

David Díaz

Sóc **historiador** i faig classes a la Universitat.

Crec que molta gent posa molta pressió a l'obtenció de resultats per part dels científics, sense parar gaire atenció a la recerca científica pròpiament dita. Penso que no hauríem de reclamar resultats tan aviat, i que **hauríem de ser pacients i seguir potenciant la investigació.**

Per exemple, el funcionament del làser va ser enunciat de forma teòrica al 1917, però no va ser fins els anys 60 que es va aconseguir fabricar el primer.



Jun Jiang

Sóc **director d'una empresa de telecomunicacions** amb rellevància a nivell mundial.

Sóc partidari d'invertir en innovació però **busco una aplicació directa a curt o mig termini que retorni la inversió feta.**

Deu milions de dòlars per un ordinador quàntic que només pot resoldre un tipus concret de problemes?

Quina bogeria.

Queda molta feina per fer encara i no crec que valgui la pena, almenys de moment.



Laura Lorenzo

✓ **Sóc fundadora d'una start-up especialitzada en**
✓ **noves tecnologies.** Sempre he apostat per la
✓ investigació i la innovació com a forma de creixement
✓ econòmic.

✓ Un dels nostres grups de recerca està fent avenços
✓ importants en el desenvolupament d'un ordinador
✓ quàntic universal. **Invertir en recerca és invertir en**
✓ **futur.**

✓ A més a més, el que no descobrim nosaltres, ho
✓ descobrirà algú altre: **qui hi arribi abans en traurà el**
✓ **màxim benefici.**



**Dra. Clara
Caballero**

Treballo en un grup de recerca sobre informació quàntica a l'ICFO, un centre d'investigació prop de Barcelona, però tenim col·laboradors de molts llocs del món.

A més d'impulsar la recerca científica i tecnològica, **crec que és important fer conèixer a la gent com els últims avenços científics poden afectar les seves vides.**

Al 2016 vam coordinar un projecte internacional per realitzar un experiment de física quàntica amb la col·laboració ciutadana. Més de 100.000 persones van participar en el Big Bell Test!

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

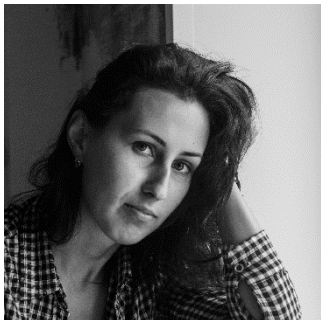
DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD



Francesca Falcó

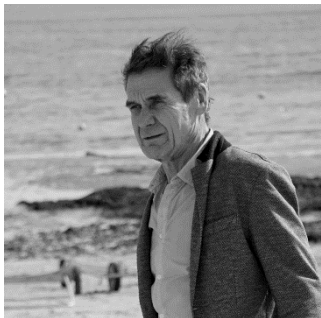
M'encanten les noves tecnologies i sóc una **àvida lectora de ciència ficció**. Pel que he sentit, els progressos de la tecnologia basada en la física quàntica ens obriran **un món de possibilitats noves**. Si seguim així, qui sap si en alguns anys podrem realitzar viatges intergalàctics de manera instantània gràcies a la teletransportació, el món estarà dominat per robots autònoms gràcies a la computació quàntica i no haurem de treballar, o les malalties incurables deixaran d'existir gràcies a la medicina quàntica!



Olivia Ortiz

No entenc l'eufòria que generen els anuncis de la comunitat científica de les futures tecnologies quàntiques. Penso que les eines de què disposem a l'actualitat cobreixen amb escreix la gran majoria de tasques que necessitem realitzar.

La inversió tan gran en buscar aplicacions de la física quàntica **no està justificada de moment**: més val invertir en camps que sabem amb seguretat que funcionen que arriscar-nos amb tecnologies desconegudes.



Pere Puig

Estic jubilat i **m'agrada estar al dia dels últims avenços** de la ciència i la tècnica, en els darrers anys s'han fet descobriments increïbles. No tinc prou formació matemàtica per entendre les matemàtiques de la física quàntica, però m'interessen molt les seves interpretacions i les implicacions que té sobre el nostre paper al món.

En certa manera recuperem l'antiga qüestió de l'arbre que cau al bosc. Si no hi ha ningú per sentir-lo caure, fa soroll? Des d'un punt de vista quàntic, sembla ser que no ho podem saber.



Stefan Schultz

Sóc estudiant de secundària i **les ciències mai m'han agradat gaire**. Penso que són massa abstractes i no tenen cap rellevància en el meu dia a dia. Si ni els científics estan segurs del que saben sobre física quàntica, no veig com he d'entendre jo res.

Crec que ens **haurien d'explicar coses més útils i rellevants per al nostre futur**, que després puguem aplicar a la nostra vida diària.

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

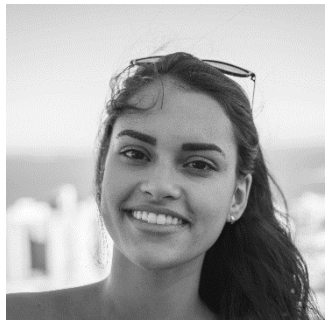
STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD



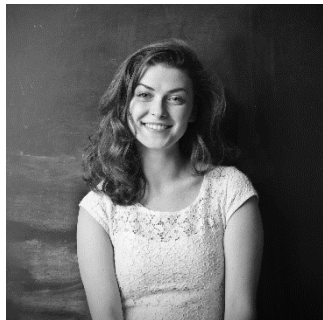
Teresa Torres

Sóc activista d'una ONG que vetlla pel compliment dels drets humans arreu del món. Estic a favor del progrés del coneixement i de la ciència, però **els costos que assoleixen alguns projectes científics son desmesurats**. Tenint en compte la situació de precarietat en què es troben molts països, on la gent passa gana i mor de malalties per a les quals existeix una cura, penso que hauríem de **reconsiderar les nostres prioritats**. Mentre aquests problemes persisteixin, no podem dir que la societat hagi progressat.



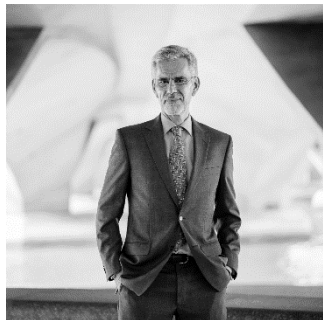
Manuel
Moreno

Penso que la recerca és important des d'un punt de vista científic, però **desconfio de les grans promeses de futur de la física quàntica**. Crec que no és més que una nova moda amb aire científic que s'esvairà en alguns anys. **No té sentit destinar-hi tants diners**: d'aquí a poc ens n'hauem oblidat i estarem tots pendants d'alguna nova futura meravella que ningú haurà vist encara.



Núria Navas

Sóc professora de física a un institut de secundària. **Em preocupa la falta de coneixement de la gent sobre temes de ciència actual.** Refugiant-se en noms tècnics i aprofitant-se de la desinformació i la falta d'esperit crític, cada cop hi ha més estafes pseudocientífiques que no fan més que treure diners a la gent. No, no existeix cap collaret quàntic! **La ciència no és màgia.** Em prenc molt seriosament l'ensenyament, i procuro que els meus alumnes entenguin els conceptes científics i en sàpiguin fer un anàlisi crític i aplicable a la realitat quotidiana.



**Dr. Simón
Salgado**

Hi ha molta gent preocupada per saber **quina interpretació de la física quàntica és la correcta** i descriu verdaderament el món en què vivim. Jo trobo que és una qüestió força irrellevant, ja que **l'èxit de la física quàntica està en la predicció de nombrosos fenòmens que s'han comprovat experimentalment**. En el fons, això és l'únic que ens resulta útil! Alguns dels científics més importants i coneguts del segle XX tenien fortes discrepàncies sobre la interpretació de la quàntica, però tots ells acceptaven els resultats que aquesta donava, i crec que això és el més important.

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD



Alina Anderson

Estic acabant el Batxillerat i he de decidir què fer en el futur. Des de petita m'han agradat les ciències, però no sabia quina branca triar.

Últimament m'he estat informant sobre els avenços al món de la física quàntica i sonen molt prometedors.

M'entusiasma la idea de poder participar en el descobriment de noves parts de la física!

En certa manera, els científics i cien-tífiques són els exploradors i exploradores dels temps moderns. Amb tot el coneixement acumulat, qui sap què en podrem arribar a fer.



Blanca Bueno

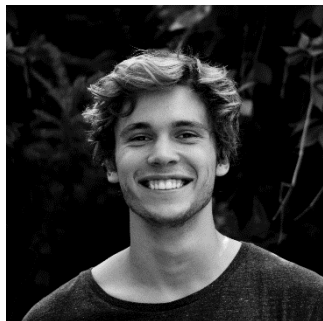
Sóc informàtica especialitzada en ciberseguretat. A dia d'avui, pràcticament **tota la nostra vida està connectada a la xarxa**: informació personal, dades financeres... Per això per protegir la nostra **privacitat cal desenvolupar i millorar els mètodes criptogràfics** de què disposem.

Em preocupa que els ordinadors quàntics posin en risc aquesta seguretat, però em tranquil·litza que ja existeixin protocols de seguretat a prova d'atacs.



**Ernesto
Espinosa**

- ✓ Tinc una **clínica de medicina quàntica** al centre de la
- ✓ ciutat. Analitzem les freqüències dels nostres pacients i
- ✓ les seves energies per proporcionar diagnòstics fins i
- ✓ tot anys abans que emmalalteixin!
- ✓ La medicina quàntica combina diversos principis de la
- ✓ física quàntica i els aplica al benestar físic i emocional
- ✓ dels pacients, explorant les connexions i
- ✓ entrellaçaments quàntics entre les persones i la seva
- ✓ integració amb el conjunt del planeta.



Gerard Grau

✓ **No estic segur de la viabilitat de les tecnologies**
✓ **quàntiques** que prometen els científics. Fa poc van
✓ aconseguir trencar un protocol de seguretat quàntic,
✓ quan se suposava que la criptografia quàntica era
✓ invulnerable. És una mostra evident de les nostres
✓ limitacions en aquests moments.
✓ Portar a la pràctica totes aquestes aplicacions teòriques
✓ pot tenir riscos dels quals encara no som conscients

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

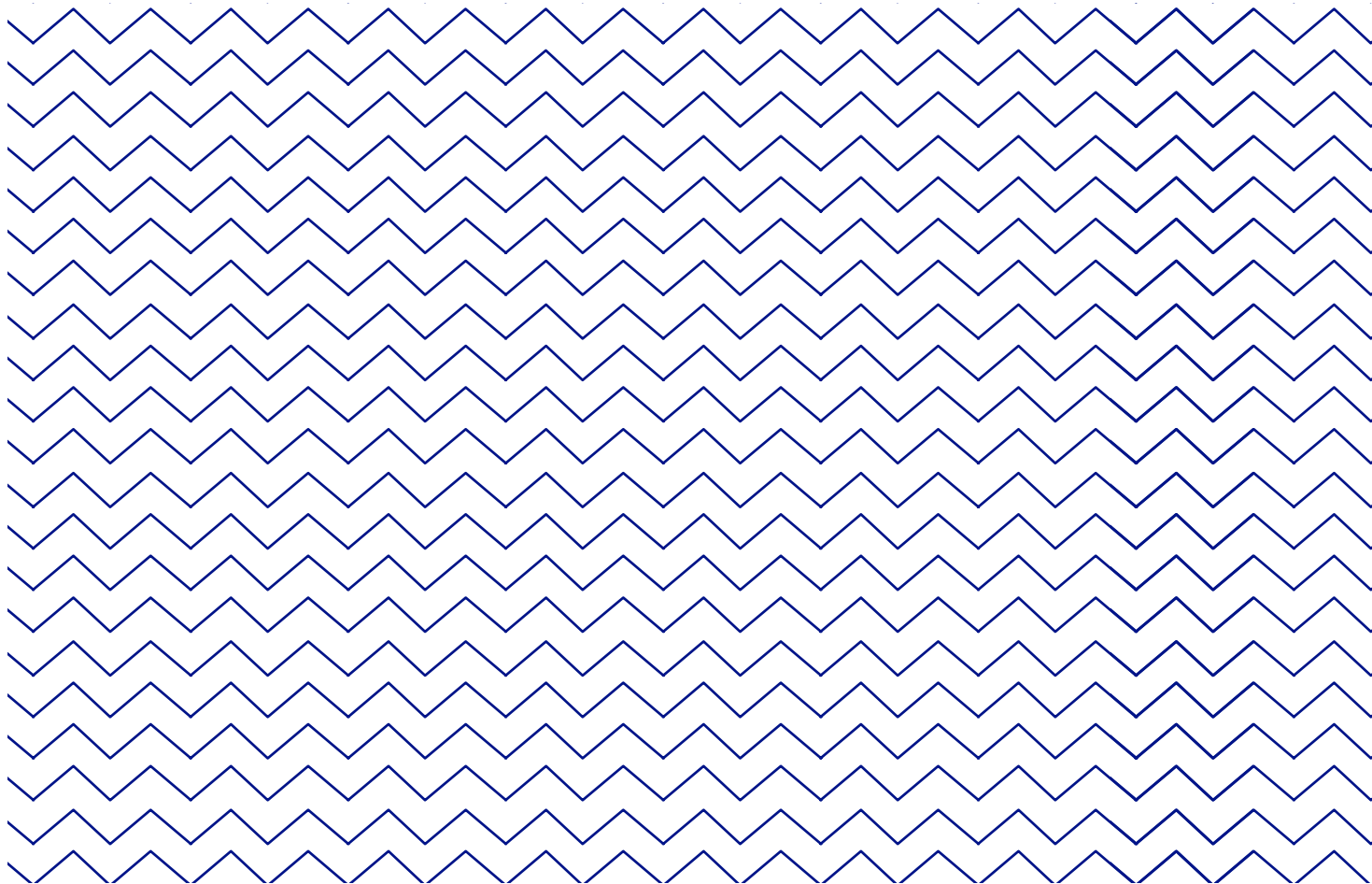


Dra. Isidora
Iribarne

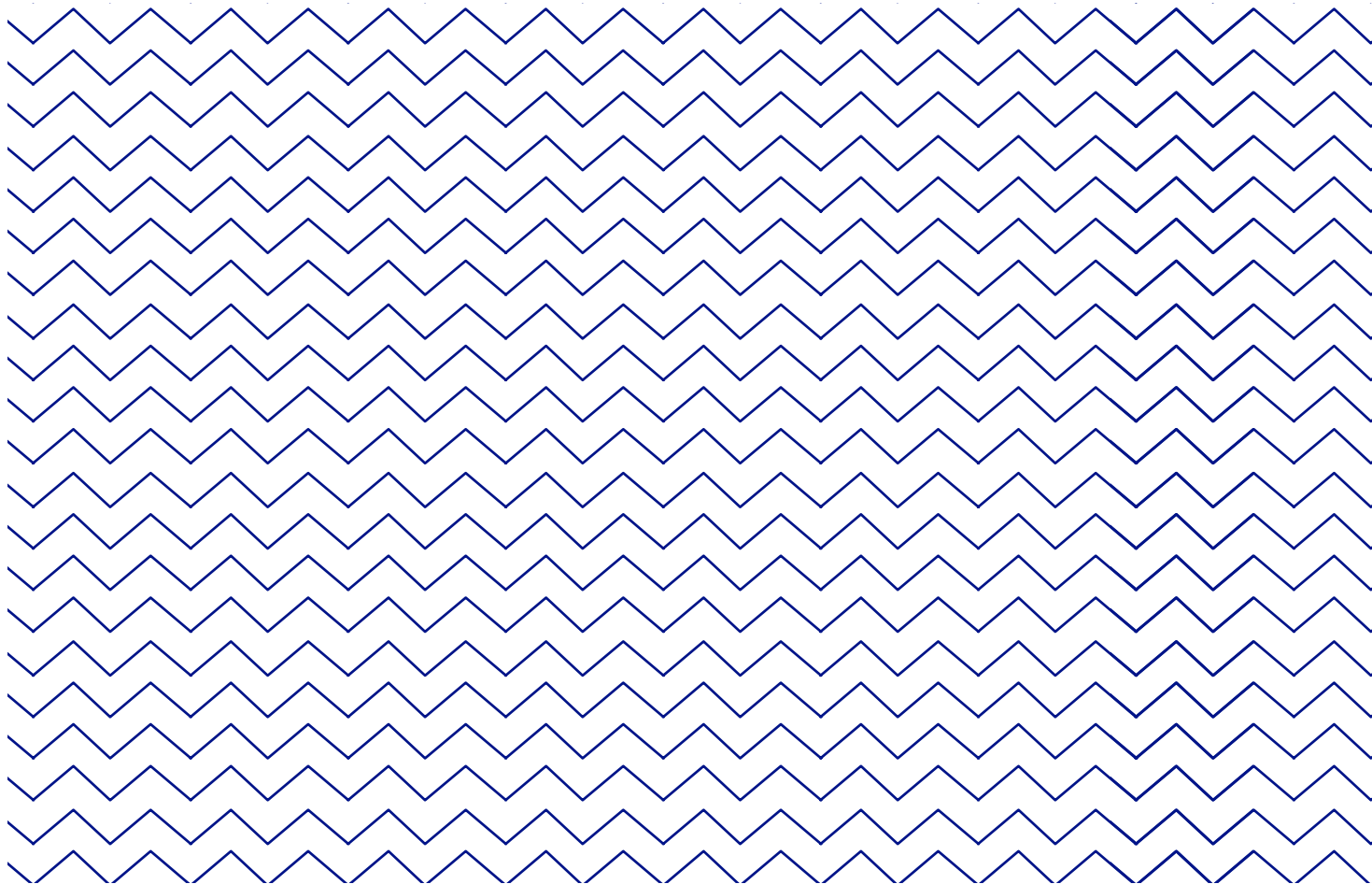
Sóc bioquímica i investigo noves substàncies que podrien esdevenir medicaments per guarir malalties incurables a hores d'ara.

Una de les parts més llargues del procés de desenvolupament d'un possible nou medicament és el d'esbrinar quins efectes tindria sobre els organismes.

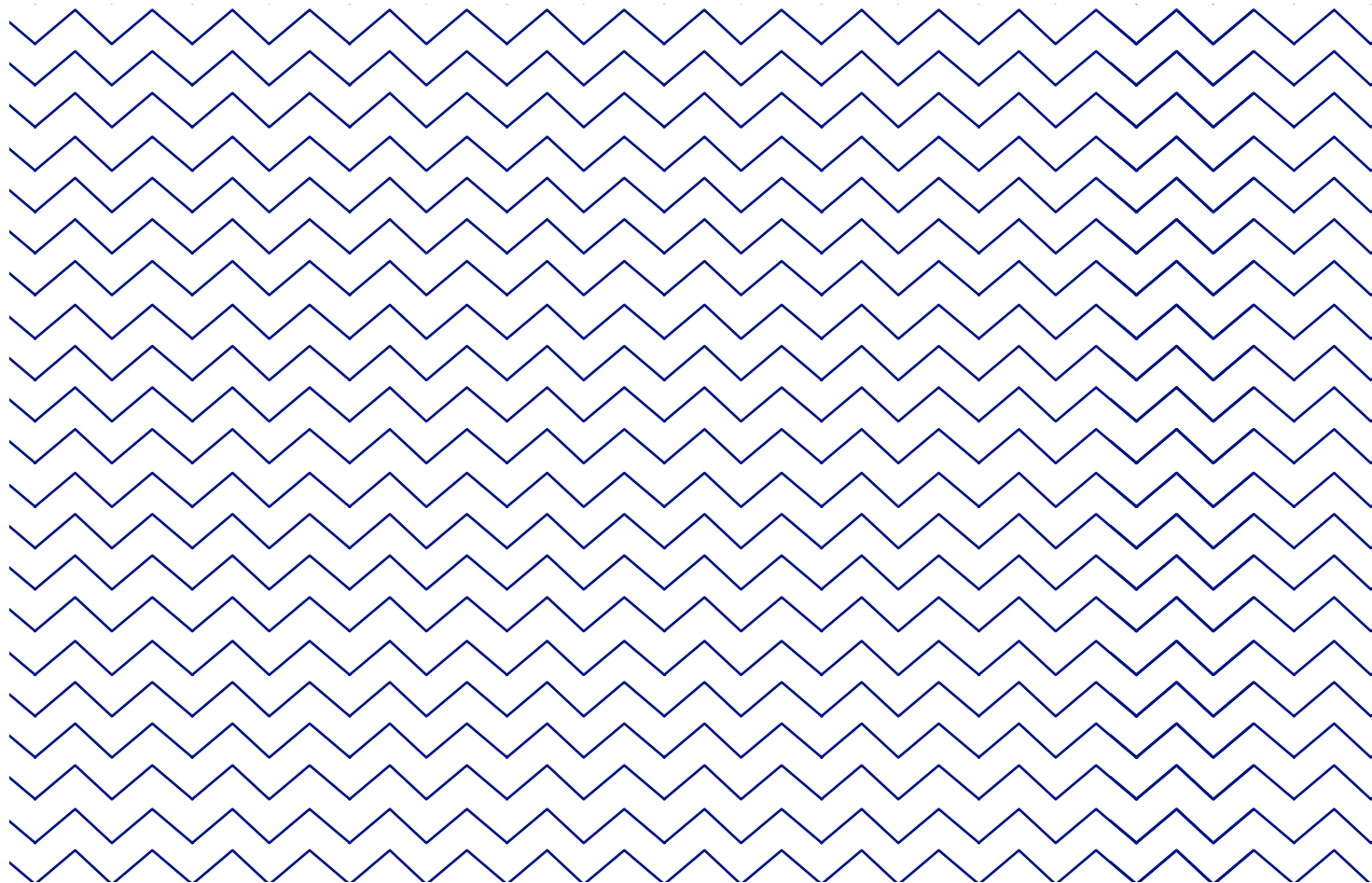
Amb l'aparició d'ordinadors quàntics **podríem millorar notablement els nostres programes de simulació** i així es podria reduir dràsticament la necessitat d'experimentar amb éssers vius.



STORY
CARD



STORY
CARD



STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

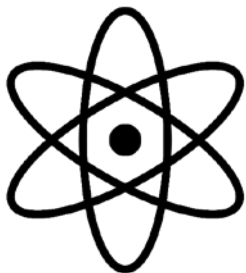
STORY
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD

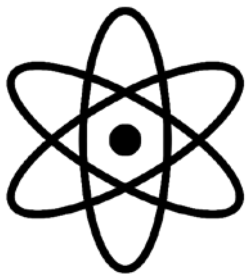
DECIDE GAME
Quantum
Technologies

STORY
CARD



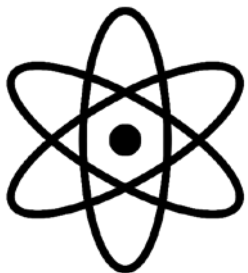
Superposició

- La velocitat de una pilota de tennis és el resultat de la superposició de una component horitzontal i una vertical.
- Amb partícules quàntiques, podem crear **superposicions** encara més sorprenents, com un **àtom excitat i desexcitat alhora** o una **partícula passant per dos camins alhora**.
- **Aplicacions: computació** (augmenta molt la velocitat de resolució d'alguns problemes); **criptografia** (permet comunicacions ultra-segures).



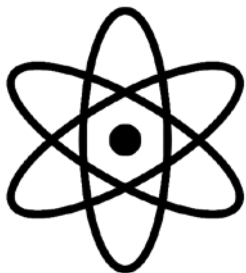
Interferències

- En alguns experiments, el resultat no ens permet distingir quina trajectòria va agafar la partícula: és com si estigues **viatjant als dos camins alhora!** Podem observar la **interferència** dels dos camins.
- Si tanquem un camí, ja no observem interferència, encara que la partícula hagi passat pel camí obert. És com si sàpigues que passa a l'altre camí sense passar per allí.
- **Aplicacions:** detectar i/o observar objectes **sense interactuar-hi**



Entrellaçament

- **No podem descriure separatament** les propietats de dues partícules **entrellaçades**.
- Si canviem (o mesurem) la polarització (el pla d'oscil·lació d'una ona de llum) d'un fotó, també canviarà (o quedarà determinada) **instantàniament** la d'un fotó que estigui entrellaçat amb el primer!
- Podem entrellaçar només partícules quàntiques, que podem utilitzar, per exemple, per **teletransportar** informació.
- **Aplicacions:** és a la base de la majoria de les **noves tecnologies quàntiques**, com per exemple la computació i la criptografia.



Mesura

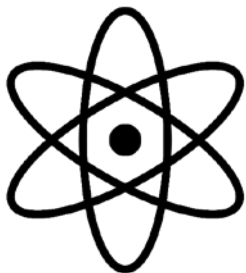
- A la física quàntica, **mesurar** vol dir **extreure informació** de un sistema de alguna manera
- **Mesurar** un sistema quàntic **pot canviar el seu estat**: per exemple, unes mesures de polarització poden tornar la polarització de vertical a horitzontal
- L'**ordre** de les mesures pot canviar el resultat final
- **Aplicacions**: augmentar la seguretat de la **criptografia**. L'efecte inevitable de la mesura sobre l'estat d'una partícula pot ser la evidència de la presència de una espia.

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

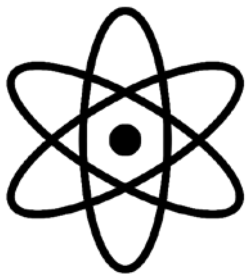
DECIDE GAME
Quantum
Technologies

DECIDE GAME Quantum Technologies



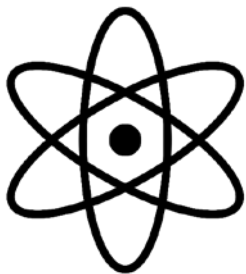
Aleatorietat

- Els resultats d'una mesura són **probabilístics**: no tenim manera de saber què passarà quan mesurem *una sola* partícula, però calcular amb precisió la probabilitat de cada resultat possible.
- **Aplicacions: nombres aleatoris**. De fet, és l'única manera d'obtenir nombres **completament** aleatoris. Els nombres aleatoris tenen aplicacions a la **criptografia**, les **simulacions**, els **jocs d'atzar**...
- Una spin-off de ICFO, **QuSide**, va inventar un generador de nombre aleatoris basat en la física quàntica



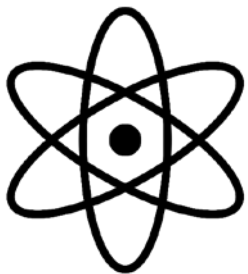
Principi de correspondència

- Si tot està constituït per partícules quàntiques (àtoms...), com pot ser que el món macroscòpic no tingui les mateixes propietats "estranyes" de les partícules quàntiques?
- El **principi de correspondència** determina que el comportament clàssic és el resultat estadístic del comportament aleatori d'un **nombre gran** de partícules quàntiques.
- Encara no sabem on es troba el límit entre la teoria quàntica i la clàssica.



Principi d'incertesa

- No es pot conèixer **simultàniament i amb precisió arbitrària** dues observables complementaries, com la posició i la velocitat d'una partícula.
- Això és conegut també com **principi d'incertesa de Heisenberg**
- Com més determinada està una de les variables, més indeterminada queda l'altra.
- **Aplicacions: sensors.** Podem fer servir aquesta propietat per obtenir mesures ultra-sensibles de camps magnètics o gravetat.



Estrelles quàntiques

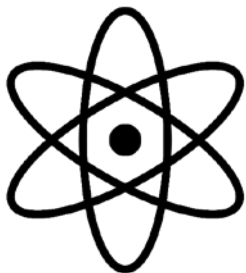
- El **principi d'exclusió de Pauli** diu que dues partícules quàntiques no poden tenir **exactament les mateixes propietats**.
- Això té efectes a escala atòmica, però també a escala molt més gran! En condicions de densitat extrema que s'observen a les **estrelles de neutrons** i les **nanes blanques** (dos dels possibles finals de la vida d'una estrella), el principi de Pauli fa que es generi una pressió que contraresta l'atracció gravitacional i evita que l'estrella no col·lapsi sobre si mateixa.

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

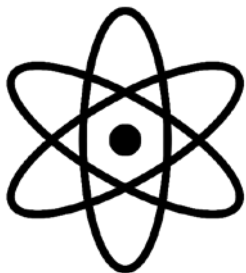
DECIDE GAME
Quantum
Technologies

DECIDE GAME
Quantum
Technologies



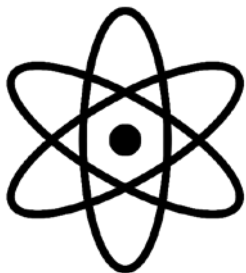
Espectres atòmics

- **L'espectre d'un àtom** és el rang de longitud d'ones de la llum (colors) que absorbeix (o emet).
- Explicar els espectres atòmics va ser un dels primers **èxits de la física quàntica**.
- **Aplicacions:** cada element té un espectre únic: podem fer-lo servir per **esbrinar la composició de materials** i fins i tot de objectes inaccessibles com les estrelles.
- **Aplicacions:** l'espectre d'alguns elements té aplicacions per la **il·luminació** (molts llums del carrer són llampares de sodi)



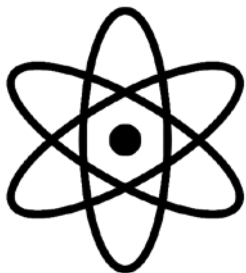
Radiació de cos negre

- La **radiació de cos negre** és la radiació electromagnètica (no sempre visible) que emet qualsevol objecte depenent de la seva temperatura
- Explicar la radiació de cos negre va ser un dels primers **èxits de la física quàntica**.
- **Aplicacions: mesurar la temperatura d'alguns objectes sense tocar-los** (termòmetres d'infraroig i càmeres tèrmiques). També podem conèixer la temperatura de les estrelles.
- La **temperatura de color de les bombetes** correspon a la que tindria un cos negre (bombeta incandescent) amb el mateix color



Efecte túnel

- Imaginem una piloteta en un bol. Si la pilota no té una energia suficient, no podrà escapar del bol: arribarà a una certa alçada i tornarà enrere.
- A escala quàntica, les partícules **poden superar** certes **barreres**, encara que no tinguin suficient energia. És com si un túnel li permetés anar a l'altre costat de la barrera sense gastar energia (**efecte túnel**).
- Això explica la fusió nuclear a les estrelles.
- **Aplicacions: microscòpia electrònica** (s'apropa una punta metàl·lica molt fina a una superfície i "arrenca" electrons per efecte túnel)



Criptografia quàntica

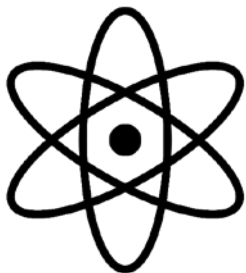
- Per enviar un missatge encriptat cal disposar d'una **clau per xifrar i desxifrar el missatge**. El problema és com fer arribar la clau de l'emissor al receptor sense que sigui interceptada.
- Gràcies a la **superposició** i a l'efecte de la **mesura** sobre els sistemes quàntics, podem **compartir claus de manera segura i a distància**
- Els sistemes de distribució de claus quàntics poden fins i tot **detectar la presència de espies**
- Ja existeixen **sistemes comercials** d'encriptació basada en física quàntica

DECIDE GAME Quantum Technologies

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

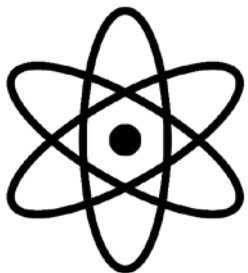
DECIDE GAME
Quantum
Technologies

DECIDE GAME
Quantum
Technologies



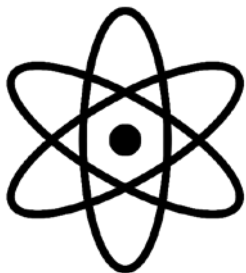
Computació quàntica

- Gràcies a **superposició** i **entrellaçament**, un ordinador amb bits quàntics (**qubits**) pot resoldre molt més ràpidament alguns problemes essencials com el de **factorització** (molt important per a la **criptografia** actual!), problemes d'**optimització** i **simulacions** que **inclús amb els millors ordinadors de què disposem ara, trigarien milions d'anys en ser resolts**.
- Existeixen actualment alguns ordinadors quàntics, però encara no tenen suficients qubits per superar els ordinadors clàssics.



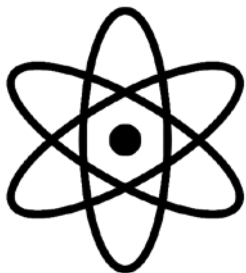
Tecnologies quàntiques 1.0

- Moltes de les tecnologies d'ús habitual a dia d'avui estan basades en fenòmens que troben la seva explicació a la física quàntica.
- Exemples: els **làsers**, els transistors que son a la base de l'**electrònica**, sistemes d'imatge per **ressonància magnètica (MRI)**, **cèl·lules fotovoltaiques**, els **LEDs**, el **GPS**, ...
- Totes aquestes tecnologies, imprescindibles per a la vida moderna, formen el que es coneix com la **primera revolució quàntica**.



Ciència fonamental

- La recerca en **ciència fonamental** ens permet ampliar la nostra comprensió de la natura, que és essencial pels desenvolupaments tecnològics futurs.
- Per exemple, Einstein va establir les bases del funcionament del **làser** 40 anys abans que es fabriqués el primer!
- A vegades, tècniques desenvolupades per a la recerca científica han tingut sortida i aplicacions revolucionàries: la **World Wide Web** va sorgir per a la gestió de dades del **CERN**.



Escàners

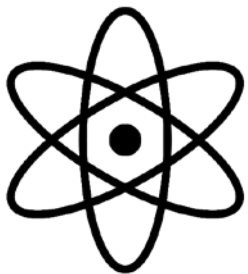
- Els escàners **MRI (imatge per ressonància magnètica)**, molt usats en medicina, funcionen gràcies a la interacció d'algunes de les partícules del nostre cos (**àtoms d'hidrogen**) amb **camps magnètics molt intensos**.
- Aquesta tècnica, en combinació amb sensors quàntics de camp magnètic i amb tècniques de microscòpia, podria arribar a identificar **un sol espín**.

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

DECIDE GAME Quantum Technologies

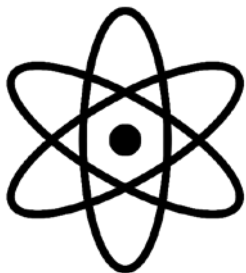
DECIDE GAME Quantum Technologies

DECIDE GAME
Quantum
Technologies



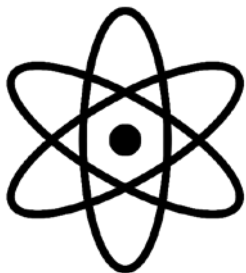
Sensors quàntics

- Gràcies a la física quàntica, podem fabricar sensors de camps magnètics que permeten detectar camps magnètics **100.000 milions de vegades més petits que el de la Terra** (una sensibilitat de l'ordre de **10^{-15} T!**).
- Aquests sensors quàntics estan basats en superconductors o amb núvols d'àtoms ultrafreds.
- Gràcies a la seva gran sensibilitat, poden detectar els **polsos elèctrics del nostre cervell**, amb les possibles aplicacions al camp de la neuromedicina.



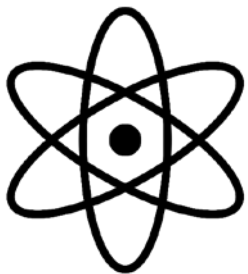
Interferometria

- Els **interferòmetres** són aparells que fan servir les interferències com a eina per realitzar mesures molt precises.
- Les propietats quàntiques ens permeten augmentar encara més la precisió i poder mesurar coses massa petites per la física clàssica
- **Aplicacions: ones gravitacionals, microscòpia de super-resolució, fotolitografia** (impressió de materials amb llum), **variacions del camp gravitatori terrestre** (útil per conèixer l'estat de dipòsits de petroli o aqüífers).



Veure
sense llum

- Gràcies a la **superposició** i a les **interferències** quàntiques, és possible detectar (i formar la imatge!) d'un objecte **sense que la llum hi interactuï**.
- Aquesta aplicació té sortida sobretot al camp de la **biologia**, on la llum podria fer malbé les mostres que es volen observar.



Teletransportació

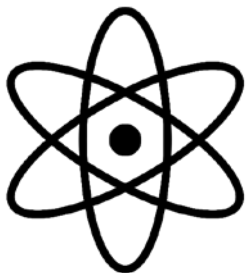
- Gràcies a l'**entrellaçament**, és possible fer desaparèixer (i s'ha fet!) un estat quàntic en un lloc i fer-lo aparèixer en un altre!
- La teletransportació **no és instantània**, ja que cal una transferència d'informació clàssica (a velocitat no superior a la de la llum).
- No hi ha una transferència real de matèria, sinó que es replica l'estat de la partícula inicial sobre una altra partícula, de manera que **la partícula inicial i la rèplica són indistingibles**.

DECIDE GAME Quantum Technologies

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

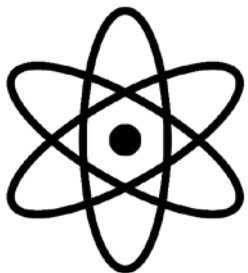
DECIDE GAME
Quantum
Technologies

DECIDE GAME
Quantum
Technologies



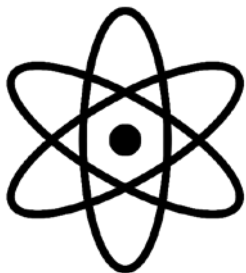
Ones de matèria

- Les partícules quàntiques tenen un comportament similar al de les ones clàssiques, doncs podríem crear **tecnologies anàlogues a les de la llum per a feixos de matèria** (àtoms).
- Exemples: làsers de matèria, interferòmetres d'àtoms, lents i miralls d'àtoms...
- L'avantatge és que aquests dispositius serien molt sensibles a **pertorbacions gravitatòries i efectes inercials**, amb aplicacions, per exemple, a en la fabricació d'**acceleròmetres** (sensors que detecten canvis de posició, que trobem als smartphones i tablets).



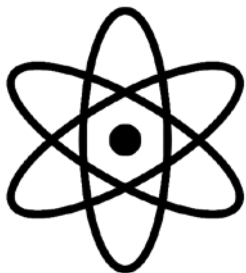
Quantum dots

- Els **quantum dots** (punts quàntics) són **nanopartícules** que tenen la interessant propietat d'**emetre i absorbir llum de colors específics**, els quals es poden ajustar variant la mida i composició del punt.
- **Aplicacions:** **marcadors de macromolècules**, en **microscòpia**, en **computació**, en la millora de l'eficiència les **cèl·lules fotovoltaïques** o els **LED...**
- Ja existeixen **televisors LED** que funcionen amb punts quàntics.



De la teoria
a la pràctica

- Un dels **reptes** més importants del desenvolupament de les tecnologies quàntiques és **posar en pràctica els dissenys teòrics**.
- El formalisme matemàtic que sosté la física quàntica **és sòlid**, però la seva implementació en dispositius físics és molt complicada.
- Fa poc uns científics van aconseguir vulnerar un protocol de seguretat que **se suposava que era completament segur**. La causa **no va ser un error en la física**, sinó un disseny incorrecte de l'aparell.



Segona revolució quàntica

- La física quàntica ha permès el naixement de una primera onada de tecnologies (com els làsers i els transistors).
- Ara podem **controlar les partícules quàntiques a nivell individual**, arribant a dissenyar noves tecnologies disruptives (**segona revolució quàntica**).
- Exemples: la computació quàntica, la criptografia quàntica, els simuladors quàntics i els sensors quàntics.

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

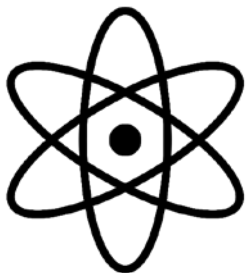
DECIDE GAME
Quantum
Technologies

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

INFO
CARD

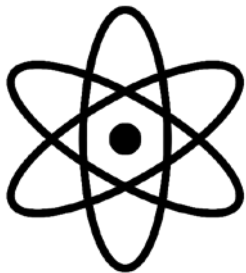
DECIDE GAME
Quantum
Technologies

INFO
CARD



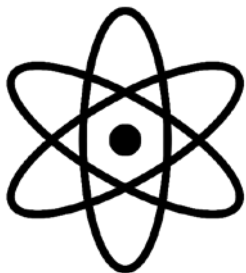
Quantum
Flagship

- L'any 2016 la Comissió Europea va aprovar un **pla de finançament** per a la recerca en tecnologies quàntiques de **mil milions d'euros**: el Quantum Flagship. Amb aquesta inversió s'espera accelerar l'avenç i el desenvolupament de les **tecnologies basades en la física quàntica** i posar Europa al capdavant d'aquest camp. Alguns científics, però, s'han queixat que **la indústria no està prou disposada a invertir en aquestes tecnologies**.
- **EEUU** i la **Xina** són els principals països inversors en tecnologies quàntiques, amb **360M €** i **220M €** respectivament.



Pseudociència

- A dia d'avui molts sectors **pseudocientífics** s'han servit de la terminologia tècnica i els conceptes sovint antiintuïtius de la física quàntica per difondre (i sovint enriquint-se'n) informacions **sense evidències científiques** sobre suposades “teràpies quàntiques” aplicades a la medicina, la psicologia o la meditació.
- Aquestes “teràpies alternatives” poden suposar un **risc greu** per a la salut de les persones.



Test de Bell

- Molts dels principis de la física quàntica desafien el sentit comú (i.e. les partícules han de tenir propietat ben definides) o altres teories físiques (una acció a distància instantània no és possible).
- Per aquesta raó, els físics es demanaven si la teoria quàntica fos incompleta
- John Bell va posar fi a aquest debat filosòfic dissenyant un experiment que permetria excloure possibles explicacions alternatives a la física quàntica que no desafiaven la intuïció
- A partir dels anys 80, es van fer molts tests de Bell que van confirmar la validesa de la física quàntica



INFO
CARD

DECIDE GAME Quantum Technologies

DECIDE GAME Quantum Technologies

DECIDE GAME Quantum Technologies

DECIDE GAME Quantum Technologies



Fins
quan hem
d'esperar?

THINKING
CARD 1

Algunes prediccions de les teories científiques poden requerir **anys de recerca i proves abans de ser confirmades**. Per exemple, van passar més de 40 anys entre la formulació teòrica del làser i la seva fabricació, o entre la predicció de l'existència del bosó de Higgs i la seva detecció. **Fins a quin límit és sensat invertir diners i esforç** en confirmar una teoria quan hi ha tants reptes socials que requereixen inversions immediates? I si haguessin perdut l'esperança anys abans i no l'haguessin trobat?



Més d'un
univers?

THINKING
CARD 2

Un debat obert a la física quàntica és la seva **interpretació**. La més habitual i antiga (1925-1927), és la de Copenhaguen (presentada al joc). Existeixen, però, altres interpretacions, com la interpretació dels **universos múltiples** (ca. 1960), que suggereix que quan realitzem una mesura, tots els possibles resultats apareixen en universos paral·lels, dels quals nosaltres només n'observem un. Un dels problemes que tenen les interpretacions és que no està clar que siguin comprovables experimentalment.



Som lliures
... o no?

THINKING
CARD 3

Si poguéssim mesurar amb infinita precisió la velocitat, inclinació, massa, temperatura, densitat de l'aire, etc. quan llencem una moneda, seria possible predir de quin costat cauria. Aquesta postura s'anomena **determinisme**. La física clàssica és determinista, però la física quàntica, pel que sabem, no ho és. Aquest fet va crear força controvèrsia en el passat. És famosa la frase d'Einstein: "Déu no juga als daus". Quines implicacions té el determinisme sobre la **llibertat** (lliure albir)?



Criptografia

La física quàntica proporciona, en principi, protocols teòrics que són **invulnerables als ciberatacs**. Tot i així, alguns científics han aconseguit trencar la seguretat de protocols quàntics existents a causa de **febleses en la seva implementació**. Donada la precisió finita de qualsevol construcció humana, podem refiar-nos de les prediccions teòriques respecte les aplicacions?



DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





Massa
potents?

THINKING
CARD 5

La **computació quàntica** promet resoldre alguns problemes importants (en la dificultat d'alguns d'ells es basa la criptografia actual) molt ràpidament. Per una banda, tenir un gran poder computacional és un **avantatge**. Per altra banda, si s'aconsegueix aquest poder abans que estiguin desenvolupats els protocols de seguretat adients (criptografia), pot ser un problema greu: **els ordinadors quàntics podrien vulnerar fàcilment els protocols de seguretat** que existeixen ara.



A qui
beneficia?

Les tecnologies de la informació basades en la quàntica (computació i criptografia) són eines poderoses que encara no s'han perfeccionat. L'elevat cost que tenen (almenys de moment) les farà **inaccessibles a la majoria de gent**. Com podem assegurar que no cauran en mans de gent que les faci servir per al seu propi benefici i en detriment de la societat?



Realisme local

THINKING
CARD 7

Les accions a distància (com la gravetat) han suposat un repte per a la gent des d'antic. La idea que no existeixen interaccions a distància, sense cap mediador, és el principi de **localitat**. La idea que la realitat existeix independentment de l'observació es diu **realisme**. Combinats constitueixen el realisme local.

La física quàntica ha demostrat experimentalment no obeir el realisme local. Això portà Einstein a pensar que era incompleta. Podem acceptar una teoria que contradiu la nostra intuïció?



El futur és
quàntic

THINKING
CARD 8

Oposar-se al desenvolupament de les tecnologies quàntiques és **oposar-se al progrés**. Tard o d'hora aquest tipus de tecnologies dominaran. Podem decidir sumar-nos a aquesta revolució ara i ser pioners, o podem esperar a que altres ho facin abans.



DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





Realment
fan falta?

Per a la majoria de tasques que realitzem actualment,
ja tenim eines prou poderoses i eficients. Moltes
d'elles encara es poden millorar a un cost molt més
baix que el que tindria desenvolupar tota una nova
gamma de tecnologies, com les quàntiques.
Val la pena?



Un gran
potencial

THINKING
CARD 10

Si bé encara les tecnologies quàntiques es troben en un estat molt inicial, les seves **aplicacions** en àrees molt diverses són **enormement prometedores**. Diuen que Thomas J. Watson, director de la companyia IBM, va dir el 1943 que en el món “hi ha un mercat per a aproximadament 5 ordinadors”.

Podem jutjar en el present el possible impacte de les noves tecnologies?



Hi ha problemes
més urgents

La recerca científica és important, però és més important destinar diners i esforços a **solucionar els grans problemes mundials**, com la fam, la guerra, la contaminació o el terrorisme.



La informació
és poder

És important que la gent estigui **informada** sobre els avenços científics per poder fer **judicis crítics sobre les informacions** que ens arriben des dels mitjans de comunicació, la publicitat, les xarxes socials,... i evitar caure en estafes o malentesos. A vegades, però, la informació ve precisament de sectors pseudocientífics de dubtosa fiabilitat.

Com hem de gestionar aquest flux d'informació, sovint dubtosa?



DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





Recuperar
la inversió

THINKING
CARD 13

La **recerca d'alt nivell**, com la de la física quàntica, és extremadament cara, i sovint no té una aplicació directa a nivell comercial o industrial a curt termini. Per altra banda, si no s'inverteix en recerca, no es pot arribar al nivell de desenvolupament necessari per poder **generar riquesa econòmica**, ja que la bona implementació de les tecnologies requereix un coneixement profund dels seus fonaments. Com podem solucionar aquest “cercle”?



No hi ha prou
amb la recerca

Els projectes de **finançament públic** de la recerca són necessaris per a l'impuls de la recerca bàsica i per empènyer els límits del coneixement, però, almenys actualment, el desenvolupament de les tecnologies quàntiques depèn de si **la indústria està disposada a invertir-hi**. Si la inversió per part de les indústries depèn de la rendibilitat, com aconseguirem desenvolupar-les?



Teletransportació

La teletransportació quàntica no mou matèria: es copia informació d'una partícula inicial, que després es destrueix, i s'inscriu en una segona partícula, que esdevé idèntica a la primera. Tot i que no hi ha hagut una transferència real de matèria, la primera partícula i la segona són completament indistingibles. **Podem dir llavors que són la mateixa partícula?**



I si és
suplantada?

Moltes vegades al llarg de la història de la ciència **una nova teoria ha substituït una de més antiga**:
l'heliocentrisme va suplantar el geo-centrisme,
l'evolució va suplantar les teories catastrofistes i
lamarckianes... Ningú ens pot assegurar que això no
passi amb la física quàntica. Però realment és
rellevant això, si la teoria actual ens permet fer
prediccions i desenvolupar tecnologies?



DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





Recerca pública
o privada?

La recerca científica hauria de tenir lloc a centres de recerca públics o privats? Per una banda, molta gent defensa que el coneixement hauria de ser **propietat de tota la humanitat** en conjunt, però per altra banda, el desenvolupament de les aplicacions té lloc a la indústria, que és qui fa les grans inversions a canvi d'un rendiment, les quals sovint **privatitzant en el coneixement**.



Què mesurem?

Si realitzem una mesura d'un sistema quàntic modifiquem les seves propietats: el sistema col·lapsa i observem una sola propietat ben definida. Si no podem evitar l'efecte de la nostra presència com a observadors sobre el sistema, **com podem verdaderament conèixer-ne res amb seguretat?**



Intuïció

Sovint sentim que la física quàntica és extremadament difícil d'entendre i sovint dona lloc a malentesos. Realment és així, en comparació a altres disciplines com l'astronomia o la química, o simplement ens costa perquè **els conceptes s'allunyen de la nostra intuïció**? Per què ens hauria de sorprendre més la **naturalesa aleatòria** de la física quàntica que l'existència de la gravetat?



Ciència
fonamental

En diverses ocasions la recerca científica ha desenvolupat aplicacions i tècniques que han tingut un abast enorme; per exemple l'Internet, que va néixer al CERN, o la llet de continuació per a nadons, que va desenvolupar-se a la NASA. Tot i que potser no arribem a desenvolupar les noves tecnologies quàntiques com s'espera, **val la pena la inversió pels possibles productes “addicionals” que es puguin desenvolupar?**



DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD





DECIDE GAME

Quantum Technologies

THINKING
CARD



DECIDE GAME
Quantum
Technologies

THINKING
CARD

DECIDE GAME
Quantum
Technologies

THINKING
CARD