 될 확률을 표시

원의 크기가 클 수록 확률이 높음

# 양자 상태 다이어그램 표시하기



관측 후에는 1이 되었음



출력 레지스트리에 1 값을 저장



c0 1

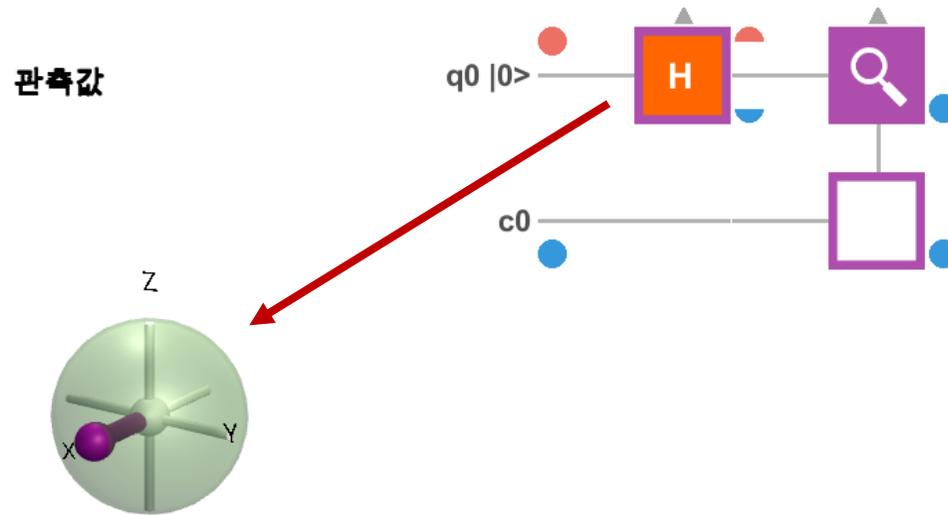
- 0이 될 확률을 표시
- 1이 될 확률을 표시

} 원의 크기가 클 수록 확률이 높음

# 양자 상태 다이어그램 표시하기



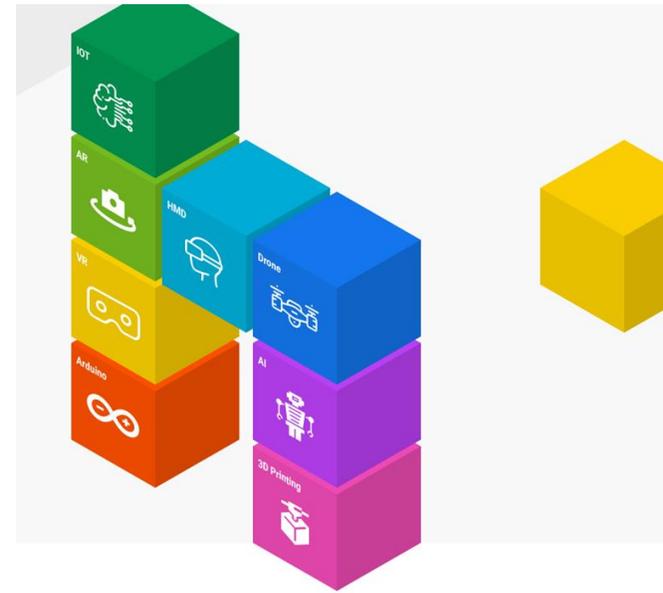
해당 게이트를 클릭하면 왼쪽에 각도와 확률 정보를 보여줍니다.



$|0\rangle$  50.00 %  
 $|1\rangle$  50.00 %  
세타 90.00 도  
파이 0.00 도



H 게이트의 결과는 ?



# H 게이트의 결과



기본 입력 값에 대해서 H 게이트가 적용되면 0과 1이 될 확률이 각각 50%가 되기 때문에  
실행할 때 마다 어떠한 값이 관측될 지는 예측할 수 없음  
무작위로 0과 1이 발생하지만 많이 수행하면 확률적으로 각각 50%에 근접함



- 0이 될 확률을 표시
- 1이 될 확률을 표시

원의 크기가 클 수록 확률이 높음