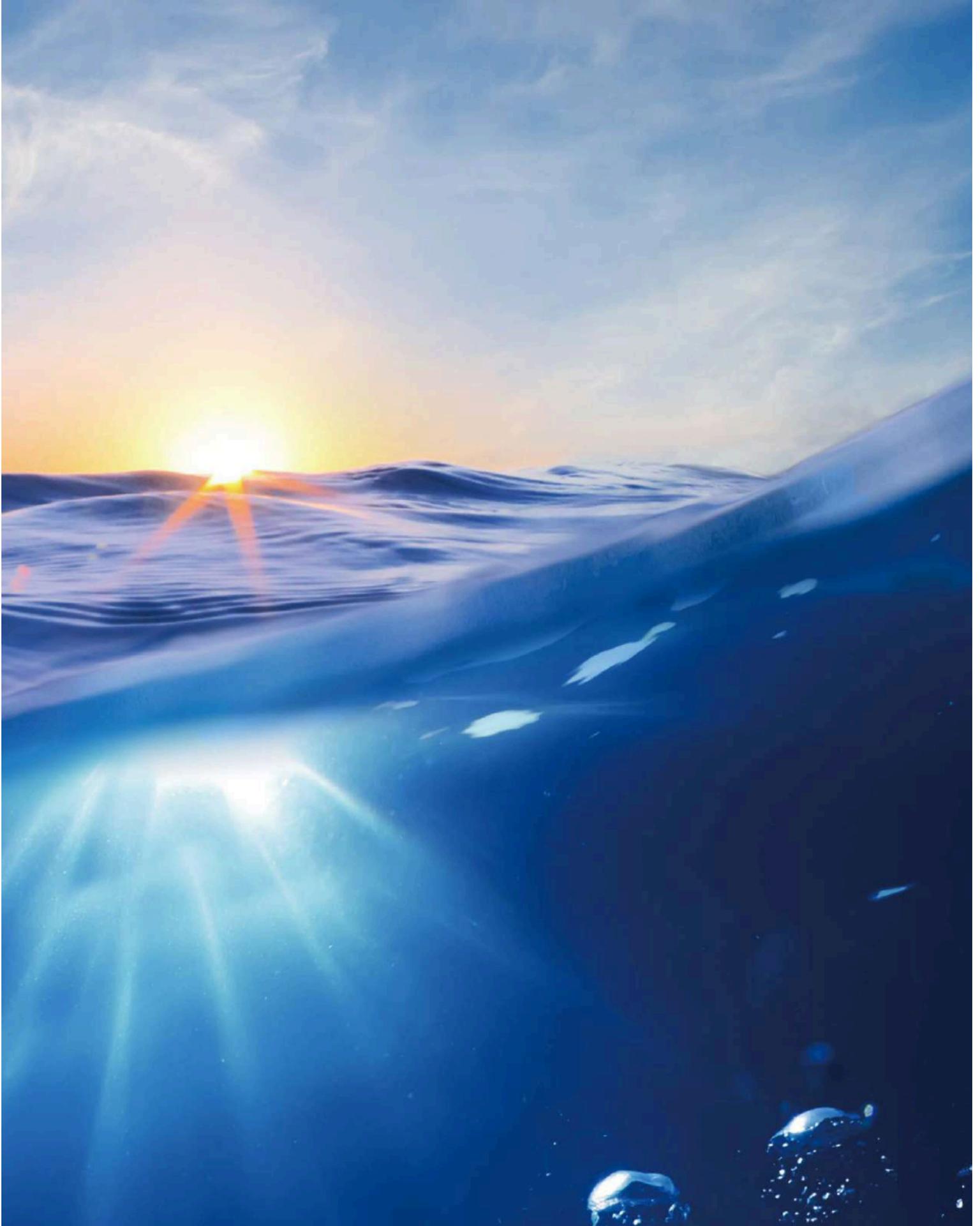


Национальная  
квантовая  
стратегия Кореи

27 июня 2023 г.

# Содержание

<b>Введение</b>	<b>06</b>
<b>I. Почему квантовая наука и технология</b>	<b>06</b>
01 Корея делает упор на Квантовую науку и технологии	08
02 Из полупроводниковой электростанции в лидера квантовой революции	10
03 Путь квантовой науки и технологий в Корее	12
<b>II. Будущее, формируемое квантовой наукой и технологиями</b>	<b>14</b>
01 Динамичная квантовая экономика	16
02 Квант для безопасного общества 03 Квант для улучшения повседневной жизни	18
20	20
<b>III. Видение и политические цели Кореи в области квантовой науки и технологий</b>	<b>22</b>
<b>IV. Стратегии трехэтапного развития для перехода к квантовой экономике</b>	<b>26</b>
<b>V. Политические ориентиры</b>	<b>30</b>
01 Обеспечение качественной рабочей силы	32
02 Исследования и разработки, ориентированные на миссию	34
03 Развитие инфраструктуры для квантовых исследований и промышленности 04 Создание основы для квантовой экономики 05 Применение в национальной обороне и безопасности 06 Становление мировым квантовым лидером	38
40	40
42	42
44	44
07 Создание устойчивой системы поддержки	46
46	46





# Новый квантовый скачок Кореи в будущее

"Квантовый скачок", квантовомеханический термин, относится к явлению, при котором электрон на атомной орбите с более низкой энергией вокруг ядра совершает внезапный переход на атомную орбиту с более высокой энергией, что приводит к резкому повышению уровней энергии, очень похожему на подъем по лестнице, когда атом поглощает энергию. Это явление, напоминающее телепортацию, все чаще используется как метафора стремительных инноваций и прогресса за короткий промежуток времени.

С момента своего создания Корея, опираясь на исключительные национальные возможности, дальновидность, ведущую мировую науку и технологии, а также промышленность, добилась беспрецедентного успеха, не имеющего аналогов в мировой истории. Это единственная страна, которая из развивающейся превратилась в страну с развитой экономикой. Сейчас, на заре квантовой эры, она готова к очередному квантовому скачку.

Наука и техника являются самыми мощными силами, продвигающими человеческую цивилизацию в совершенно новые измерения. Среди этих сил квантовая наука и технология, хотя и не были широко известны широкой общественности, оказали глубокое влияние на различные аспекты человеческой жизни. От смартфонов, ноутбуков и электронных устройств, которые доминируют в нашей повседневной жизни, до химических веществ, наук о жизни, медицинских технологий, лазеров, и дистанционной связи - наше понимание атомного микромира лежит в основе почти каждой развитой цивилизации 21 века. В нашем современном мире квантовая наука и технология стали настолько незаменимыми, что даже самый незначительный прогресс кажется недостижимым без них.

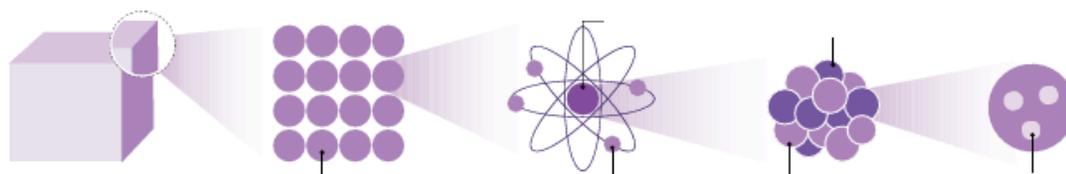
Что еще более вдохновляет, так это то, что квантовая революция, обладающая потенциалом для решения мировых проблем 21 века и формирования новой человеческой цивилизации, находится только на ранних стадиях. Путь только начался - от фундаментальных исследований, проливающих свет на происхождение жизни и вселенной, до борьбы с изменением климата, обеспечения безопасности человека, преодоления неизлечимых болезней, продления человеческой жизни, открытия новых источников энергии, и исследует неизведанные территории Вселенной. Человечество возлагает большие надежды на все мыслимые научные и технологические инновации.

Стремление к инновациям в области квантовой науки и технологий не только дает Корею новый двигатель для будущего роста, но и способствует процветанию мирового сообщества, следовательно, повышая статус страны и достоинство до беспрецедентного уровня.

# ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

## Что такое квант?

Квант - это широкий термин, охватывающий физические явления, которые включают дискретную природу физических величин, включая энергию и импульс. Квантовые объекты демонстрируют характеристики как дискретности частиц, так и суперпозиции волн.



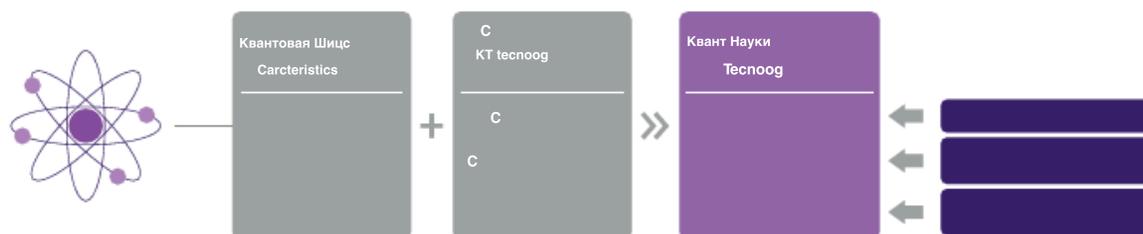
"Крошечные физические системы с наблюдаемыми квантовыми явлениями"

Одним из неправильных представлений о кванте является интерпретация его как частицы.

В квантовой механике "квант" не относится к частицам

## Что такое квантовая наука и технология?

Квантовая наука и технология применяют атрибуты квантовой физики к информационным технологиям, включая вычисления, коммуникация, зондирование и многое другое для обеспечения "сверхбыстрых вычислений", "сверхбезопасной связи" и "сверхточных измерений".

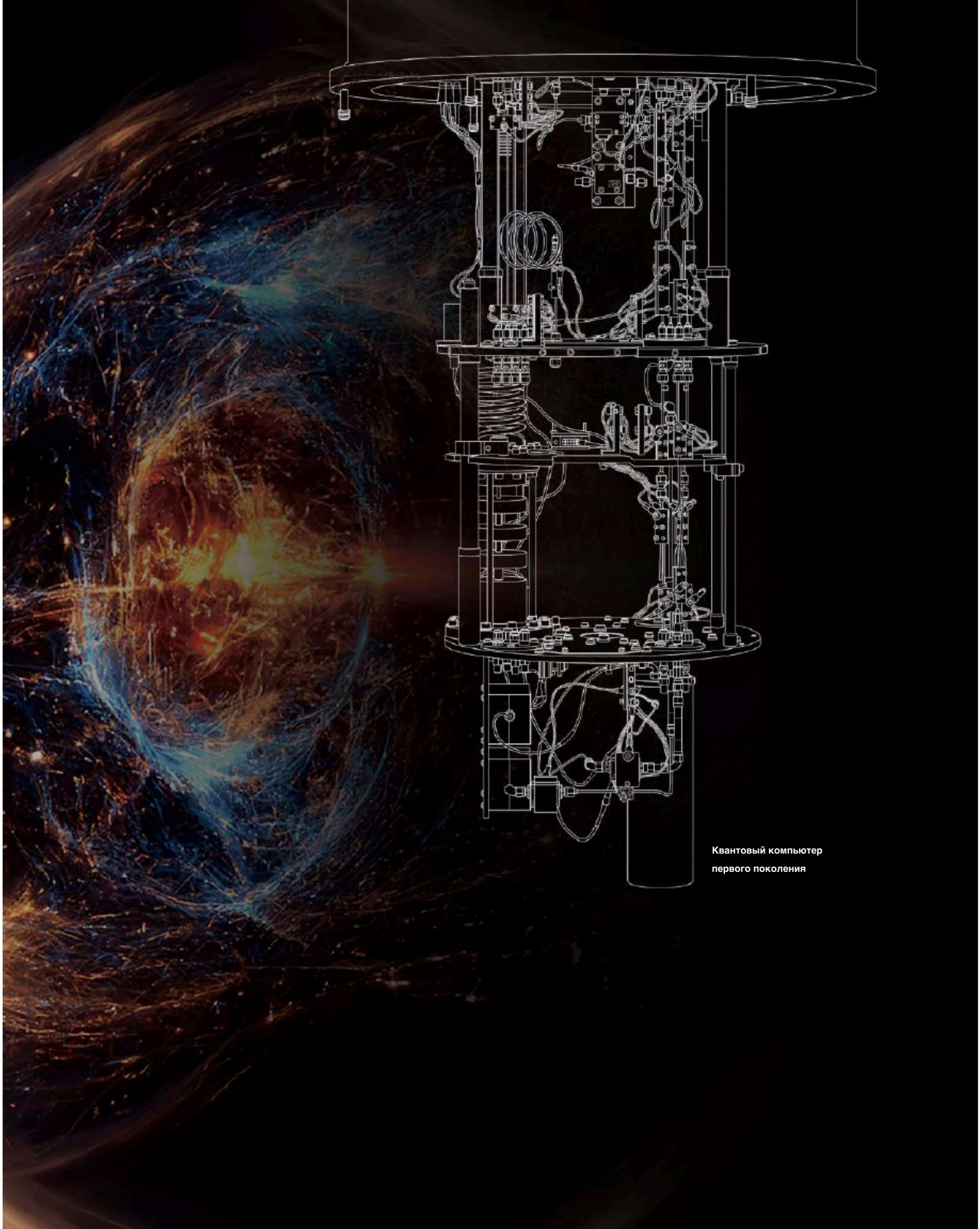


ЧАСТЬ.1

# Почему квантовая наука и технология?

## Квантовая запутанность

Свойство, при котором две квантовые частицы остаются взаимосвязанными независимо от того, на каком расстоянии друг от друга они находятся.



Квантовый компьютер  
первого поколения

# 01

## Корея уделяет особое внимание Квантовая наука и технология

Прошло более 120 лет с тех пор, как появилась концепция кванта, и почти 100 лет с момента зарождения современной квантовой физики. Период, охватывающий 20 век и начало 21 века, в который полупроводниковая технология, основанная на квантовой физике, привела к революционным преобразованиям в человеческой цивилизации, известен как эпоха "Первой квантовой революции".

### Наступление Второй квантовой революции

Грядущая эра "Второй квантовой революции" в большей степени будет использовать передовые квантовые явления, такие как суперпозиция и запутанность. Помимо традиционного двоичного представления битов, которые обозначают либо 0, либо 1, ключевую роль будет играть новая информационная единица, называемая кубитом, способная использовать свойство суперпозиции для одновременного хранения значений 0 и 1. Квантовые компьютеры, демонстрирующие беспрецедентную вычислительную мощность, достигнутую благодаря взаимодействию кубитов, будут широко использоваться в продвижении искусственного интеллекта, ускорении открытия лекарств и исследований материалов, преобразовании энергетических решений, освоении космоса и решении сложных математических задач.

Появление квантовых компьютеров также означает крах традиционных систем шифрования, основанных на целочисленной факторизации, которые не могли быть взломаны классическими цифровыми компьютерами. Следовательно, страны по всему миру стремятся разработать новаторскую квантовую криптографию и сетевые технологии, которые используют квантовые явления, такие как суперпозиция, запутанность и изменения, вызванные наблюдением, в информации, для значительного повышения безопасности. Кроме того, наблюдается растущая технологическая конкуренция за применение технологии квантовых датчиков, которая превосходит фундаментальные ограничения обычных датчиков с точки зрения точности и чувствительности, в передовых отраслях промышленности, требующих высоких возможностей обнаружения, включая национальную оборону и другие передовые секторы.





## Из полупроводниковой электростанции в лидера квантовой революции

Некоторые основные оригинальные технологии в квантовой области уже прошли первоначальную проверку. Однако

---

доминирующим технологиям еще только предстоит появиться, и различные технологии-кандидаты находятся в стадии конкуренции. Поскольку ни

одна из стран не достигла уровня завершения, можно сказать, что настоящая конкуренция начинается с этого момента.

### **Лидирующие позиции в полупроводниковой промышленности и производстве дисплеев с "ДНК № 1"**

Корея добилась глобального успеха в передовых производственных секторах, включая производство полупроводников, автомобилей, судостроения, стали и нефтехимии, благодаря своему быстрому и целенаправленному росту. Среди этих отраслей полупроводниковая экосистема Кореи, основанная на надежных человеческих и материальных ресурсах, сыграла ключевую роль в развитии мировой полупроводниковой промышленности благодаря первой квантовой революции. Эти возможности готовы продолжать стимулировать инновации по мере приближения к неизбежной второй квантовой революции. Корейские компании, вооруженные первоклассными мировыми технологиями обработки полупроводников, имеют стратегическое положение для сохранения своего лидерства в разработке и массовом производстве квантовых процессоров и полупроводниковых фотозащитных элементов, которые необходимы в эпоху квантовой экономики.

### **Мировое лидерство в области ИКТ и сервисных станций**

Превосходство Кореи выходит за рамки производства; она находится на переднем крае глобальных рынков передовых услуг, включая логистику, транспорт, медицинское обслуживание и финансы. Более того, страна успешно культивировала необходимые ресурсы, такие как люди с исключительным талантом к программированию, вступить в эру квантовой науки и технологий. Корея готова стать международным испытательным полигоном, где конвергенция существующих отраслей промышленности с квантовой наукой и технологиями создает беспрецедентную новую ценность.

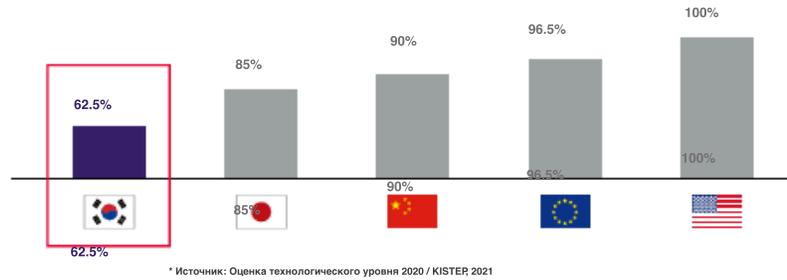
### **Новаторская стратегия Кореи в квантовую эпоху**

Сочетание накопленного корейцами потенциала в области науки, технологий, промышленности и инфраструктуры ИКТ создаст синергию, совместимую с новыми возможностями в области квантовой науки и технологий. Эта синергия выведет Корею на передний план качественного скачка в Квантовую эпоху. К 2035 году мы стремимся представить видение и стратегию развития корейской квантовой науки и технологий для дальнейшего преобразования Кореи в более справедливую, безопасную и процветающую нацию счастья.

## Состояние корейской науки и технологий Quantum

### Технологический уровень

На 62,5% по сравнению с ведущими странами

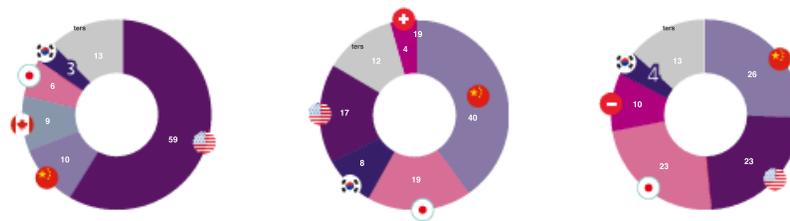


### Человеческие ресурсы

По состоянию на 2022 год в Корею насчитывается около 400 ключевых сотрудников quantum

### Патентные заявки

(Совокупно, %, 2010-2019 гг.)



### Сильные и слабые стороны



# 03

## Путешествие по Квантовая наука и технологии в Корее

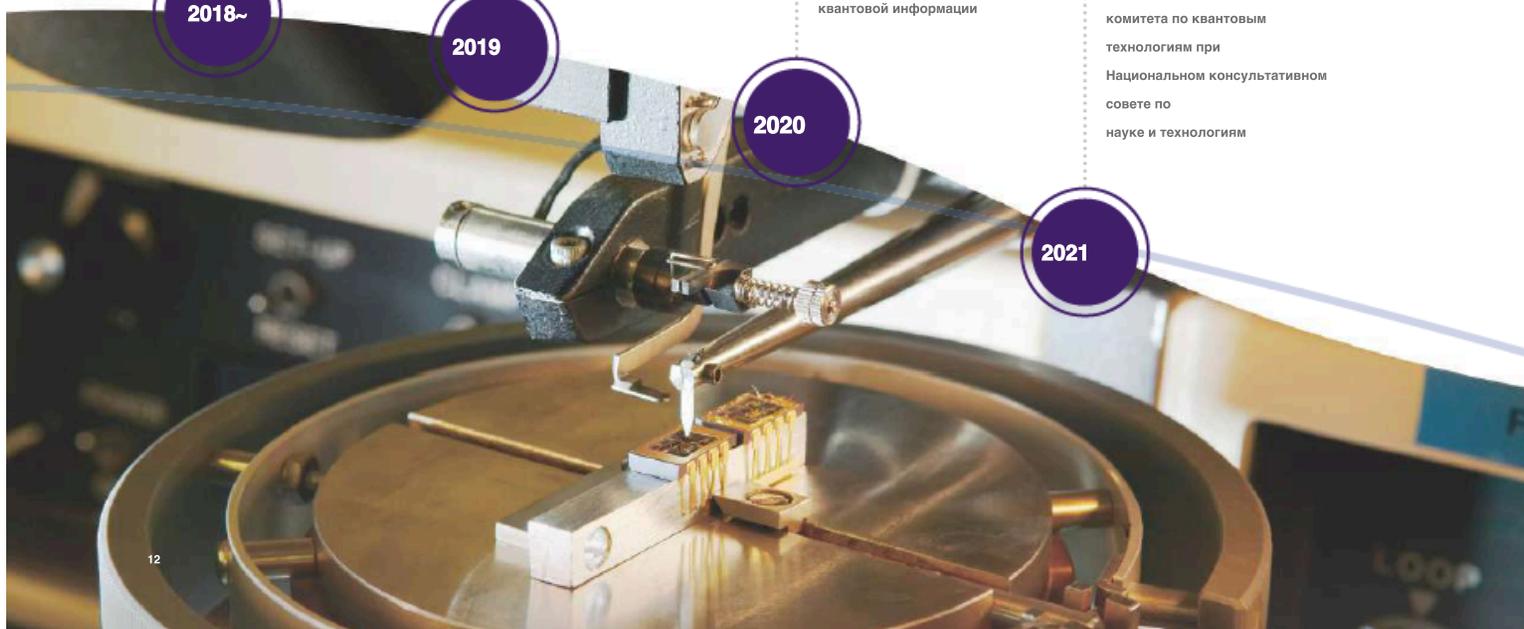
- **Декабрь 2014 г.**  
Стратегия в области квантовой информации
- **Июнь 2016 г.**  
Применение квантовая криптография связь (SKT) с сетью LTE (30 км) между Седжоном и Тэджоном
- **Декабрь 2018 г.**  
Дорожная карта квантовых информационных и коммуникационных технологий
- **Март. 2019**  
Применение квантовой криптографии связи для сети 5G Сеул-Тэджон-Тэгу (360 км) (SKT)
- **Апрель 2019 г.**  
Начало государственной программы НИОКР для quantum
- **Апрель 2020 г.**  
Начало разработки пилотной инфраструктуры для связи с квантовой криптографией
- **Июнь 2020 г.**  
Запуск квантового мобильного телефона Galaxy с чипом квантовых случайных чисел (SKT)
- **Июнь 2020 г.**  
Проведена 1-я квантовая неделя 2020
- **Август 2020 г.**  
Открыт Центр поддержки научных исследований квантовой информации
- **Март 2021 г.**  
Разработка оригинальной технологии для квантовых гравитационных датчиков высшего класса в мире (KRISS)
- **Апрель 2021 г.**  
Национальная стратегия исследований и разработок в области квантовых технологий
- **Июнь 2021 г.**  
Раздел квантовой информации включен в "Специальный закон о продвижении информационных и коммуникационных технологий и оживлении их конвергенции"
- **Октябрь 2021 г.**  
Организация специального комитета по квантовым технологиям при Национальном консультативном совете по науке и технологиям

2018~

2019

2020

2021



2022

● Январь 2022 г.

NIA обозначен как Koгеа-  
Центр квантовой индустрии

● Март 2022 г.

Применение гетерогенной  
квантовой криптографии в  
Сеуле- Пусане (КТ)

● Июнь 2022 г.

Внедрение квантовой  
криптографической связи в 33  
правительственных организациях через  
национальную сеть конвергенции

● Июнь 2022 г.

Начало разработки  
50-кубитного квантового компьютера

● Июнь 2022 г.

KRISS назначен Центром исследований  
квантовых вычислений  
ETRI, KIST назначен Центрами  
квантовых интернет-исследований

● Июль 2022 г.

Запуск третьей в мире  
службы связи с квантовой  
криптографией (SKT/КТ)

● Июль 2022 г.

Запуск первого в мире  
сервиса после квантовой  
криптографии (LGU)

● Сентябрь 2022 г.

Создание Квантового  
информационного общества Кореи

● Сентябрь 2022 г.

В Вашингтоне открылся Центр  
сотрудничества в области квантовых  
технологий Кореи и США

● Октябрь 2022 г.

Обозначена как одна из 12 национальных  
стратегических технологий

● Ноябрь 2022 г.

Корейский альянс лидеров индустрии  
квантовых вычислений

● Декабрь 2022 г.

Дорожная карта квантовой  
науки и технологий

● Декабрь 2022 г.

Стратегии развития  
Quantum Workforce

● Декабрь 2022 г.

Обозначен как один из  
15 проектов Новой  
стратегии роста 4.0

2023

● Март 2023 г.

Применил беспроводную  
квантовую криптографическую  
систему к коммерческой сети  
(Международный университет  
Чеджу) (КТ)

● Март 2023 г.

КРИСС назначен  
Национальный центр квантовых  
технологий и стратегии

● Апрель 2023 г.

Представлена первая в мире  
система проверки  
безопасности для квантовой  
криптографической связи

● Апрель 2023 г.

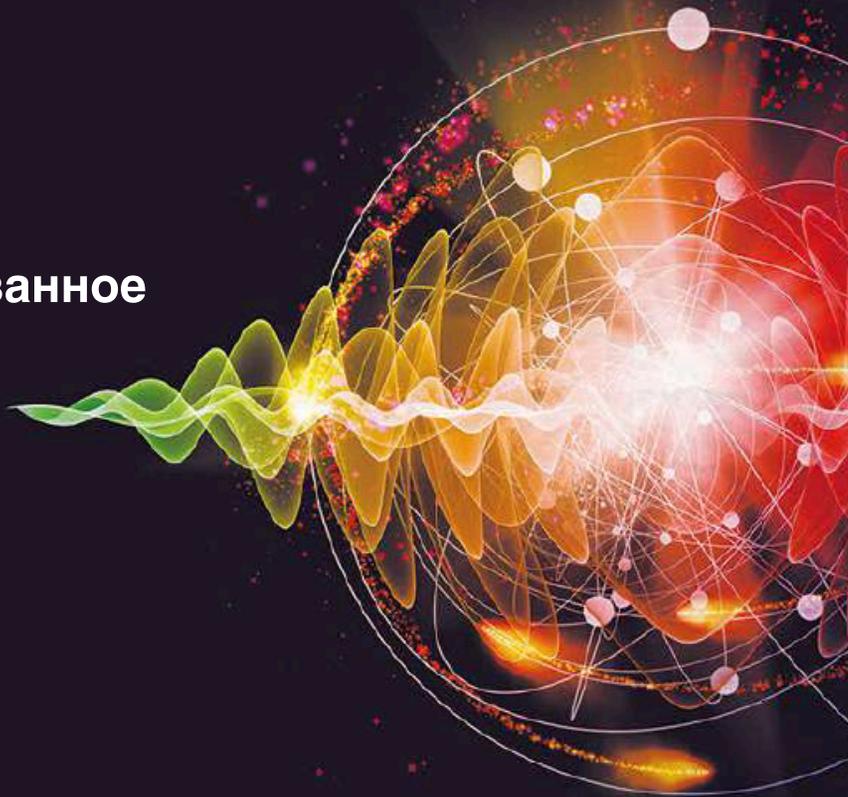
Начало предварительного  
технико-экономического обоснования  
флагманского проекта в области  
квантовой науки и технологий

● Июнь 2023 г.

Состоится Quantum Korea 2023

## ЧАСТЬ. II

# Будущее, сформированное квантовой наукой и технологией



### Квантовая суперпозиция

Квантовые состояния существуют в виде одновременной суперпозиции вероятностных распределений и фаз, и результаты измерений могут быть предсказаны только вероятностно

$$x = x_1 + mt, y = y_1 + nt, z_1 = z + pt$$

$$x = mz + a, y = nz + b \quad \frac{x-a}{m} = \frac{y-b}{n} =$$

$$y^2 (x+c)^2 + y^2 = 4a - 4a\sqrt{(x-c)^2 + y^2} + (x-c)^2$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{e^x - 1} \right) = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^x - 1 - x}{x(e^x - 1)}$$

$$f' = (\ln u)' (\sin x)' = \frac{1}{u} \cos x = \frac{\cos x}{\sin x} = \cot x$$

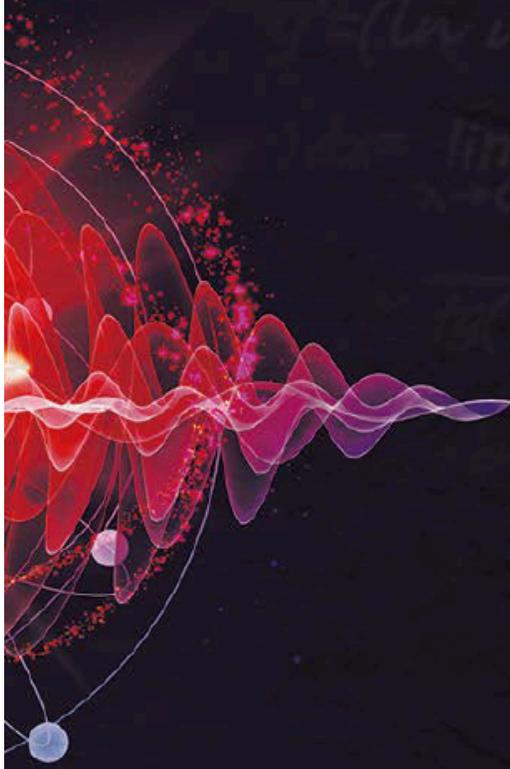
$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{x \rightarrow 0} \int_a^x f(x) dx + \lim_{x \rightarrow 0} \int_{x+b}^b f(x) dx$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{4x}{\sin(\pi(2+x))} = \left\{ \frac{0}{0} \right\} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{4x}{\sin 2\pi x} = \frac{4}{2\pi} = \frac{2}{\pi}$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \quad a \sum_{i=1}^n x_i^2 + bn = \sum_{i=1}^n x_i^2$$

$$x \rightarrow \pi, y \rightarrow 0$$

$$\sin 3(p-y) = \sin(3p-3y) = \sin$$



# 01

## Динамичный Квантовая Экономика

---

Глобальная конкуренция усиливается в производстве полупроводников, автомобилей, судостроении, стали и нефтехимии, которые являются основными флагманскими отраслями промышленности Кореи, стимулирующими рост нашей экономики. В такой перегретой конкурентной среде для страны крайне важно обеспечить применение исключительно передовых технологий, которые не позволят конкурентам обогнать ее. Ожидается, что в этом отношении квантовая наука и технологии станут рычагом повышения национальной конкурентоспособности и производительности.

### **"Значительное лидерство" в пяти основных отраслях промышленности Кореи.**

Интеграция квантовой науки и передовых производственных технологий позволит значительно повысить эффективность производства во всех отраслях корейской промышленности. Примеры такой интеграции включают оптимизацию производства полупроводников и производство на основе квантовых вычислений, инновационный сверхтонкий технологический процесс.

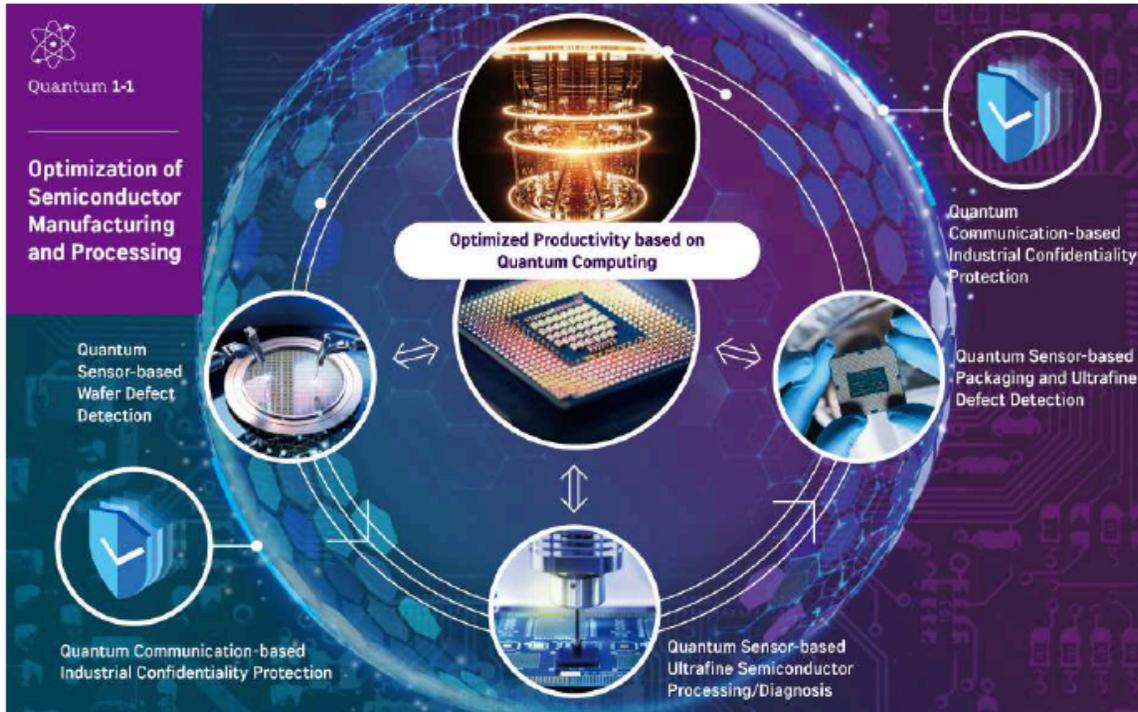
разработка технологий автономного вождения и аккумуляторов с использованием квантовых датчиков и точного обнаружения дефектов.

### **Ускорение развития "передовых отраслей", таких как искусственный интеллект и биотехнологии.**

"Данные", которые часто называют "нефтью 21 века", являются важным ресурсом для будущих передовых отраслей промышленности, таких как биотехнологии, робототехника и искусственный интеллект, которые требуют высокоскоростной, крупномасштабной обработки данных и передовых мер безопасности данных. Возможности вычислений, обнаружения и безопасности, основанные на квантовой науке и технологиях, полностью преодолеют ограничения традиционных цифровых систем и ускорят развитие передовых отраслей промышленности. Квантовые компьютеры будут способны анализировать ДНК, состоящую из миллиардов пар оснований, и обрабатывать огромное количество данных о вариациях генетических последовательностей, прокладывая путь к инновационным технологиям лечения заболеваний и разработке лекарств. Кроме того, они ускорят разработку сверхбольшого искусственного интеллекта, способного обрабатывать параметры в масштабе триллионов и ускорят появление человекоподобных роботов, похожих на людей.

### **Великий скачок в "Новых ключевых отраслях", таких как космос, ресурсы и энергетика**

Растущие вызовы глобальных проблем, таких как истощение ресурсов на Земле и столкновения с астероидами, требуют более широкого международного сотрудничества в различных областях, включая космос, ресурсы и энергетика. Квантовые компьютеры готовы обеспечить основу для решения основных глобальных проблем, а технология квантовой навигации расширит горизонты человечества за пределы Земли, что позволит осваивать космические ресурсы. Более того, квантовые компьютеры будут использоваться для масштабных экспериментов и вычислений, направленных на раскрытие тайн сотворения и эволюции Вселенной. Квантовое моделирование обладает потенциалом для выяснения принципов азотфиксации с целью снижения существенных энергозатрат, связанных с глобальным производством удобрений, способствуя решению глобальных энергетических проблем.



# 02

## Квант для Безопасное общество

---

"Что происходит, когда твое копье пронзает твой щит?" Этот древний парадокс действительно может быть символом ожесточенной конкуренции, которая развернется в ближайшем будущем между квантовым компьютером, способным взломать что угодно, и технологией квантовой криптографии, которая может защитить от всего.

### Информационное общество без взломов, сверхбыстрое

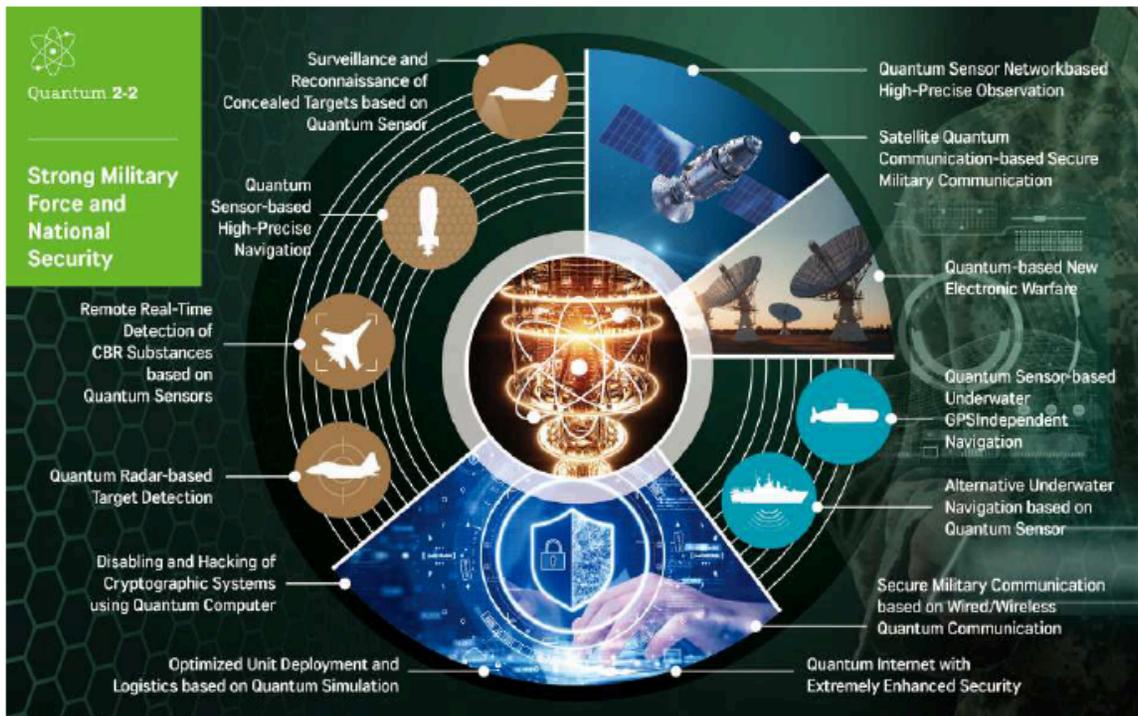
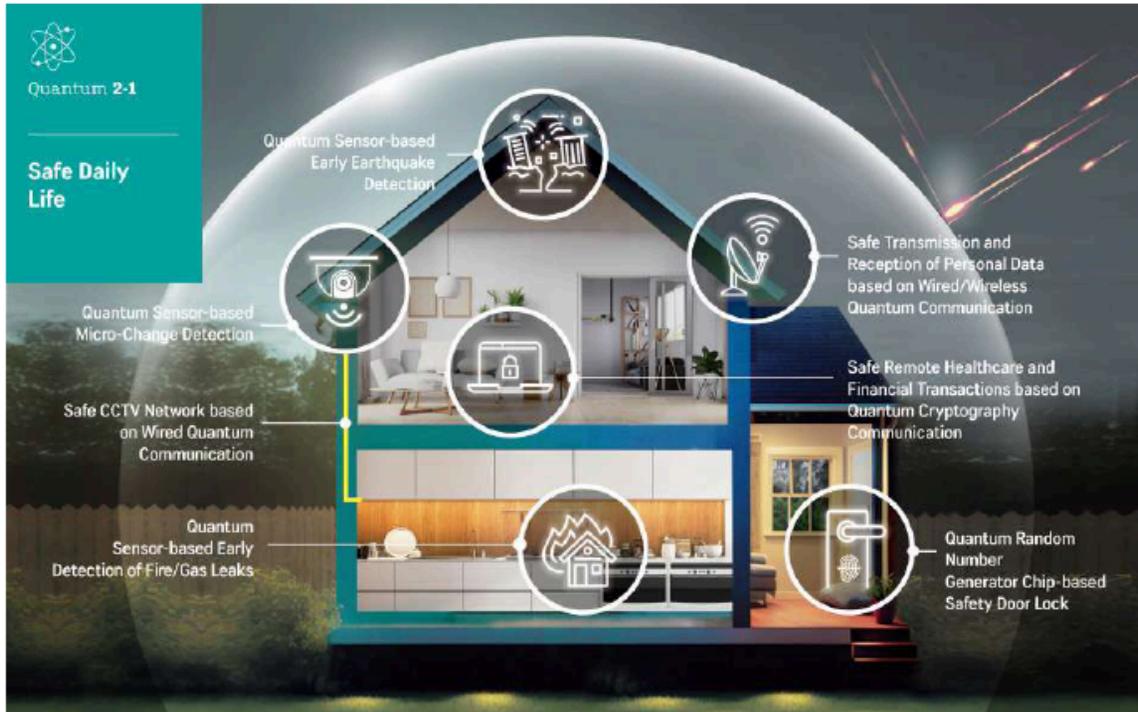
С повсеместным распространением электронной коммерции и информационных услуг ИТ способность защищать личную информацию от утечек, взлома, подслушивания и подобных угроз стала ключевой функцией поддержания общественного порядка. Технологии обработки информации, основанные на квантовой криптографии, которые невосприимчивы к прослушиванию и взлому, обеспечат существенную защиту от риска утечки персональных данных в таких областях, как безопасность связи, финансовые транзакции и медицинские данные. В настоящее время квантовые модули безопасности, такие как квантовые генераторы случайных чисел, применяемые в некоторых смартфонах и автомобильных системах безопасности, развиваются до общесистемного уровня. В будущем это приведет к созданию новых отраслей и услуг в области безопасности, использующих квантовую науку и технологии.

### Сильная военная сила и национальная безопасность, основанные на науке и технологиях.

В сложном и постоянно меняющемся международном ландшафте страны по всему миру вовлекаются в новую гонку вооружений, в центре которой находятся передовые технологии. Страны сосредотачивают свой интерес и исследования на новых системах вооружения, включая: квантовые компьютеры, способные нейтрализовать системы шифрования противника, технологию квантовой криптографии, которая обнаруживает попытки подслушивания в реальном времени, квантовый радар для дистанционного обнаружения малозаметных объектов, таких как беспилотные летательные аппараты, и навигационные системы подводных лодок / самолетов для использования в глубоководных или военных сценариях, где информация о местоположении GPS недоступна. Ожидается, что Корея также укрепит свои позиции в качестве научно-технологического центра в области национальной обороны и безопасности за счет применения передовой квантовой науки и технологий.

### Предотвращение катастроф и несчастных случаев.

Повышение чувствительности, эффективности и решительности позволит на ранней стадии выявлять и предотвращать различные социальные риски, такие как стихийные бедствия, которые могут стать причиной, а также могут привести к пожарам, от которых страдают люди. Кроме того, квантовые зонды наблюдения станут инструментом, пригодным для подачи сигналов под поверхностью уха, способствующих своевременному обнаружению различных городских катастроф, таких как воронки, снижающих шум и способствующих ускорению старения, вызванного волнами и сейсмическими воздействиями.



# 03

## Квант для Улучшения повседневной жизни

---

Квантовая наука и технологии преодолеют ограничения в областях, связанных с повседневной жизнью, таких как здравоохранение, метеорология и транспорт, позволяя всем людям наслаждаться более безопасной и здоровой жизнью. Внедрение квантовых компьютеров и технологии квантовых датчиков с их превосходными возможностями анализа переменных и получения оптимальных решений не только позволит быстро и точно находить оптимальные решения социальных проблем, но и приведет к значительной экономии средств.

### Инновации в разработке новых лекарств и высококачественных медицинских услугах

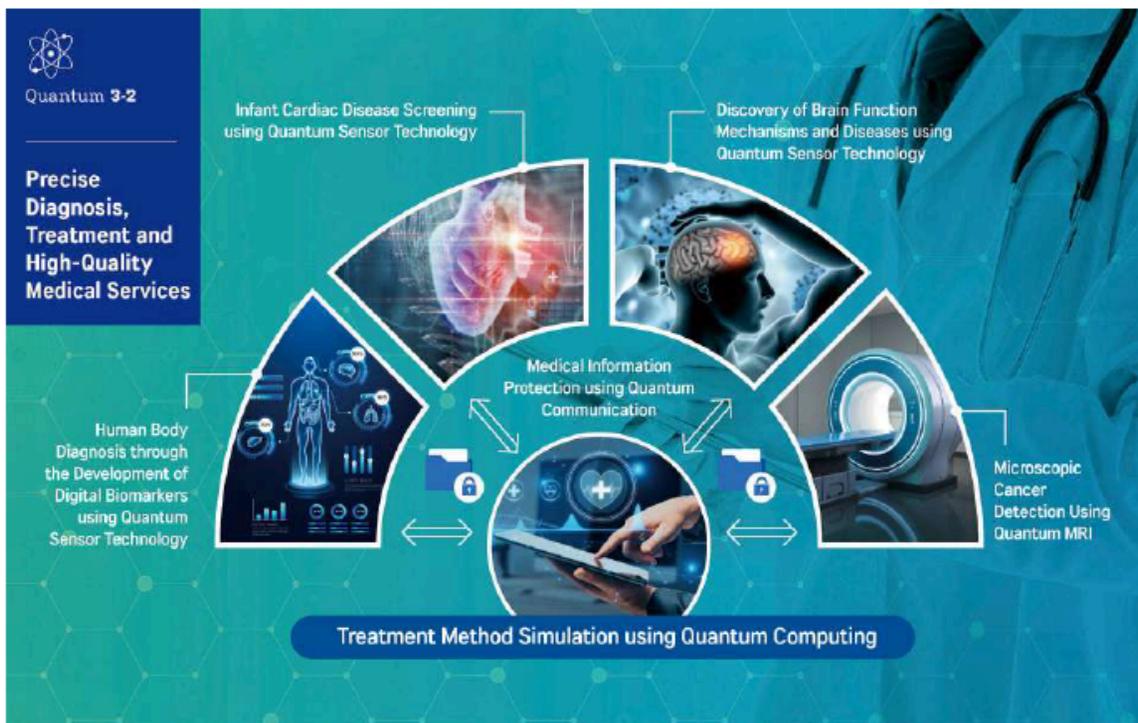
Интеграция квантовой науки и искусственного интеллекта позволяет проводить более точную диагностику заболеваний и лечение. Высокопроизводительная технология искусственного интеллекта, основанная на квантовых вычислениях, обеспечит оптимизированные клинические данные и варианты лечения заболеваний пациентов. Кроме того, разработка квантовой сенсорной технологии обеспечит более точные изображения и результаты анализа, чем КТ и МРТ, которые позволяют проводить сверхточную диагностику рака и помогают в разработке новых методов лечения посредством наблюдения за живыми вирусами. Это открывает новые возможности для развития передовых медицинских технологий.

### Точное прогнозирование погоды и климата.

Глобальное изменение климата оказывает все более непосредственное воздействие на повседневную жизнь, влияя на производство продуктов питания, изменения в среде обитания и появление новых инфекционных заболеваний. В будущем технология квантовых датчиков позволит осуществлять более точный сбор данных, а сверхбыстрая и крупномасштабная вычислительная мощность квантовых компьютеров будет использоваться для обработки и анализа данных об изменчивой погоде в режиме реального времени. Это повысит достоверность информации о погоде и климате и поможет найти решения в случае стихийных бедствий, связанных с погодой, что сделает повседневную жизнь людей более здоровой и приятной.

### Оптимизированные транспортные услуги.

Квантовые лидары и квантовые датчики времени обладают точной информацией о местоположении и расширенными возможностями распознавания и будут способствовать наступлению новой эры полностью автономных транспортных средств, кораблей и самолетов. Они будут играть решающую роль в расширении и совершенствовании городских транспортных систем, включая городскую воздушную мобильность (UAM) и мобильность в зависимости от пункта назначения, и обеспечат более безопасный и удобный транспорт для людей благодаря разнообразному анализу переменных и прогнозам в режиме реального времени в мегаполисах.



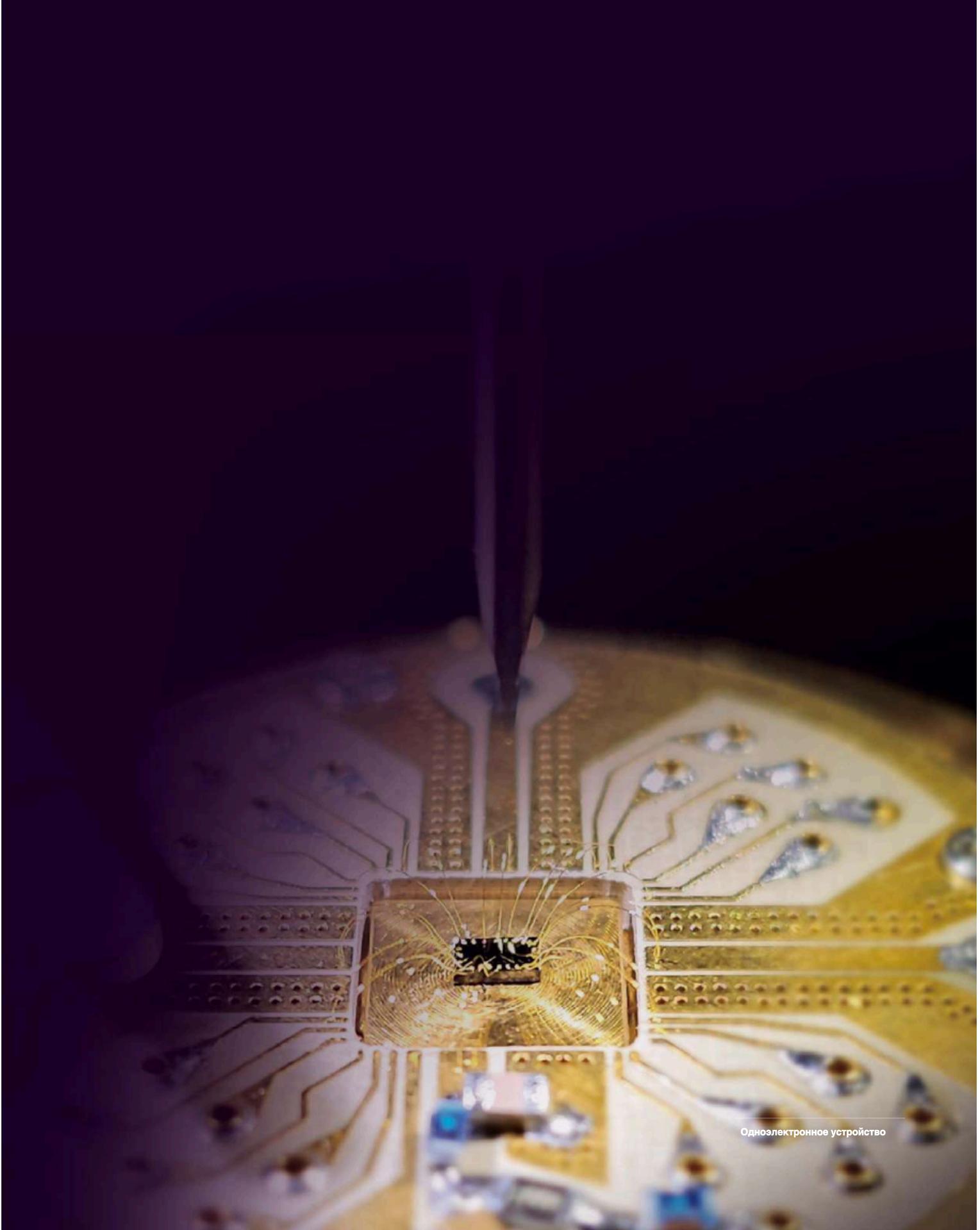
ЧАСТЬ. III

**Видение Кореи и  
цели политики в области  
Квантовой науки и технологий**



**Квантовая неопределенность**

Результаты измерения квантовых физических величин приведены в терминах вероятностей, и существуют случаи, когда невозможно измерить две или более физических величин одновременно с абсолютной точностью



Одноэлектронное устройство

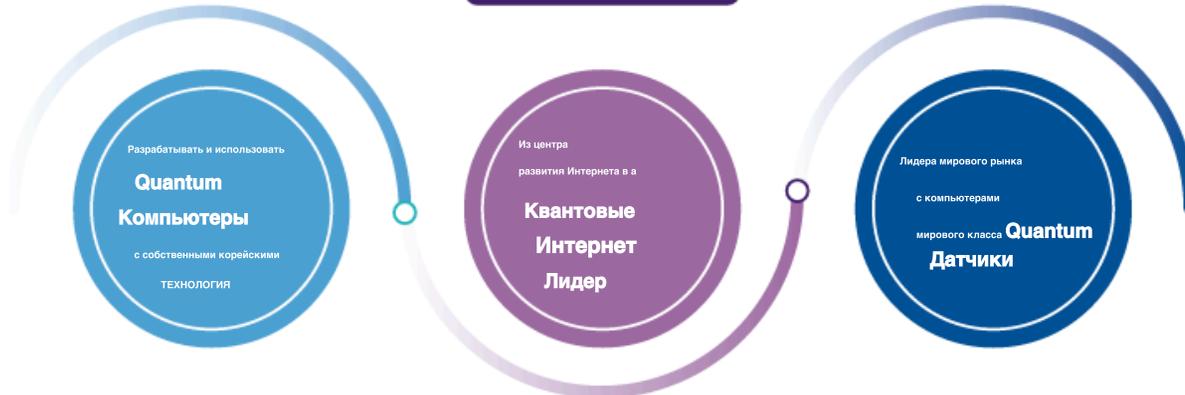
# Видение и политические цели Кореи в отношении

## Квантовая наука и технология

МИССИЯ

К 2035 году Корея достигнет высокого положения  
как связующее звено глобальной квантовой экономики.

### Политические цели



### Стратегические задачи



### Инвестиции



Более 3 трлн вон в виде совместных государственно-частных инвестиций

Фундаментальные исследования и отраслевые приложения: [Правительство] 2,4 трлн вон (2023-2035), [Частный сектор] 600 млрд вон (2023-2027).

## Ключевые показатели

- Наука и технологии
- Промышленность и рынок
- Международное сотрудничество Инвестиции



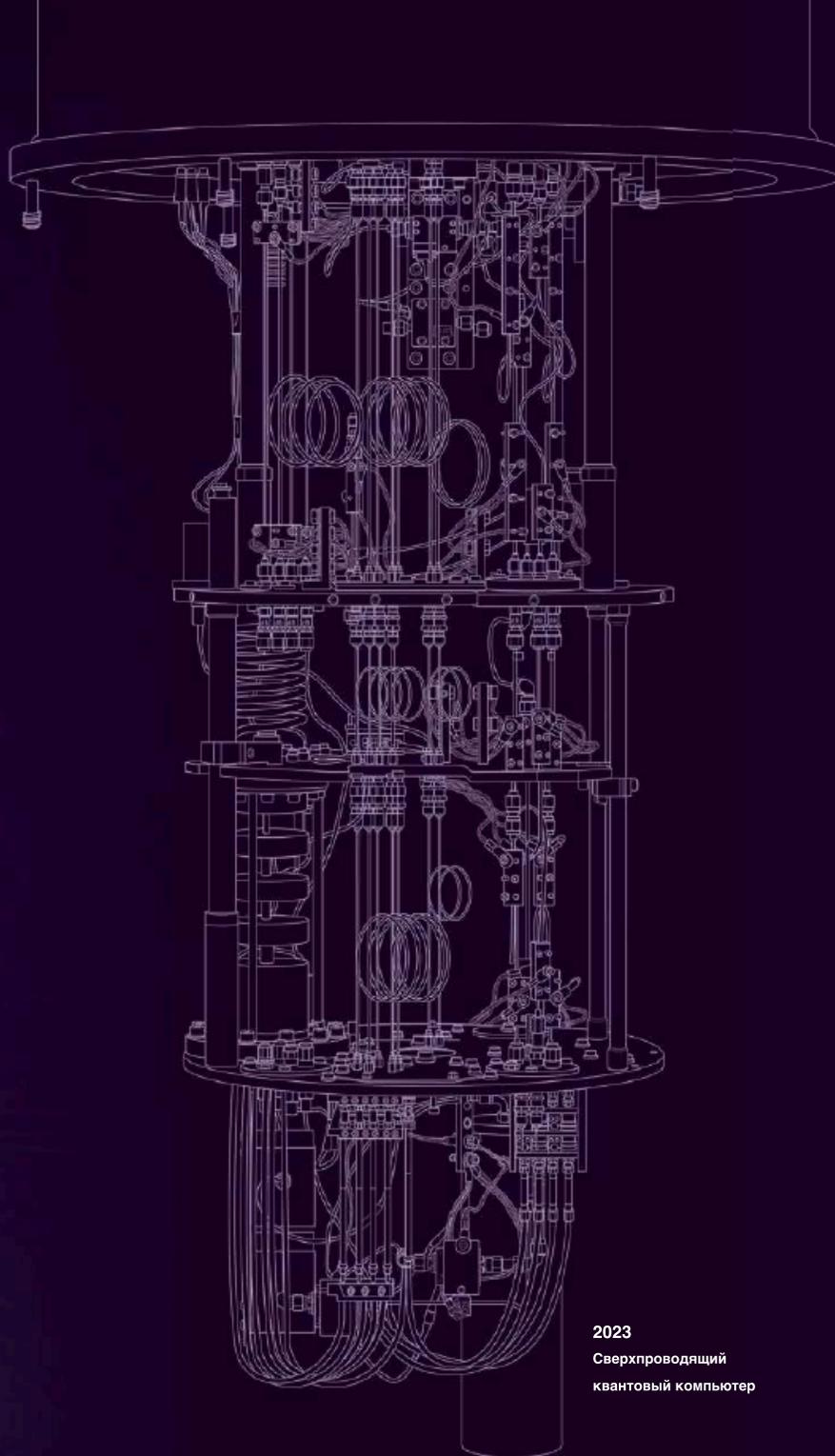
1) Оценка технологического уровня 2020 (KISTER, 2021) 2) Технический документ по квантовым информационным технологиям (Будущий форум по квантовой конвергенции, 2022) 3) Совокупное количество ключевых сотрудников quantum, подготовленных в рамках государственных программ поддержки развития персонала quantum, включая высшие учебные заведения quantum, зарубежные назначения / стажировки и т.д.  
4) На основе данных Mind Commerce за 2022 год (США 21,4%, Китай 11,2%, Канада 7,6%, Япония 7,3%) 5) Количество корейских компаний, занимающихся поставками квантовой науки и технологий, quantum SME, и компании, производящие квантовые продукты / услуги, зарегистрированные на будущей форум квантовой конвергенции и Альфа ведущих компаний, занимающихся квантовым вычислениями 6) Примерно 0,5% от общего числа промышленных / коммерческих организаций (около 250 000 по состоянию на 2020 год) в секторах, где могут применяться квантовая наука и технологии, включая медицину / фармацевтику, полупроводники, компьютеры, устройства связи, бытовые приборы, прецизионное оборудование, прецизионную химию, авиацию, автомобилестроение, информационно / коммуникацию, финансы / страхование. 7) Совокупный бюджет на международное сотрудничество (международные совместные исследования, обмен рабочей силой) в государственных проектах, ориентированных на конкретные кванты;

ЧАСТЬ. IV

Трехфазное развитие  
Стратегии перехода к  
квантовой экономике

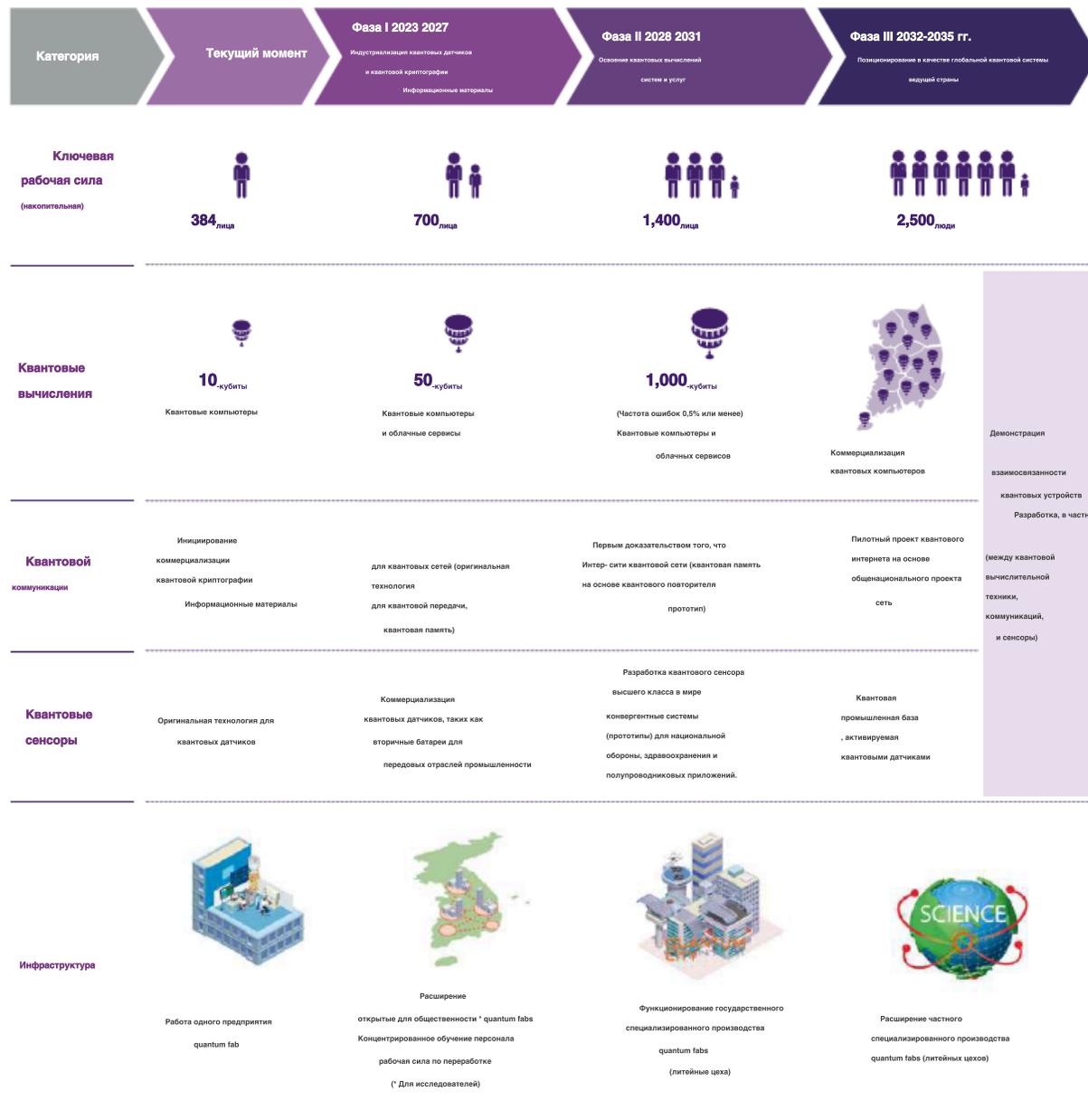
Корпускулярно-волновой дуализм

Вся материя обладает свойствами как частиц, так и волн одновременно.



2023  
Сверхпроводящий  
квантовый компьютер

## Стратегии трехэтапного развития для Перехода к квантовой экономике



## Этап 1.

2023-2027

Сосредоточить внимание на создании базовой квантовой экосистемы и ускорении индустриализации квантовых датчиков и квантовая криптография коммуникация



Определите национальные приоритеты, используя коллективные возможности отечественных академических кругов, промышленности и исследовательских институтов. Проводить целенаправленные исследования и разработки для повышения уровня квантовых технологий в Корею с нынешних 62,5% до 70% по сравнению с ведущими странами.

Разработать 50-кубитную сверхпроводящую квантовую вычислительную систему к 2027 году и поддерживать различные инициативы по изучению социально-экономической целесообразности квантовых вычислений. Содействовать широкому внедрению квантовой криптографии связи, которая находится на ранних стадиях коммерциализации, и обеспечивать безопасность ключевых технологий для квантовых сетей, включая память для хранения квантовой информации и квантовую передачу. Постоянно совершенствуются оригинальные технологии для четырех основных квантовых датчиков (инерциальных, времени, электромагнитного поля, визуализации), а также разрабатываются квантовые датчики для коммерческого использования в передовых отраслях промышленности, таких как производство вторичных аккумуляторов. Расширить квантовые аспирантуры и научно-исследовательские центры (ITRC, SRC / ERC и т.д.), чтобы увеличить количество передовых ключевых сотрудников с нынешних 380 человек до 700 человек и продолжать поддерживать фундаментальные квантовые исследования. Создать инфраструктуру, поддерживающую различные исследовательские мероприятия, включая открытые общедоступные квантовые фабрики, доступные для исследователей, и сосредоточиться на подготовке специализированной рабочей силы для работы с устройствами.

## Фаза 2

2028-2031

Одомашнивание квантовых вычислительных систем и скачок в индустриальный центр квантовой науки и техники



Стимулируйте исследования и разработки на системном уровне (R & D) за счет интеграции элементарных технологий, чтобы поднять технологический уровень до 80% по сравнению с ведущими странами. Разработать 1000-кубитный квантовый компьютер с надежностью мирового класса к 2031 году, вместе с квантовым ретранслятором на основе квантовой памяти для преобразования и хранения квантовой информации и провести первоначальные демонстрации междугородних квантовых сетей. Разработайте первоклассную в мире систему конвергенции квантовых сенсоров для национальной обороны, здравоохранения, полупроводниковой промышленности и других секторов. Постоянно поддерживать квантовую теорию и фундаментальные исследования в области новых инновационных оригинальных технологий, а также совершенствовать квантовые академические программы и расширять штат сотрудников за счет расширения базы, стремясь воспитать 1400 ключевых сотрудников quantum. Усилить различную институциональную поддержку, включая помощь в коммерциализации и предпринимательстве, улучшения регулирования, для индустриализации результатов исследований и разработок в области квантовой науки и технологий. Кроме того, мы управляем передовыми производственными квантовыми фабриками (foundries), чтобы производить высококачественные квантовые устройства для исследований и промышленного использования. Продвигать исследования и разработки, а также индустриализацию материалов, компонентов и оборудования, которые составляют квантовые системы для продвижения квантовой науки и технологий и защищать цепочки поставок, направленные на поддержку перехода к квантовой экономике.

## Фаза 3

2032-2035

Руководить глобальной квантовой экономикой, основанной на глобальной квантовой системе, и выступать в качестве оборонного центра



Стремитесь к сбалансированному развитию фундаментальных и прикладных исследований и промышленных приложений НИОКР для достижения уровня квантовых научных технологий до 85% по сравнению с ведущими странами для обеспечения международного лидерства и реализации значительных квантовых преимуществ в социально-экономических аспектах. Продемонстрируйте взаимосвязь квантовых устройств для соединения квантовых компьютеров, квантовых датчиков или нескольких квантовых компьютеров с квантовыми сетями для продвижения прорывных инноваций в квантовой науке и технике. Расширьте штат quantum key до 2500 человек для поддержания постоянной глобальной конкурентоспособности. Создайте надежную систему квантовой индустрии, которая будет способствовать коммерциализации квантовой науки и технологий и способствовать распространению частных заводов по производству квантовых устройств, возглавляемых частным сектором, укрепляя позиции Кореи как ведущей глобальной квантовой страны.

**ЧАСТЬ. V**

**Политические ориентиры**





# 01

## Обеспечение Количественной рабочей силы

---

Успех Кореи в области квантовой науки и технологий в значительной степени зависит от привлечения исключительных талантов в области квантовой науки и технологий. Для достижения сбалансированного развития квантовой науки и технологий, важно приобрести как рабочую силу, обладающую глубоким пониманием квантовых физических принципов и явлений (ключевые сотрудники quantum), так и разнообразную инженерную рабочую силу (quantum engineers), обладающую опытом в области электротехники, электроники, ИКТ, системного управления, для систематического внедрения и эксплуатации этих принципов.

В настоящее время в Корею насчитывается около 380 ключевых сотрудников в области квантовой инженерии в университетах, исследовательских институтах и отраслях промышленности, но существует значительная нехватка специализированной рабочей силы в области квантовой инженерии. Приобретению талантов препятствуют такие проблемы, как высокая академическая сложность, слабая промышленная экосистема и отсутствие стимулов для привлечения передовых талантов .

### **Развитие талантов в области квантовой науки и технологий.**

**К 2035 году сосредоточиться на воспитании 2500 ключевых сотрудников quantum в области квантовой науки и технологий.** Правительство Кореи расширит квантовые аспирантуры для интеграции квантовой науки и технологий, теории, практики и проектов в магистерские и докторские программы, а также назначит квантовые академические и исследовательские учреждения в университетах и исследовательских центрах для развития ключевых квантовых кадров путем предоставления зарубежных заданий и возможностей обучения. Кроме того, будет оказана институциональная поддержка для содействия созданию или расширению факультетов, связанных с квантовыми науками, в университетах и аспирантурах . Кроме того, Корея будет поддерживать квантовые академические программы и проекты квантовой конвергенции, ориентированные на такие факультеты, как электротехника и электронная инженерия, информатика, и информация коммуникация для обеспечения разнообразных карьерных путей квантовых инженеров. Благодаря этим усилиям Корея стремится обеспечить примерно 10 000 сотрудников quantum рабочей силой к 2035 году, включая исследователей, HW / SW / системных инженеров, а также специалистов в области производства и прикладных отраслей.

### **Поддержите стабильное расселение рабочей силы в области квантовой науки и технологий в Корею.**

Принимая во внимание незрелость экосистемы квантовой индустрии в Корею, первоначальные усилия будут сосредоточены на установлении стабильных карьерных путей для сотрудников, специализирующихся на квантовых технологиях, и создании благоприятных исследовательских условий для целенаправленной исследовательской деятельности. Корея назначит соответствующие университеты и исследовательские институты, финансируемые правительством, центрами квантовых исследований и инициирует крупномасштабные государственные проекты квантовых исследований и разработок для стимулирования создания рабочих мест в государственном секторе. Поддержка квантовых проектов с участием отрасли и помощь в найме квантовой рабочей силы со стороны отрасли будут в дальнейшем способствовать установлению стабильности квантовой рабочей силы в частном секторе.

### **Создание глобальной системы циркуляции талантов в области квантовой науки и технологий**

**Предоставление корейским исследователям возможности приобретать возможности в области квантовой науки и технологий благодаря зарубежным командировкам.**

Корея увеличит поддержку докторантов и постдокторантов в целях расширения их совместных зарубежных исследований и обменов. Будут реализованы академические и обучающие программы для направления профессионалов отрасли, а также студентов магистратур и докторантур, занимающихся квантовой наукой и технологиями, в ведущие мировые квантовые компании для усиления возможностей усвоения и использования передовых квантовых знаний. В частности, Корея стремится обеспечить глобальный канал обмена технологиями, предоставляя возможности для зарубежных командировок и обменов примерно 500 сотрудникам quantum к 2035 году.

**Привлекайте выдающихся зарубежных ученых в области квантовой физики и расширяйте международные совместные исследования и обмены.** Корея расширит и пересмотрит программу Brain Pool для привлечения выдающихся зарубежных исследователей. В частности, будут предприняты усилия по привлечению талантов со всего мира путем предоставления зарубежным экспертам возможностей в качестве руководителей программ или главных исследователей. Корея также поддержит совместные исследования с ведущими странами в области квантовой науки и технологий и расширит возможности для начинающих исследователей учиться за рубежом и участвовать в совместных исследованиях. Региональные международные центры совместных исследований, совместные лаборатории и программы обмена для зарубежных исследователей высшего уровня будут действовать за рубежом.

### **Раннее воспитание квантовой рабочей силы в начальных, средних и старших классах школ.**

**Готовьтесь к Квантовой эре с помощью специализированных образовательных программ для талантливых студентов.** огеа будет поддерживать функционирование программ раннего квантового образования, чтобы позволить учащимся школ для одаренных и естественных вузов факультативно изучать продвинутые предметы, связанные с квантовой наукой и технологиями, что позволит им вырасти в специализированную квантовую рабочую силу.

**Расширять распространение квантовой науки и технологий посредством образовательных и практических программ среди широкой общественности и учащихся начальных, средних и старшекласников.**

Корея будет разрабатывать и распространять образовательный контент и материалы, а также учебные пособия, которые знакомят с популярными концепциями квантовой физики, математики и информатики для легкого понимания учащихся начальной и средней школы. Будут предприняты усилия по повышению общественного интереса к квантовой науке и технологиям посредством постоянных образовательных программ Национального музея науки и экспериментальных программ или квантовых хакатонов, конкурсов для студентов колледжей и широкой общественности.

# 02

## Ориентированный на миссию Исследования и разработки

Квантовая наука и технология - это инновации, меняющие правила игры, которые приведут к революционным изменениям в глобальной экономике и обществе. Кроме того, поскольку они имеют важное стратегическое значение для национальной обороны и безопасности, многие страны должны усилить контроль за экспортом квантовой науки и технологий и связанных с ними основных компонентов и оборудования. В настоящее время технологический уровень Кореи составляет примерно 62,5% по сравнению с ведущей страной, Соединенными Штатами, и для нас крайне важно укрепить наши собственные квантовые возможности.

Чтобы решить эти проблемы, правительство Кореи объявило "квантум" одной из национальных стратегических технологий в 2021 году, а в декабре 2022 года представило дорожную карту квантовой науки и технологий, в которой изложены цели развития, основные этапы и стратегии поддержки квантовых вычислений, квантовой связи и квантовых датчиков. В этой дорожной карте методы поддержки классифицированы в зависимости от зрелости технологии и технологического уровня в каждом секторе, и, основываясь на этом, Корея планирует запустить флагманский проект в области квантовой науки и технологий с четкими технологическими целями к 2031 году (ориентированный на миссию). Кроме того, правительство продолжит поддерживать развитие и других технологий, принимая во внимание тенденции в развитии и изменения в технологическом ландшафте.



### Обеспечение безопасности технологии системы квантовых вычислений и разработка вспомогательных технологий

**Защита собственной базовой технологии Кореи с целью разработки 1000-кубитной квантовой компьютерной системы в начале 2030-х годов.**

В области квантовых вычислений, где доминирующая технология еще не определена, продолжается конкуренция между различными подходами-кандидатами (платформами<sup>2)</sup>). Правительство разработало технологические дорожные карты, сохраняя открытым инновационный потенциал каждой платформы, и планирует предоставлять индивидуальную поддержку, основанную на технологической зрелости и внутреннем технологическом уровне.

1) Структура компьютерного оборудования, которая может управляться программным обеспечением

2) В случае с Треком 1 он продвигается как флагманский проект сверху вниз

Во-первых, Корея сосредоточена на разработке и создании систем для универсальных квантовых компьютеров<sup>3)</sup>основан на сверхпроводящей технологии с 1000 кубитами.

Одновременно она направлена на обеспечение более быстрого технологического превосходства за счет разработки специализированных квантовых компьютеров на нейтральных атомах.<sup>4)</sup>Благодаря

этим усилиям Корея получит базовую технологию для внедрения крупномасштабных квантовых систем

и уделит приоритетное внимание поддержке начальных отказоустойчивых технологий, которые минимизируют ошибки в аппаратных вычислениях,

в конечном итоге достигая надежности мирового класса. Будут поддерживаться сложные исследования и разработки для

различных подходов квантовых компьютеров, таких как захват ионов,<sup>5)</sup>фотоника,<sup>6)</sup>вращение полупроводника<sup>7)</sup>, твердотельные

дефекты,<sup>8)</sup>и т.д., и эти усилия учитывают тенденцию технологического развития и стимулируют

систематические исследования. Кроме того, Корея продвигает развитие гибридных вычислений, соединяющих

классические и квантовые компьютеры, для эффективного наращивания вычислительных ресурсов. Эта инициатива направлена на ускорение

использования квантовых вычислений в ближайшем будущем.

**Приобретите технологию квантового программного обеспечения для лидерства на рынке с поддержкой квантовых вычислений.**

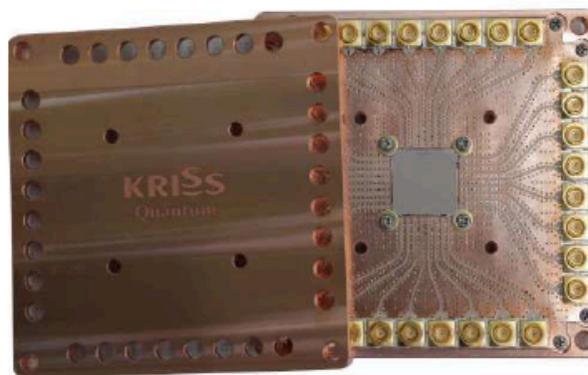
Корея продолжает разработку основного программного обеспечения для работы квантовых компьютеров (включая интерфейсы,

контроллеры, и многое другое), который эффективно управляет квантовыми компьютерными системами в сочетании с квантовыми

вычислительными аппаратными платформами. Квантовые алгоритмы, включая квантовую оптимизацию и квантовый искусственный интеллект,

необходимые для использования квантовых компьютеров, будут разработаны и проверены в различных отраслях,

таких как финансы и здравоохранение.



< (Слева) Квантовый компьютер на основе сверхпроводимости, (Справа) Пакет сверхпроводящих кубитных устройств (KRIS) >

3) Квантовый компьютер, который выполняет квантовые вычисления, используя явление сверхпроводимости, при котором электрическое сопротивление становится равным нулю при очень низких температурах 4) Квантовый компьютер,

который улавливает, контролирует и измеряет нейтральные атомы с помощью лазерной технологии для выполнения квантовых вычислений 5) Квантовый компьютер, который улавливает ионные частицы, используя электромагнитные силы в вакуумном состоянии для выполнения квантовых вычислений

6) Квантовый компьютер, который передает информацию фотонам для выполнения квантовых вычислений 7) Квантовый компьютер,

который использует спиновые состояния частиц, захваченных в полупроводниковых структурах, для выполнения квантовых вычислений 8) Квантовый компьютер, который выполняет квантовые вычисления с использованием искусственно созданных атомов, образованных дефектами внутри твердого тела

## Внедрение первой в мире сверхзащищенной и надежной технологии квантовой связи

**К 2030-м годам разработать технологию квантовой сети класса 100 км и начать демонстрации в городах.**

Для коммерциализации безопасной и надежной квантовой связи необходима технология, обеспечивающая передачу квантовых сигналов на большие расстояния. Корея приобретет основные технологии квантовых сетей, включая квантовую память<sup>9)</sup>, квантовые повторители<sup>10)</sup>, и технология квантовой спутниковой связи, которые имеют значительные последствия для промышленности и безопасности и демонстрируют междугороднюю квантовую сеть на основе квантовой запутанности с расстоянием более 100 км. Кроме того, сосредоточив внимание на технологии квантовых сетей как инструменте коммуникации, правительство также продемонстрирует взаимосвязь различных квантовых устройств, таких как квантовые компьютеры и квантовые датчики, в среднесрочной и долгосрочной перспективе, прокладывая путь к зре квантового Интернета.

**Содействовать проверке и распространению проводных квантовых криптографических средств связи в общенациональном масштабе посредством сотрудничества государственного и частного секторов.**

Корея, находящаяся на ранних стадиях коммерциализации проводной связи с использованием квантовой криптографии, приложит усилия для повышения производительности, скорости передачи и расстояния, добиваясь общенационального масштаба проводной связи с использованием квантовой криптографии без необходимости в ретрансляторах, покрывающих расстояния более 500 км. Корея проводит целенаправленные исследования и разработки, которые могут быть применены в областях повышенной безопасности, таких как оборона и здравоохранение, и сотрудничает как с государственным, так и с частным секторами, инвестируя в практические демонстрации. Чтобы расширить масштабируемость сети и сферу применения квантовой криптографии для связи, Корея поддерживает исследовательские проекты, ориентированные на академическое, исследовательское и отраслевое сотрудничество. Эти усилия направлены на обеспечение безопасности основных технологий для мобильной и спутниковой беспроводной квантовой криптографической связи на большие расстояния.



< (Слева) Оборудование QKD (CO WEBER, KT), (Справа) Однофотонный детектор для квантовой связи (IDQ) >

## Разработка сверхточных квантовых датчиков для первоклассной мировой обороны и передовой промышленности

**Обеспечьте независимые передовые возможности обороны и освоения космоса с помощью GPS-независимой навигации и атомных часов, оснащенных спутниками.**

Корея стремится обеспечить безопасность квантовых сенсорных технологий высшего класса в мире, уделяя особое внимание технологии GPS-независимой навигации, применимой в национальной обороне и государственном секторе, наряду с Корейской системой позиционирования (KPS).<sup>11)</sup>

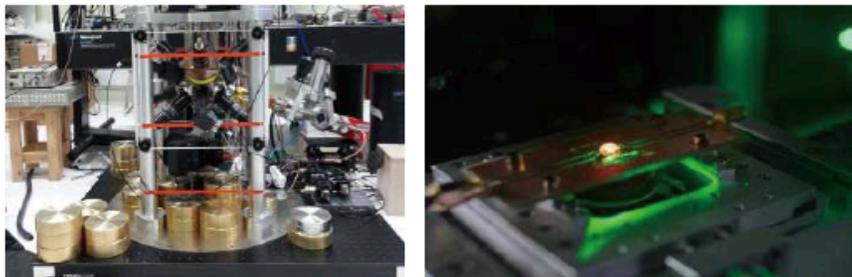
9) Устройство, которое может передавать информацию между квантовыми устройствами и хранить данные в квантовом состоянии, аналогично памяти классического компьютера 10) Устройство, состоящее из квантовой памяти и других компонентов, которое расширяет ограничение на расстояние квантовой передачи (до десятков километров и более).

11) Планируется создание собственной спутниковой навигационной системы Кореи, известной как Корейская система позиционирования (KPS), для предоставления высокоточных региональных навигационных услуг вблизи Корейского полуострова.

Корея разработает квантовую научную технологию GPS-независимой навигации, которая может использоваться в ситуациях, когда сигналы GPS недоступны, например, под водой, в туннелях или при наличии помех, которые ограничивают работу различных систем вооружения. Кроме того, разработка сверхточных атомных часов, которые будут установлены в Корейской системе позиционирования (KPS), независимой спутниковой навигационной системе, будет способствовать обеспечению сверхточной региональной навигации на Корейском полуострове и вокруг него.

**Повышение конкурентоспособности в передовых отраслях промышленности будущего за счет разработки квантовых датчиков для батарей, полупроводников и медицинского применения.**

Возможности сверхточного обнаружения квантовых датчиков могут быть применены для обнаружения дефектов в процессах производства аккумуляторов, полупроводников и других отраслях промышленности, что может привести к повышению производительности. Квантовые сенсорные технологии для биотехнологии, такие как обнаружение вирусов и анализ биомолекул, обладают потенциалом проложить путь к новым методам лечения. Корея будет поддерживать исследования и разработки квантовых датчиков, уделяя особое внимание использованию рынка на основе реального промышленного спроса. В секторах, где технологическая зрелость или промышленная полезность относительно низки, поощряются фундаментальные исследования для обеспечения оригинальных технологий для квантовых датчиков.



<(Слева) Квантовый гравиметр, (справа) датчик квантовой визуализации>

**Постоянная поддержка различных фундаментальных квантовых исследований**

**Поддержка различных фундаментальных исследований в области квантовой науки и техники для развития инновационных технологий.** Корея поощряет изучение новых подходов к квантовой науке и технологиям в дополнение к проверенным приложениям, таким как квантовые вычисления, квантовая коммуникация и квантовые сенсоры, для обеспечения широкого развития отечественной квантовой науки и технологий. Фундаментальные научные исследования в таких квантовых областях, как квантовая теория информации, исследование квантовых материалов и квантовый контроль, будут постоянно поддерживаться такими организациями, как институты фундаментальных наук и университеты, чтобы способствовать открытию новых возможностей и технологических достижений.



< Оригинальные технологии квантового преобразования частоты (POSTECH, нанофотоника, 2022) >

# 03

## Развитие инфраструктуры для Квантовых исследований и промышленности

Квантовые устройства, которые используются в квантовых приложениях, таких как квантовые компьютеры, квантовая коммуникация, и квантовые датчики, производятся с помощью процессов, аналогичных обработке полупроводниковых устройств.

Однако из-за чрезвычайно микромасштабной природы квантовых явлений они требуют точности мирового класса (часто называемой "Квантовым уровнем") в обработке устройств, материалов, деталей и оборудования. До сих пор Корея в значительной степени полагалась на зарубежные источники для многих из этих устройств, и проблемы с цепочкой поставок, наблюдаемые в полупроводниковой промышленности, потенциально могут повториться в квантовой индустрии в будущем.

Однако Корея обладает превосходными возможностями в области обработки полупроводниковых приборов, и производство оборудования, которое развивалось как нижестоящий сектор полупроводниковой промышленности, имеет потенциал для роста в производстве квантовых деталей и оборудования, включая такие области, как низкотемпературные и высоковакуумные камеры. Кроме того, накопленный опыт и промышленная база крупномасштабных научных проектов, таких как исследование космоса, ядерный синтез и ускорители тяжелых ионов, могут сыграть определенную роль в содействии росту индустрии квантовых материалов, деталей и оборудования.

Из-за относительно небольшого размера рынка квантовой индустрии и сложности прогнозирования сроков его активации возникают проблемы с точки зрения неадекватных технологий и инфраструктуры, непосредственно применимых к квантовой науке и технологиям. Компании также не решаются инвестировать в эту область. Чтобы позволить исследователям проводить творческие и сложные исследования в области квантовой науки и технологий, должна быть обеспечена исследовательская инфраструктура. Более того, сотрудничество между правительством и частным сектором имеет важное значение для создания технологической основы, которая использует сильные стороны Кореи и позволяет нам стать лидером на мировом рынке квантового литейного производства и материалов, запчастей и оборудования в средне- и долгосрочной перспективе.

### Улучшение инфраструктуры обработки данных квантовых устройств и индустриализация

**Расширяйте инфраструктуру открытых квантовых фабрик под руководством исследователей и продвигайте индустриализацию квантовых литейных заводов.** До тех пор, пока компании с возможностями обработки полупроводниковых приборов полностью не войдут в квантовую сферу, корейское правительство будет расширять свои усилия по созданию и эксплуатации государственных фабрик. Основываясь на общедоступных нано-фабриках и фабриках, управляемых университетами, будут расширены специализированные на платформе открытые квантовые фабрики, чтобы обеспечить среду, в которой исследователи смогут создавать сложные квантовые устройства и экспериментировать с ними. В среднесрочной и долгосрочной перспективе, Корея продолжит расширять государственные квантовые литейные заводы для производства высококачественных квантовых устройств для исследований и промышленного применения на перспективных платформах.

Фабрики Quantum fabs будут функционировать как центры поддержки, которые не только защищают упаковочное и измерительное оборудование технологий, но и обеспечивают различные разработки, эксперименты и промышленную поддержку. Правительство также поддержит переход и приток рабочей силы, занимающейся обработкой полупроводниковых устройств, в quantum device processing, создав ключевую точку опоры для воспитания специализированной рабочей силы в квантовой индустрии. Чтобы использовать возможности корейских полупроводниковых компаний, будет создана модель сотрудничества между государственным и частным секторами для работы квантовых фабрик, а в средне- и долгосрочной перспективе будут расширяться частные квантовые литейные производства, что позиционирует Корею как будущего мирового лидера в области квантовых литейных производств.



< Quantum Fabs (KRISS, ETRI)>

### Освоение технологий производства материалов и деталей Quantum

**Безопасные технологии производства квантовых материалов и деталей для поддержки развития квантовой науки и технологий и стимулирования ее промышленного роста.**

По мере того, как ведущие страны ужесточают контроль над ключевыми материалами, деталями и оборудованием для квантовой науки и технологий, Корея стремится создать технологическую основу в этих областях для стимулирования инноваций в квантовой науке и технике, и в дальнейшем планирует использовать свои сильные стороны в полупроводниковой промышленности и производстве оборудования для создания сектора с добавленной стоимостью. В частности, Корея предоставит информацию и стимулы для основных товаров, связанных с квантованием, в каждом секторе, таких как электронные компоненты для сверхнизких температур, низкотемпературное высоковакуумное оборудование, вспомогательные части для управления кубитами, устройства для измерения квантовых сигналов и оптические материалы на кристаллических диэлектриках. Это облегчит отечественным компаниям, производящим полупроводниковое и электронное оборудование / запчасти, выход на рынок квантовых поставок. В отношении товаров высокой важности и срочности правительство окажет поддержку развитию технологий, а также предоставит отечественным МСП возможности участвовать в закупках различной инфраструктуры, связанной с квантовой наукой и технологиями, повышая их конкурентоспособность.

# 04

## Закладываем основу для Квантовой экономики

Ожидается, что квантовая наука и технология станут прорывными инновациями, но для полной коммерциализации может потребоваться значительное время. Следовательно, для поддержания темпов развития до полной коммерциализации необходим спиральный инновационный подход, при котором технологии и промышленность развиваются параллельно. Страны по всему миру стратегически инвестируют в квантовую индустрию и поддерживают ее, поскольку признают ее разнообразную полезность с точки зрения экономики, безопасности и промышленности. В Соединенных Штатах появились не только крупные ИТ-компании, такие как Google и IBM, но и около 100 квантовых стартапов\*, которые активно участвуют во всей промышленной экосистеме. Напротив, экосистема квантовой индустрии Кореи и инвестиции в стартапы находятся на начальной стадии. Поэтому, для скорейшего создания экосистемы квантовой индустрии и повышения международной конкурентоспособности корейское правительство сыграет определенную роль в оказании поддержки и содействии этому процессу.

\* По состоянию на июнь 2022 года в Соединенных Штатах насчитывалось 60 квантовых стартапов в области квантовых вычислений, 19 в области квантовых коммуникаций и 13 в области квантовых датчиков (McKinsey & Company)

### Поддержка исследований в области квантовой науки и технологических приложений

**Поддерживайте вхождение в квантовую индустрию посредством изучения квантовых преимуществ и эмпирических исследований.** Принимая во внимание неопределенность масштаба социально-экономической ценности, которая может быть получена за счет применения квантовой науки и технологий, правительство Кореи поддерживает исследования в области квантовых преимуществ, которые могут подтвердить потенциальную полезность в промышленности, обороне и государственном секторе. Совместные разработки и эмпирические исследования между государственным и частным секторами будут способствовать созданию бизнес-моделей для компаний. Облачные сервисы квантовых компьютеров предоставляются для поддержки алгоритмов и программного обеспечения квантовых компьютеров в зависимости от конкретных целей приложения.

\* С 2020 года Центр поддержки исследований квантовой информации предоставляет международное облако квантовых компьютеров сервис для совместной работы.



< (Слева) Смартфон Samsung Galaxy A Quantum с чипом QRNG (Samsung Electronics/SKT),  
(Справа) Оборудование QKD, подключенное к сети KOREN (Woorinet) >



<(слева) Генератор синхронного счетчика (SDT), (справа) Детектор одиночных фотонов (Woqiro) >

### **Содействие квантовым стартапам и компаниям-единоборцам, возглавляемым передовыми технологиями**

**Поддерживайте рост квантовых компаний посредством проектов по инкубированию стартапов и финансовой поддержки, основанной на политике.**

Корея активно участвует в выявлении перспективных стартапов в новых отраслях промышленности, основанных на квантовой науке и технологиях, в рамках проекта "Выдающийся стартап 1000+" и других программ поддержки венчурного бизнеса, основанных на технологиях. С помощью этих инициатив правительство способствует наращиванию усилий, предоставляя такую поддержку, как финансирование НИОКР и технологий коммерциализации, политические фонды, гарантии и поддержка экспорта. Правительство также поощряет квантовые исследования, разработки и коммерциализацию под руководством бизнеса, поддерживая инвестиционный капитал посредством гарантий финансирования НИОКР или политических фондов. В течение следующих пяти лет в фонд инновационного роста будет инвестировано 1,5 трлн вон для поддержки создания и роста малых и средних предприятий и стартапов в 15 секторах инновационного роста, включая quantum.

\* Проект "Выдающийся стартап 1000+" -

Проект поддержки стартапов в новой отрасли: отбор высокопотенциальных стартапов с основными технологиями и оказание поддержки в коммерциализации технологий, исследованиях и разработках и т.д.

- СОВЕТЫ по глубоким технологиям: государственная поддержка исследований и разработок и финансирование коммерциализации выдающихся стартапов, отобранных частными венчурными компаниями с венчурным капиталом (ВК)

### **Создание квантового кластера и укрепление институциональных основ**

**Создание квантового кластера для концентрации возможностей и генерирования синергии.**

Для продвижения и коммерциализации квантовой науки и технологий, крайне важно консолидировать опыт широкого круга профессионалов из промышленности, академических кругов и научных кругов, от фундаментальных исследований до коммерциализации. Корейское правительство активно продвигает создание зон интенсивного квантового развития, где исследования и разработки, повышение квалификации рабочей силы, рост стартапов и многое другое может осуществляться за счет интеграции финансируемых правительством исследовательских институтов, ведущих университетов, компаний и глобальной сети квантовых трудовых ресурсов.

**Как можно раньше создайте институциональные основы для индустриализации квантовой науки и технологий.**

Корея содействует участию промышленности в развивающейся области квантовой науки и технологий и создает институциональные основы для стимулирования совместных проектов между государственным и частным секторами. Компании выиграют от снижения обязательных коэффициентов соответствия при участии в государственных программах исследований и разработок, связанных с квантовыми областями. Они также получают исключительные права на использование патентов, полученных в результате инвестиций в квантовые исследования и разработки. Кроме того, правительство оказывает активную и своевременную поддержку в области сертификации, оценки технологий, измерительных технологий и стандартизации, чтобы обеспечить активизацию квантовой индустрии. Эти меры будут легализованы для обеспечения стабильной инвестиционной среды.

# 05

## Применение к Национальная оборона и безопасность

Квантовая наука и технология, как прорывная инновационная технология, превосходящая классические пределы существующих технологий, является приоритетной для стран по всему миру, особенно в качестве передовой технологии для национальной безопасности. В частности, прогнозируется, что системы квантового оружия следующего поколения, превосходящие ограничения традиционных классических оборонных технологий, будут определять превосходство на поле боя. Внимание обращается на последствия для национальной безопасности, такие как нейтрализация существующих систем шифрования и предотвращение подслушивания и взлома. Более того, для оборонных технологий, требующих высокого уровня сложности, потребность в обеспечении независимого технологического потенциала Кореи является еще большей и более насущной. С другой стороны, развитие передовых технологий квантовых вычислений может представлять серьезные угрозы безопасности, такие как утечка критически важной информации, невозможность проверки личности и крах доверия к данным. Ведущие страны, такие как Соединенные Штаты и Европейский союз, уже провели технологические конкурсы по стандартизации постквантовой криптографии (PQC) и опубликовали сценарии перехода. Следовательно, для Кореи крайне важно систематически адаптироваться к переходу на постквантовые криптографические системы.

### **Создание сильной армии, основанной на квантовой науке и технологии.**

#### **Стратегически инвестируйте в квантовую науку и технологии в оборонном секторе и возглавьте поле битвы будущего посредством технологического развития.**

Правительство Кореи в рамках Базового плана инноваций в области оборонной науки и технологий, обозначен квантовой наукой и технологиями как оборонная стратегическая технология и расширяет инвестиции в квантовые секторы науки и технологий для подготовки к существующим угрозам и будущим полям сражений. В частности, благодаря военно-частному сотрудничеству в области квантовой науки и техники будут внедрены передовые гражданские технологии, которые продвигаются вперед. Создание сложной среды для исследований и разработок и укрепление рабочей силы позволит Корее занять лидирующие позиции на поле битвы будущего благодаря квантовой науке и технологиям.

### **Создание экосистемы квантовой безопасности для лидерства в области технологий национальной безопасности.**

#### **Расширить систему проверки соответствия требованиям безопасности для коммуникационного оборудования с квантовой криптографией для поддержки создания рынка квантовой безопасности.**

Корейское правительство впервые в мире расширило систему проверки соответствия требованиям безопасности, которая ранее применялась к обычной защите информации и сетевому оборудованию, включив в нее оборудование связи с квантовой криптографией. Это позволяет быстро внедрить его в работу правительству министерствам и государственным учреждениям. Чтобы гарантировать, что эта система приведет к фактическому развертыванию и распространению систем квантовой криптографии, включая оборудование для шифрования квантовой связи, оборудование для управления квантовыми ключами, оборудование для распределения квантовых ключей, правительство разрабатывает подробные руководящие принципы и оказывает поддержку в тестировании и верификации. Начиная с принятия правительством и общественными учреждениями, накопленные рекомендации заложат основу для скорейшего создания рынка квантовой безопасности в Корею и глобальной экспансии корейских компаний квантовой связи.

**В ответ на развитие квантовой науки и технологий правительство разработает генеральный план перехода на национальном уровне к постквантовой криптографии и инициирует поэтапный переход.**

Чтобы подготовиться к угрозе краха существующих систем шифрования из-за разработки высокопроизводительных квантовых компьютеров, правительство разработает генеральный план национального уровня по переходу к постквантовой криптографии к концу года. В этом плане будут изложены процедуры, сроки, приоритеты и поэтапные цели перехода к постквантовым криптографическим системам.

Кроме того, правительство повысит технологическую конкурентоспособность Кореи в области постквантовой криптографии путем развития талантов и продвижения исследований в процессе обеспечения безопасности корейского алгоритма постквантовой криптографии (КрQC) посредством конкурсов и других средств. Кроме того, правительство создаст испытательную среду, где частные компании смогут протестировать производительность и безопасность постквантовой криптографии, встроенной в разработанные ими продукты, что еще больше поддержит практическое внедрение. Кроме того, будут разработаны руководящие принципы для перехода на системы шифрования, включая определение целей для перехода на системы шифрования в различных секторах индустрии ИКТ, таких как финансы, производство и телекоммуникации, а также процедуры для внедрения постквантовой криптографии. Эти руководящие принципы послужат основой для реализации поэтапного общенационального процесса перехода к системе шифрования с уделением приоритетного внимания правительству, государственным учреждениям и ключевой частной инфраструктуре.



< (Слева) Программное обеспечение для проверки дизайна связи с использованием квантовой криптографии (QSim Plus), (Справа) Передающее оборудование с технологией постквантовой криптографии (PQC) (LG Uplus) >

# 06

## Становление

### мировым лидером в области квантовой физики

В последнее время промышленный потенциал квантовой науки и технологий стал более заметным, и ведущие страны на конкурентной основе увеличивают свои инвестиции в исследования и разработки в области квантовой науки и технологий. В то же время они укрепляют международное сотрудничество с правительством-"единомышленником" и промышленными партнерами. Ведущие страны в области квантовой науки и технологий, такие как Соединенные Штаты, Великобритания, Франция, Германия и Япония, открыли веб-страницу под названием "Entanglement Exchange", чтобы поделиться своим инвестиционным и исследовательским статусом и представить возможности для обмена рабочей силой. Корея также присоединилась к этой инициативе. Кроме того, страны прилагают постоянные усилия по формированию национальных групп и расширению экосистем посредством сотрудничества на ранних этапах развития цепочек поставок квантовой индустрии. Поскольку крупнейшие страны мира признают важность проблем глобальной цепочки поставок, связанных с квантовой наукой и технологиями, с точки зрения безопасности и признают серьезность нехватки рабочей силы, важность стратегического международного сотрудничества и координации становится все более очевидной.

#### Укрепление международного сотрудничества посредством создания стратегических технологических альянсов

##### Укрепление стратегических альянсов между странами.

Правительство Кореи стремится к укреплению международного сотрудничества с правительствами и отраслевыми партнерами крупнейших квантовых стран мира, включая Соединенные Штаты и ЕС, для повышения национальной конкурентоспособности в области квантовой науки и технологий и создания синергии между странами. В частности, правительство разрабатывает комплексные стратегии инвестирования в квантовую науку и технологии и их исследований, которые находятся на относительно ранней стадии развития в глобальном масштабе. Это включает в себя укрепление сотрудничества и координации на международном уровне, включая обмен технологиями и рабочей силой. Корея активно участвует в двусторонних и многосторонних дискуссиях и международных форумах с целью укрепления стратегического и дипломатического сотрудничества с ведущими квантовыми странами в области квантовой науки и технологий.

##### Активно участвуйте в обмене рабочей силой и сотрудничестве в области исследований для повышения конкурентоспособности квантовой науки и технологий и создания синергетического эффекта.

Чтобы повысить конкурентоспособность квантовой науки и технологий и создать синергию, Корея активно участвует в обменах рабочей силой и сотрудничестве в области исследований. Чтобы поддержать это, правительство планирует инвестировать 210 миллиардов вон в международное сотрудничество в квантовой области к 2035 году. Будут предприняты усилия по созданию институциональной и экологической основы для международного сотрудничества в области квантовой науки и технологий во всех областях исследований. Обмен рабочей силой и практические совместные исследования будут расширены по всему миру, чтобы укрепить основы развития квантовой науки и технологий. Корея будет активно участвовать в обменах с международными исследовательскими группами, чтобы снизить барьеры для международного сотрудничества и добиться качественного улучшения результатов исследований.

**Создание надежной цепочки поставок технологий и защита технологий и промышленности в интересах национальной безопасности**

**Обеспечение безопасности ключевых технологий для решения проблем глобальной цепочки поставок.**

Прикладные продукты Quantum представляют собой интеграцию системных технологий, состоящих из множества основных технологий материалов, деталей, оборудования и прикладного программного обеспечения. Правительство Кореи уделяет приоритетное внимание и поддерживает отечественные технологии, которые могут быть признаны ведущими мировыми технологиями в ключевых областях квантовой науки и техники, и оказывает поддержку в создании основных возможностей и систем, способных реагировать на глобальные проблемы цепочки поставок в квантовой индустрии, на основе защищенных ключевых технологий. Мы будем отслеживать международные тенденции в дискуссиях, связанных с международными режимами экспортного контроля, чтобы надлежащим образом реагировать на их влияние на отечественные исследования и промышленность и строить стратегическую систему международного сотрудничества.

**Способствовать сотрудничеству в отрасли, чтобы стать частью глобальной цепочки поставок.**

Корея будет расширять взаимное сотрудничество со странами по всему миру по мере того, как квантовая индустрия делает свои первые шаги и активно поощряет участие отечественных предприятий. Будут предприняты усилия для обеспечения того, чтобы корейская промышленность могла участвовать в международном сотрудничестве и играть ведущую роль в области квантовой науки и технологий посредством различных стратегических проектов. Будет оказана поддержка в разработке бизнес-моделей, чтобы занять стратегическое положение Кореи на этапе формирования глобальной цепочки поставок.



< (Слева) Президент Юн в диалоге с квантовыми экспертами во время визита в ЕТН Цюрих (19 января 2023 г.),  
(Справа) Совместное заявление Кореи и США о сотрудничестве в области квантовой информатики и технологий (25 апреля 2023 г.) >



< (Слева) Круглый стол по квантовой теории между Кореей и США (17 мая 2023 г.), (Справа) Quantum Korea 2023 (26-29 июня 2023 г.) >

# 07

## Создать устойчивую систему поддержки

---

Квантовая наука и технология - это технология, меняющая правила игры, которая оказывает глубокое влияние на промышленность, национальную безопасность, международную дипломатию и различные слои общества. Хотя квантовые исследования в Корее исторически были сосредоточены на фундаментальных исследованиях на ранних стадиях, в настоящее время растет признание необходимости и срочности обеспечения безопасности квантовых технологий в качестве национального стратегического актива. Поскольку доминирующие технологии в квантовой области еще не утвердились, существуют возможности для технологического прогресса. Позиционировать Корею как ведущий мировой центр квантовых технологий и промышленности., крайне важно создать всеобъемлющую систему поддержки и способствовать долгосрочному сотрудничеству между государственным и частным секторами.

### **Принятие квантовых законов приведет ко Второй квантовой революции.**

**Всесторонне развивать квантовую науку и технологии путем принятия закона о развитии квантовой науки и технологий и содействии развитию промышленности.**

После Соединенных Штатов Корея является второй страной, которая приняла Квантовый закон, известный как закон о развитии квантовой науки и технологий и продвижении промышленности. Этот закон охватывает стратегии содействия квантовой науке и технологиям, включая исследования и развитие промышленности, продвижение технологий, содействие коммерциализации, развитие рабочей силы, создание исследовательских центров и кластеров, а также международное сотрудничество. После вступления в силу этот закон обеспечит основу для определения направлений поддержки квантовой науки и технологий в Корею, ролей и обязанностей между правительственными министерствами, а также планов реализации. Кроме того, будут созданы системы для мониторинга и оценки результатов этих усилий и обеспечения обратной связи.

\* В декабре 2018 года Соединенные Штаты приняли Закон о Национальной квантовой инициативе.

### **Укрепление национального квантового управления**

**Усилить функции координации политики в области квантовой науки и технологий между министерствами.**

Корейское правительство управляет Специальным комитетом по квантовым технологиям в качестве комплексного центра планирования квантовой науки и технологий и планирует расширить и укрепить совместный государственно-частный комитет для улучшения функций координации политики между министерствами в будущем. Этот комитет будет обсуждать и координировать ключевую политику и стратегии развития в квантовой сфере, включая инвестиции, рабочую силу, специализированную инфраструктуру и промышленную поддержку, а также обсуждать сотрудничество и распределение ролей между различными заинтересованными сторонами. Кроме того, правительство усилит свою политику использования и распространения квантовой науки и технологий во всех секторах промышленности, общественных услуг и национальной обороны, чтобы подготовиться к переходу к зрелой квантовой индустрии путем создания прочной институциональной основы.

Усилия по поддержке стратегической помощи будут усилены за счет внедрения национальной системы quantum PM и создания Национального центра квантовых технологий и стратегии, расширяя опыт системы управления квантовой наукой и технологиями.

\* В настоящее время Национальный специальный комитет по квантовым технологиям (председатель: вице-министр науки, технологий и инноваций, Министерство науки и ИКТ) состоит в общей сложности из 21 члена, включая экспертов частного сектора из промышленности, академических кругов, исследовательских институтов и представителей шести правительственных министерств при Национальном консультативном совете по науке и технологиям.

**Развивайте исследовательские институты в области квантовой науки и технологий, чтобы обеспечить долгосрочное и стабильное накопление технологий и обеспечить отличную рабочую силу.**

Корея содействует развитию исследовательских институтов в области квантовой науки и технологий, чтобы обеспечить независимый потенциал в области квантовой науки и технологий и приобрести необходимые технологии на международном уровне. Правительство будет способствовать созданию открытых исследовательских центров, объединяющих различные исследовательские организации, такие как университеты, финансируемые государством исследовательские институты и компании. Этот центр будет служить базой для проведения систематических и быстро развивающихся исследований и разработок в сложных и высокоэффективных областях квантовой науки и технологий, подкрепленных поддержкой рабочей силы, исследовательских учреждений и институциональной инфраструктуры.

**Активизируйте частные организации, такие как квантовые общества и советы, для расширения сотрудничества между государственным и частным секторами.** Корея активизирует экосистему частных исследований и промышленности через квантовую науку и общества, ассоциации и советы, связанные с технологиями. Будет поощряться создание сетей между различными заинтересованными сторонами, такими как предприятия, университеты и исследовательские институты, для облегчения обмена информацией, обмена рабочей силой, совместных исследований и многого другого.

**Расширение стратегических инвестиций в области квантовой науки и технологий**

**Создать фонд для стратегических инвестиций в квантовую науку и технологии и инвестировать в общей сложности 3 триллиона вон к 2035 году в рамках государственно-частного сотрудничества.**

В 2019 году Корея начала с первоначальных инвестиций в размере 10,6 миллиарда вон в область квантовой науки и технологий, которая ранее была сосредоточена на фундаментальных исследованиях. К 2023 году эти инвестиции расширились до более чем 96,8 миллиарда вон, что более чем в девять раз превышает первоначальную сумму. Чтобы усилить стратегический характер этих инвестиций, корейское правительство представило "Национальную стратегию исследований и разработок в области квантовых технологий" в 2021 году, за которой в следующем году последовала "Дорожная карта квантовой науки и технологий". В рамках этих инициатив был проведен анализ технологической зрелости, технологических уровней и последствий для промышленности и безопасности. Результатом этого анализа стала разработка технологических дорожных карт для 15 конкретных областей квантовых вычислений, квантовой связи и квантовых сенсоров, а также 41 технологии материалов, деталей и оборудования для поддержки этих дорожных карт.

Квантовая сфера характеризуется отсутствием доминирующей технологии, которая окончательно формирует рынок на момент будущей коммерциализации. Различные технологии-кандидаты находятся в конкурентной борьбе, и в этой области происходит стремительный технологический прогресс. Отражая эту ситуацию, корейское правительство планирует периодически пересматривать дорожную карту для сохранения стратегического характера инвестиций. В последнее время наблюдается значительный рост глобального интереса к развитию частного сектора и использованию квантовой науки и технологий. В Корее компании активно работают над обеспечением качественной рабочей силы, увеличением инвестиций и продвижением стартапов. В этой атмосфере, Корейское правительство и частный сектор совместно готовятся к развитию квантовой науки и технологий и переходу к квантовой экономике, инвестируя более 3 трлн вон в область квантовой науки и технологий к 2035 году.

**Продвигайте флагманский проект, ориентированный на миссию.**

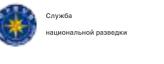
Фокус сместился с маломасштабных исследований, сосредоточенных на элементарных технологиях, на крупномасштабные комплексные проекты исследований и разработок в соответствии с дорожной картой, в которых участвуют как государственный, так и частный секторы. Предпринимаются усилия по определению четких национальных задач, таких как создание новых рынков с внедрением облачных сервисов для квантовых компьютерных систем, проверка и коммерциализация квантового Интернета, а также четырех квантовых датчиков, которые выходят за рамки классических датчиков. Эти усилия также включают стимулирование целенаправленных исследований и разработок, которые объединяют промышленность, академические круги и исследовательские институты в качестве координационного центра с целью проведения качественного скачка в корейской квантовой науке и технологии.

Соответствующие министерства и департаменты

Ведущее министерство



Участвующие министерства и департаменты

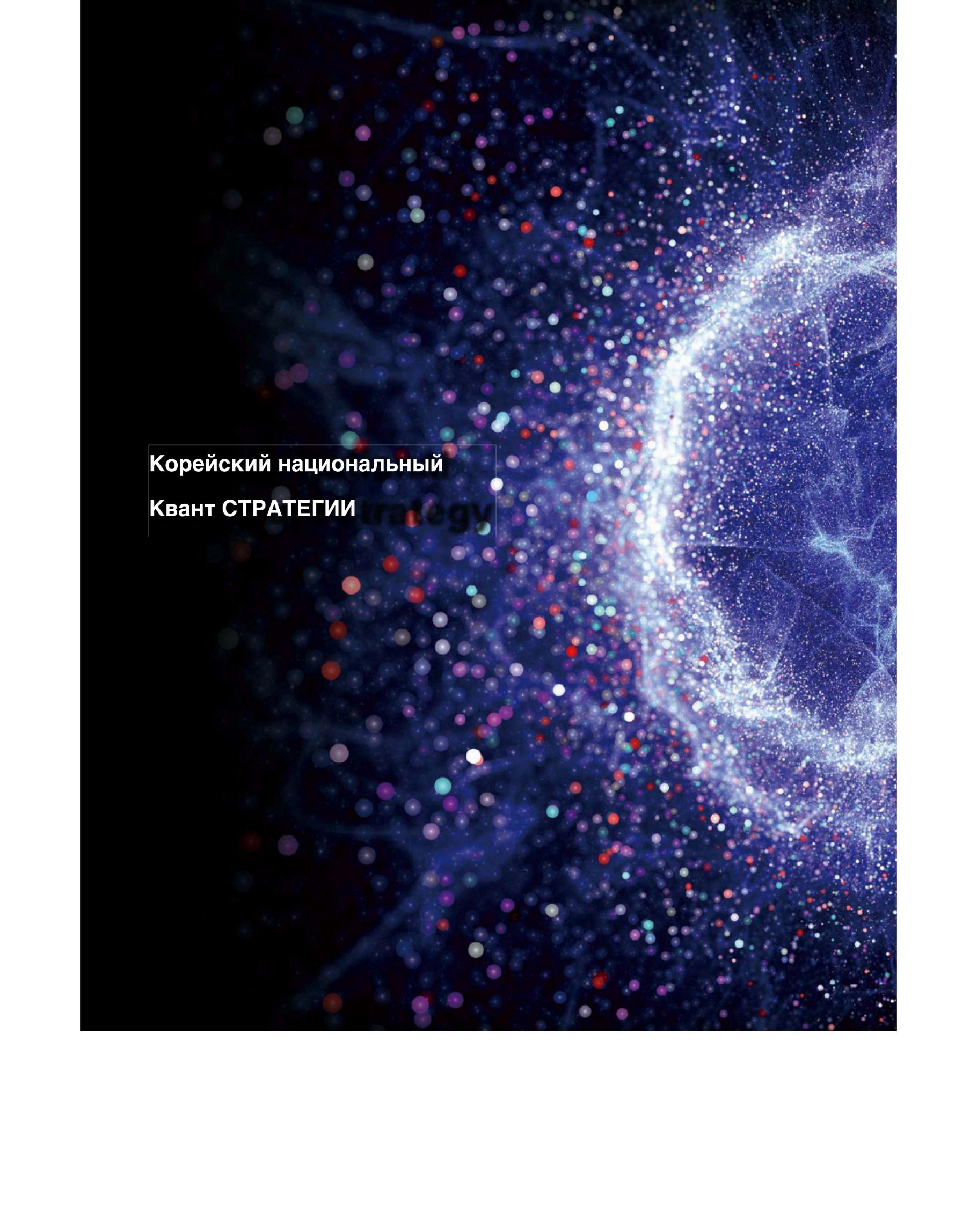


Редакционная группа (National Quantum Vision TF)

Категория	Принадлежность	Имя
Промышленность	Научно-исследовательские лаборатории искусственного интеллекта,	Донг-хо Ким
	POSCO HOLDINGS Команда по развитию квантового бизнеса, SK telecom	Донг-джун
	Первая квантовая школа	Ли До ель Ан
Академический факультет	Школа вычислительных наук Корейского института Для углубленного изучения (KIAS)	Чжэ ван Ким
	Физический факультет Корейского университета	Ман су Чой
	Кафедра информационной безопасности, криптологии и Математики, Университет Кукмин	Донгук Хан
	Центр сверхпроводящих квантовых вычислительных систем, Корейский научно-исследовательский институт стандартов и науки (KRIS)	Ен хо Ли
Исследовательский институт	Команда по квантовым стандартам на основе атомов, Корейский научно-исследовательский институт стандартов и науки (KRIS)	Таг ен Квон
	Центр квантовой информации, Корейский институт науки и технологий (KIST)	Санг-Ук Хан
	Исследовательский отдел квантовых технологий, Научно-исследовательский институт электроники и телекоммуникаций (ETRI)	Чон Джин Джу
	Корейско-Американский центр сотрудничества в области квантовых технологий	Юнча Чонг
	Национальный центр квантовых технологий и стратегии, Корейский научно-исследовательский институт стандартов и науки (KRIS)	Сын Ук Бэк, Ын Чжон Сон, Иль Лионг Чжон, Да сок Чан

Рецензенты и консультанты

Категория	Дочерняя организация	Имя
Индустрия	IoTQ	Чон Сан Ким
	QOT Корея	Шон Сын Хван Каак
Научные круги	Физический факультет Ханьинского университета	Джин-хен Ли
	Факультет нанотехнологий, Университет Сонгёнканвон Школа технологий конвергенции нанотехнологий, Университет Халлим	Ен-ук Чонг
	Физический факультет Пусанского национального университета	Хан-себ Мун
	математический факультет Университета Кенхи	Су Джун Ли
	Институт квантовых технологий, Корейский институт стандартов и науки (KRIS)	Парк Хи-су
	Центр оптико-электронных материалов и устройств, Корейский институт науки и технологий (KIST)	Джин дон Сон
Исследовательский институт	Секция исследований квантовых телекоммуникаций, Научно-исследовательский институт электроники и телекоммуникаций (ETRI)	Чун чжу Юн
	Национальный институт передовых оборонных наук и ТЕХНОЛОГИЯ, Агентство оборонных разработок (ADD)	Чжэ иль Ким
	Центр исследований криптографии, Институт исследований национальной безопасности (NSR)	Джингак Джанг
	Секция исследований квантовых вычислений, Научно-исследовательский институт электроники и телекоммуникаций (ETRI)	Чон хо Банг



**Корейский национальный  
Квант СТРАТЕГИИ**