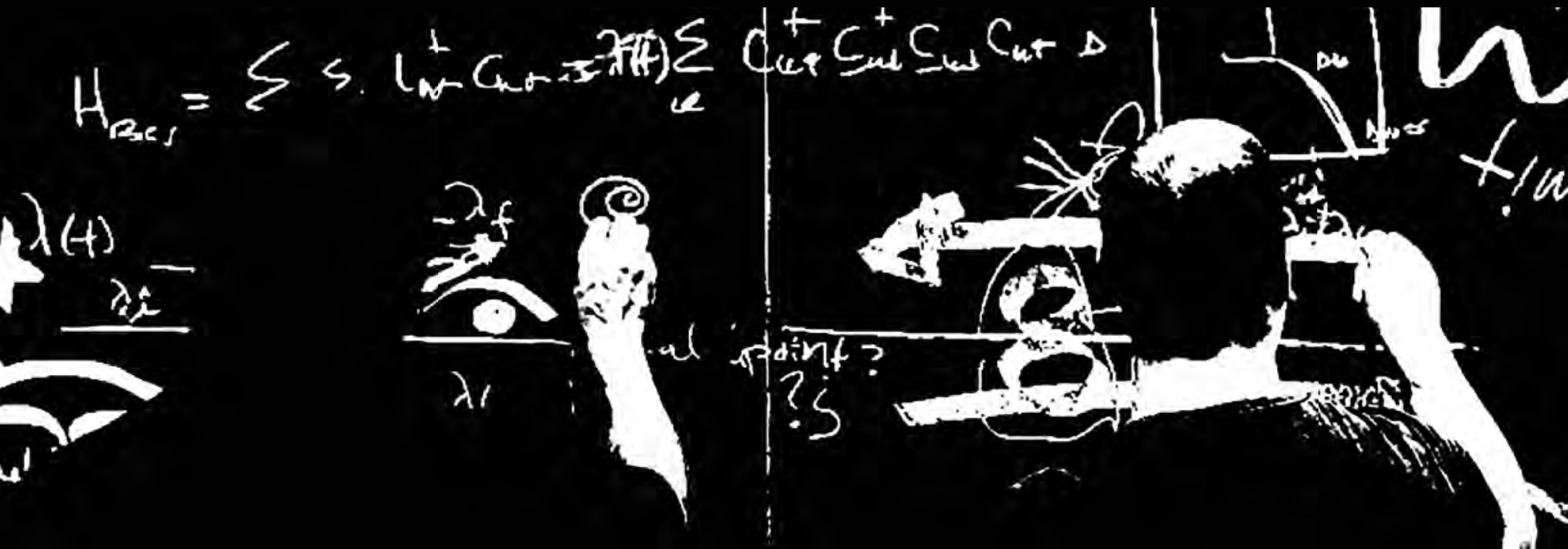


# MATEMA(N)TICA



HERMAN.NORMOID&HECTOR.OJEDA

UEEA | Press







HERMAN.NORMOID&HECTOR.OJEDA

LA SCIENZA SI DIVULGA ANCHE COSÌ

# MATEMA(N)TICA

UEEA | Press

# **ERRORE.404**

**COLLANA EDITORIALE DI ARTE DEL XXI SECOLO**

IL NOME **ERRORE.404** SEGNALE, NEL CODICE SERVER DELLA NAVIGAZIONE IN INTERNET, UNA "PAGINA NON TROVATA" IN UN SITO; L'EDITORE, ATTRAVERSO QUESTA COLLANA, INTENDE DIVULGARE L'OPERA DI ARTISTI POCO NOTI NELL'UNIVERSO DELL'ARTE DEL XXI SECOLO, OFFRENDO AL PUBBLICO LA POSSIBILITÀ DI CONOSCERLI ATTRAVERSO SCRITTI DI CRITICI, GALLERISTI, GIORNALISTI E ADDETTI AI LAVORI, COSÌ DA SUPPLIRE A QUELLE "PAGINE MANCANTI".

### **GIUSTIFICAZIONE DELLA TIRATURA**

Di questo volume sono state stampate, oltre alla tiratura editoriale,  
50 copie numerate da I a L e firmate da Herman Normoid.  
Sono firmate e numerate anche le 5 tavole fuori testo

N°       / L

© 2026 Unione Europea Esperti d'Arte | UEEA Press  
[www.espertiarte.it](http://www.espertiarte.it)

Direzione editoriale *Maria Mercedes Bares*

Progetto grafico e impaginazione *Alejandro Fernandez Vales*

In copertina UN FRAME DEL VIDEO "MATEMA(N)TICA. I PRIMI ESPERIMENTI."

Tutti i diritti sono riservati.

È vietata la duplicazione anche parziale senza l'autorizzazione dell'editore.

**ISBN 978-88-940188-1-3**

# MATEMA(N)TICA

LA SCIENZA SI DIVULGA ANCHE COSÌ

A cura di  
**DARIO F. MARLETTO**

Introduzioni di  
ERIK NEIL  
JOSÉ LORENZANA  
LUCIANO VANNI

Testo di  
MICHELA BARAUSSE



**UEEA | Press**



**HERMANNORMOID**  
PROUD TO BE OBSOLETE



**Consiglio Nazionale delle Ricerche**  
**Istituto dei Sistemi Complessi**



ALEVALES



Si ringrazia il *Dipartimento di Fisica di Sapienza, Università di Roma* per la gentile concessione degli spazi durante le riprese del video *"I primi esperimenti"*.

Questa mostra si è tenuta a Roma presso il Centro Donato Menichella della BANCA D'ITALIA – in occasione della Notte Europea dei Ricercatori e delle Ricercatrici il 24 settembre e si è protratta fino al 28 novembre 2025 e presso I Musei di Villa Torlonia – Casina delle Civette, dal 5 novembre 2022 al 5 marzo 2023. L'attività ha ricevuto il supporto dell'Istituto dei Sistemi Complessi dell'Consiglio Nazionale delle Ricerche e del programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea nell'ambito del progetto Marie Skłodowska-Curie n. 893743 «SuperDyn». Le riprese sono state effettuate presso il Dipartimento di Fisica, Sapienza, Università di Roma.

Esta exposición se celebró en Roma, en el Centro Donato Menichella de la BANCA D'ITALIA, con motivo de la Noche Europea de los Investigadores e Investigadoras, el 24 de septiembre, y continuó hasta el 28 de noviembre de 2025 y en el Musei di Villa Torlonia – Casina delle Civette, del 5 de noviembre de 2022 al 5 de marzo de 2023. El evento contó con el apoyo del Istituto dei Sistemi Complessi - Consiglio Nazionale delle Ricerche y del programa de investigación e innovación Horizon 2020 de la Unión Europea, en el marco del proyecto Marie Skłodowska-Curie n.º 893743 «SuperDyn». El video fue realizado en el Dipartimento di Fisica, Sapienza, Università di Roma.

This exhibition was held in Rome at BANCA D'ITALIA – Centro Donato Menichella on the occasion of the European Researchers' Night on September 24 and continued until November 28, 2025 and at the Villa Torlonia Museums – Casina delle Civette, from November 5, 2022 to March 5, 2023. The activity has received support from Istituto dei Sistemi Complessi - Consiglio Nazionale delle Ricerche and European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie project "SuperDyn" No 893743. The footage was taken at Dipartimento di Fisica, Sapienza, Università di Roma.

# INDICE

**15**

## **INTRODUZIONI**

BEYOND THE NORM: THE MARK MAKING OF HERMAN NORMOID AND HECTOR OJEDA

**Erik Neil**

ARTE, CIENCIA Y CREATIVIDAD

**José Lorenzana**

LA FISICA DELL'ARTE O L'ARTE DELLA FISICA.

**Luciano Vanni**

**29**

## **TESTO**

MATEMA(N)TICA TRA FISICA E ARTE COME PONTE TRA DUE MONDI

**di Michela Barausse**

**36**

## **I GRAFFITTI (*foto e particolari*)**

MY NAME IS HIGGS. And I'm funky / SUPERCONDUCTIVITY / SYNCHRONIZATION  
TIME CRYSTALS / GIANT FLOQUET

**79**

## **IL VIDEO**

I PRIMI ESPERIMENTI

**Dario F. Marletto**

**105**

## **I PANNELLI DIDATTICI**

**117**

## **LA GRAFICA DE MATEMA(N)TICA**

MOMENTUM NORMOID

**Alejandro Fernandez Vales**

# INTROD

UZIONI  
P15

**BEYOND THE NORM:  
THE MARK MAKING  
OF HERMAN NORMOID  
AND HECTOR OJEDA.**

Erik Neil PhD

In 1959 the noted chemist and novelist, C. P. Snow, published an influential essay, *The Two Cultures*, which identified and lamented the “gulf of mutual incomprehension” between humanists and physical scientists. This gulf engendered dislike and even hostility between society's intellectual leaders. It is fair to say that in the two and half generations since that Snow's trenchant observations, the gulf has only widened. The language of advanced mathematics and theoretical physics is largely indecipherable to most artists. Likewise, some forms of non-representational visual art are still notoriously difficult for lay people to access. This comprehension gap is the field within which the pseudonymous artist Herman Normoid operates. In a combination of insight and humor, he bridges the space with scribbles and scientific equations.

Even before viewing the installation and the accompanying video, we can begin to understand that the language of science is of special interest to the artist. His adopted name, Herman Normoid, suggests someone or something more or less human or humanoid. But perhaps there is also something beyond the “norm”? Knowing that this will be an artistic endeavor, we might intuit an insertion of science or science-fiction into the creative project. Following this, we can consider the title: *Matema(n)tica*. The parenthetical (n) implies that this will be more than *Matematica* or *Mathematics*. We are stepping into *Semantics*. Could there also be something ancient “antica” to consider. Scratches on a wall or tablet of clay are the oldest recorded means of communication. The wordplay is clever and intriguing. Structures of humanities and science are converging. The optimistic subheading “La scienza si divulga anche così” posits that complex ideas could be disseminated through an art installation. The spreading of complex ideas by simple means is at the heart of the project of Herman Normoid and Hectòr Ojeda.

---

### **The language of advanced mathematics and theoretical physics is largely indecipherable to most artists.**

---

The work consists of two elements, a set of blackboards filled with chalk marks and video that records the creation of the blackboards. Blackboards immediately recall the space of a classroom, or a laboratory and a cursory glance at what appears to be a dense assemblage of equations confirms that association. Looking a little more closely and considering the actual space where they are displayed, we can see that they have been given a new context. This is a noted 19<sup>th</sup> century villa not a classroom. Furthermore, another subtitle “I graffiti a 4 mani” connects us to both the most basic form of mark making, known since ancient times, graffiti, and a much more complicated form, the composition for four hands that requires coordination between two performers. Intentional paradox is the thread that runs through the whole of *Matema(n)tica*.

Thinking of mathematics in art might bring you to the cool and satisfying calculations of Agnes Martin, Sol Lewitt, or Piet Mondrian. However, Herman Normoid and his collaborator, Hectòr Ojeda, follow an altogether different and messier track. This is not

a plane of gridded symmetry and balance but rather a flow of uncertainty. The boards pair authoritative sounding titles, "Engineering Higgs dynamics by spectral singularities" and graphs with smiling stick figures. The stature of the Nobel prize winning theoretical physicist, Peter Higgs, is subverted with humor. The medium is not inapt if we recall that Higgs is best known for hypothesizing the simplest forms of atomic structure. The artistic cognate to the particle he identified is the scratch on the wall. Every other composition follows from this most basic component.

Similarly, the video that documented the creation of the blackboards subverts the scientific process. The action at first seems straightforward, two figures are writing out an equation on a blackboard. However, the action is speeded up and sometimes reversed and a disconcerting soundtrack has been overlaid. We might expect to hear the familiar sound of chalk making a mark as a scientist runs through his calculations, but that is not the case. Instead, we hear something uncertain but agitated. A slurping noise, more biological than mechanical, accompanies the mark making. It is hard to pinpoint what we are hearing but this is not a piano composition by Mozart. Again the subversion of expectations is central. One man, Dr. Ojeda we presume, is writing down numerical figures, letters, and graphs to complete what may be a complex equation. Simultaneously another man, Herman Normoid, is inserting cartoonish figures and satirical comments. Their Blackboard figuration feels like a choreographed effort, but they are coming from two very different positions. We are not entirely certain what is happening. Scribbles have equal standing with mathematical equations. Are these two languages compatible or at odds?

---

## **Scribbles have equal standing with mathematical equations.**

---

The energy of the two creators is evident. They work in tandem, without hesitation and are in command of the materials. Like Jackson Pollock creating a drip painting, they make an integrated whole from what at first seems only chaotic and disparate. This work is perplexing, deceptively simple, and anarchic, yet the equations suggest higher reasoning. The use of graffiti and simple cartoons recalls a range of expressions from the playful world of Krazy Kat to the witty subway scratchings of Keith Haring and the mythic scrawls of Cy Twombly. Like the creations of these artists, a manic quality pervades the video and the boards, the space is filled, and it has meanings. The tools and techniques are rudimentary, but the implications are complex.

With some cheeky humor the artist and the scientist invite us to enter the realm of quantum physics and differential equations. Cartoons and graffiti provide tools to decipher the mysterious languages of Higgs and Floquet. A tenuous bridge is established between two cultures.

This is not a plane  
of gridded symmetry  
and balance but rather  
a flow of uncertainty.

# **ARTE, CIENCIA Y CREATIVIDAD**

José Lorenzana

Este libro es el resultado de la colaboración entre un artista plástico, Herman Normoid y un físico teórico, Héctor Pablo Ojeda Collado. Además de este libro, Herman y Héctor produjeron varias obras plásticas y un video que fueron expuestos en una muestra en el museo de la Casina delle Civette de Villa Torlonia en Roma.

La idea artística nació cuando Héctor realizaba un postdoctorado en el Istituto dei Sistemi Complessi del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Más precisamente, en la sede del departamento de Física de la Universidad Sapienza en cuyas aulas se filmó el video. La estadía de Héctor fue generosamente financiada gracias a un proyecto científico que presentamos conjuntamente al programa Marie Skłodowska-Curie de la Unión Europea.

Héctor me contó de la colaboración artística (que inmediatamente me fascinó) mientras estudiábamos la superconductividad fuera del equilibrio y los cristales de tiempo. Nos basábamos sobre las intuiciones de Frank Wilczek, premio Nobel y físico visionario como pocos.

Ciencia y arte, arte y ciencia, dos disciplinas a primera vista muy lejanas. La ciencia se rige por leyes aparentemente inmutables y más inviolables que un dogma religioso. El arte es sinónimo de libertad sin barreras. Sin embargo, las dos profesiones comparten muchas facetas. La más evidente es la creatividad que las leyes de la física no limitan, sino que más bien estimulan. Muchas veces, la impresión del físico teórico es la de imaginar un pequeño universo respetando una métrica, como hace un poeta cuando compone un soneto.

---

**“... la pregunta más tonta o más loca  
puede ser formulada sin temor al ridículo.”**

---

Esa libertad dentro de ciertas reglas tiene mucho de lúdico que recuerda los juegos de la infancia. Y allí hay otro punto que también nos reúne y que es bien visible en las obras. El científico, como el artista, se divierte enormemente “trabajando”. Las comillas reflejan casi una sensación de culpa de no pasar las jornadas sellando papeles o cualquier otra obligación de trabajo (el verdadero) o la desolación cuando las exigencias académicas nos obligan a hacerlo. Una visión hedonista de la física que tanto Héctor como yo adquirimos en distintos tiempos durante nuestra formación en San Carlos de Bariloche, una especie de reserva natural de físicos en medio de la Patagonia Argentina.

Mientras progresábamos, Héctor le contó a Herman sobre nuestros resultados. De cada uno de los cinco trabajos que habíamos escrito hasta el momento, Herman y Héctor hicieron una obra de arte. Como es habitual entre colegas físicos, Héctor le explicaba a Herman en el pizarrón nuestros progresos y Herman reconstruía y elaboraba sobre lo que escuchaba y veía. ¿Cómo fue que resultados escritos en el lenguaje hermético de los físicos, hecho de ecuaciones íntegro-diferenciales y otras amenidades del género, se pudieron transmitir a un artista sin formación en matemática avanzada? Increíblemente, Héctor y Herman pudieron comunicar, creo yo, por esa base común.

Los temas son áridos, sin una formación muy especializada, pero veo en el resultado mucho de lo que desarrollamos. Sobre todo, los cuadros revelan, casi con indiscreción, el *modus operandi* de dos físicos teóricos, es decir, el juego creativo adelante de un pizarrón. Las obras transmiten, también, esa forma de amistad que es el trabajo creativo en equipo y que evidentemente Héctor y Herman recrearon. Esa forma de relacionarse que también es fundamental para avanzar. Con el compañero de aventura no hay vergüenza y la pregunta más tonta o más loca puede ser formulada sin temor al ridículo. Podemos expresar libremente toda nuestra ignorancia. Solo así el juego creativo es verdaderamente libre y se puede progresar tanto en el arte como en la ciencia.

¿Qué vio Herman en el trabajo de Héctor? Creo que el lenguaje hermético no lo asustó, sino que más bien lo fascinó. Vio belleza como la vemos en una antigua escritura perdida. Quizás allí hay otro punto de contacto, ya que la belleza y la elegancia es una de las guías principales del físico teórico para avanzar en un mundo de tinieblas. A la par del Aleph de Borges, ecuaciones como la de Schrödinger encierran un universo en un renglón. Los cursos de física de base, el electromagnetismo, la mecánica cuántica, la termodinámica, no son otra cosa que cursos de estética en el lenguaje de la matemática. Solo empapándose de esa belleza puede el físico teórico construir las bases de su carrera futura y evidentemente esa búsqueda de la belleza es también esencia del arte.

---

## “¿Qué vio Herman en el trabajo de Héctor?”

---

Creo que Herman y Héctor consiguieron transmitir todo esto y al mismo tiempo acercar al lector a conceptos fascinantes como la superconductividad y los cristales de tiempo. Estoy orgulloso de haber contribuido de algún modo lateral a esta bellísima creación y feliz que la estadía de Héctor haya producido riqueza y variedad de frutos.

**“Estoy orgulloso  
de haber contribuido  
de algún modo lateral  
a esta bellísima  
creación ...”**

# **LA FISICA DELL'ARTE O L'ARTE DELLA FISICA.**

Luciano Vanni

Lo scopo non è semplicemente ricreativo: si tratta di attrarre, di stimolare, di conquistare. Di coinvolgerci in quel mondo complesso e al contempo affascinante della fisica, spesso percepita come una disciplina esoterica, un universo fatto di teorie, leggi, nozioni, formule e complesse derivazioni matematiche.

Eppure, la fisica è molto di più: è lo studio profondo, la misura precisa, la riflessione rigorosa sui meccanismi che governano la natura e i fenomeni che ci circondano, dalla luce all'energia, dalla materia all'invisibile forza che muove l'universo. Essa richiede non solo una straordinaria capacità di astrazione, ma anche un pensiero logico e rigoroso, un metodo sistematico che affonda le radici nell'osservazione e nell'esperimento.

Allo stesso modo, l'artista — pur lavorando in un ambito apparentemente lontano — si muove in una dimensione parallela: quella della ricerca espressiva attraverso l'astrazione e la sintesi. Con strumenti diversi, ma con un intento affine, l'artista plasma la materia del sentimento e del pensiero, cercando di comunicare emozioni attraverso forme simboliche e evocative.

Il fisico e l'artista, dunque, sono entrambi alchimisti: sintetizzano concetti, esplorano territori sconosciuti, e concretizzano le loro scoperte in formule o opere. Entrambi intrecciano logica e creatività, fondendo rigore e immaginazione, e affidano alla fantasia il compito di riprodurre, rielaborare, reinventare ciò che la mente razionale indaga.

C'è tra scienza e arte, un legame profondo: la tensione verso la comprensione e la rappresentazione del reale, la capacità di vedere l'invisibile, di intuire l'essenza nascosta dietro la superficie. In questo dialogo silenzioso tra numeri e forme, tra equazioni e cromie, si apre uno spazio dove la conoscenza diventa esperienza, e la bellezza si fa consapevolezza.

Consci di queste profonde interconnessioni, il fisico Héctor Ojeda e l'artista Herman Normoid hanno dato vita a una nuova modalità operativa, e quindi a una forma d'arte, elaborando un dialogo creativo che mira a svelare ciò che appare oscuro e inafferrabile: le misteriose regole della fisica. Lo fanno sperimentando un confronto continuo e un'azione simultanea priva di prestrutture o regole predefinite, generando così un flusso di lavoro che si nutre dell'imprevisto.

Le cinque opere che sono nate da questa sperimentazione sono in bianco e nero, nel regno austero della sintesi rievocano l'idea della lavagna, che nei luoghi di apprendimento è metafora di una tavolozza dove si dispiegano i concetti. La preparazione della nuova 'tela', su modello della lavagna, è affidata all'artista, che si ispira alle antiche tecniche della pittura tradizionale. Vengono selezionate tavole di legno che diventano la base su cui stende uno strato di calce e collanti, uno stucco fino, infine ricoperto da una pittura nera acrilica, profonda come la notte. Su questa superficie, ruvida e pura, prende avvio il lavoro congiunto di fisico e artista, entrambi armati di punte d'acciaio per incidere, graffiare, portare alla luce segni e forme che emergono da teorie e che si confonderanno con altre immagini.

È a questo punto che Héctor Ojeda ed Herman Normoid entrano in scena come due metà di un unico gesto creativo, un lavoro a quattro mani che trascende le differenti prospettive. Dopo aver selezionato gli argomenti da rappresentare, il fisico assume il ruolo di narratore accademico: traccia formule, simboli, numeri, incastonandoli sulla superficie come se fossero geroglifici misteriosi, più vicini a un alfabeto sacro che a un testo scientifico. L'artista, dal canto suo, risponde alla chiamata di queste forme, intrecciando segni, costruendo immagini e figure: simboli, animali, archetipi che si affiancano, si sovrappongono e si mescolano ai diagrammi scientifici. È un dialogo visivo, un racconto onirico che trasforma la teoria in mito, la scienza in archetipica narrazione. Un doppio lavoro sinergico che opera sulla stessa superficie, convergendo in un linguaggio che è insieme rigoroso ed evocativo.

Tutto nasce da intrecci liberi e spontanei, non programmati. La teoria fisica si trasforma così in una mappa pulsante di nuovi significati, popolata da immagini create d'istinto, all'improvviso. Mentre il fisico scrive le formule sulla lavagna di legno, l'artista lo disturba generando figure di pupazzi, ragni, soli, frasi, lettere e oggetti — un bestiario simbolico che evoca l'eredità del simbolismo, del futurismo e della metafisica del primo Novecento.

In questa tensione creativa, sospesa tra rigore e gioco, scienza e mito, nasce un'opera che fonde ricerca, scienza e creatività, documento e sogno, formula e favola, segno e racconto. È un viaggio straordinario, dove la conoscenza si fa visione e l'arte si trasforma in scienza, aperto a infinite chiavi di lettura e possibilità interpretative.

Il risultato che ci consegnano Héctor Ojeda e Herman Normoid è una modalità nuova di raccontare la scienza — e in particolare la fisica — aprendo una via nuova che richiama alla mente echi lontani, reminiscenze di Mattia Moreni, Jean Dubuffet, Jean-Michel Basquiat, ma che si presenta al contempo originale. Opere che riportano alla memoria le pareti segnate dai murales degli ambienti universitari, quei luoghi dove negli anni studenti hanno inciso ricordi, date, simboli, nomi, amori, ma anche offese e disillusioni. Graffiti che comunicano, che parlano attraverso il tempo e lo spazio.

E forse proprio in questo sta la cifra più autentica dell'azione di Héctor Ojeda e Herman Normoid: nel raccontarci che anche la fisica, come ogni grammatica del pensiero umano, può farsi narrazione. Può avviare scenari possibili, divulgativi, creativi, ispirativi. Può abbattere barriere, aprire finestre, costruire ponti tra mondi apparentemente distanti. Perché l'arte ci offre questa straordinaria possibilità: quella di guardare il mondo da prospettive alte, inedite, inattese. Perché l'arte non è solo espressione, ma è anche ricerca, è esperienza del complesso, è il godere libero e consapevole di ciò che sfugge alla mera razionalità. L'arte è il linguaggio che ci permette di abitare il mistero, di trasformare il sapere in esperienza sensibile, di tradurre l'astratto in palpabile.

Ed è in questo spazio fluido, sospeso tra scienza e poesia, che Ojeda e Normoid ci invitano a entrare, a perderci e a ritrovarci, in un dialogo senza fine, ricco di domande, intuizioni e meraviglia.

**“... anche la fisica,  
come ogni grammatica  
del pensiero umano,  
può farsi narrazione.”**



P29TESTO

**REVERBERI DELL'INVISIBILE:  
MATEMA(N)TICA TRA FISICA E ARTE  
COME PONTE TRA DUE MONDI.**

Michela Barausse

L'esposizione "Matema(n)tica. La scienza si divulga anche così" presso la raffinata cornice della Casina delle Civette a Villa Torlonia a Roma, costituisce un'invitante porta d'ingresso nel mondo complesso e affascinante nella fisica del XXI secolo attraverso il linguaggio evocativo dell'arte. La sinergia creativa tra il fisico e studioso del CNR, Héctor Ojeda, e l'artista Herman Normoid si rivela un'occasione straordinaria di trasporre in forme accessibili e coinvolgenti tematiche spesso avvolte nel velo dell'inesplorato. Tale esposizione si prefigge di accompagnare il grande pubblico verso concetti solitamente considerati ostici, trasformandoli in un'esperienza sensoriale e intellettuale di rara intensità.

In questo contesto, l'arte si presenta come veicolo privilegiato di comunicazione, capace di tradurre l'astrazione concettuale della fisica in un dialogo visivo che non solo rapisce l'osservatore, ma ne stimola l'interesse e il desiderio di approfondimento. La figura di Herman Normoid, con la sua caratteristica cifra stilistica e l'uso sapiente del graffito come espressione, si erge a fulcro di questo enunciato artistico.

La presente esposizione, dunque, si delinea come un crocevia in cui scienza e arte convergono, proponendosi di condividere con il pubblico il profondo dialogo che sottende a due mondi apparentemente distanti, ma che in realtà condividono radici e stimoli comuni. In questa cornice, "Matema(n)tica" si configura come un'opportunità unica di esplorare e scoprire i segreti e le meraviglie che permeano il tessuto stesso dell'universo fisico, svelando connessioni inaspettate e aprendo orizzonti di conoscenza e contemplazione.

### **L'Arte come Medium di Convergenza tra Astrazione Fisica ed Empatia Sensoriale**

Nel suggestivo intreccio tra l'arte e la fisica, si apre una strada che conduce all'essenza stessa dell'esperienza umana. L'arte visiva, con la sua potente capacità di comunicare senza barriere linguistiche, si configura come il medium ideale per tradurre gli astratti concetti della fisica in forme visive che non solo affascinano, ma suscitano un innato desiderio di conoscenza.

L'opera di Herman Normoid incarna questa trasmutazione concettuale, rappresentando un ponte tra due mondi distinti: quello dell'astrazione fisica e quello dell'esperienza emozionale. Attraverso una visione che fonde il rigoroso formalismo della fisica con l'espressione intuitiva dell'arte, Normoid offre una prospettiva nuova e affascinante.

Gli elementi formali e stilistici delle sue opere si presentano come segni distintivi di questa sintesi. La presenza costante di simboli, dall'intricato groviglio di linee all'esplicita raffigurazione di fenomeni fisici, rappresenta una sorta di cifra stilistica che permea l'intera produzione di Normoid. Ogni tratto, ogni colore, ogni segno, si condensa in una sorta di linguaggio visivo che va al di là delle parole, comunicando direttamente all'animo dello spettatore.

Il graffito come tecnica espressiva assume un ruolo di primaria importanza. La sua immediatezza e spontaneità si sposano in modo sorprendente con la complessità dei concetti scientifici trattati. Le linee, i segni incisi sulla superficie, diventano tracce di un dialogo tra materia e spirito. Il graffito, in questo contesto, non è mera decorazione, ma un medium attraverso cui la materia si fa portavoce di concetti e emozioni che vanno al di là della sua stessa natura.

Grazie a questa esposizione ci addentreremo nell'esplorazione di questa straordinaria fusione tra arte e fisica, mettendo in luce come Normoid con estro e sensibilità riesca a trasformare l'astrazione concettuale in un linguaggio visivo che parla direttamente ai nostri sensi e alla nostra intelligenza. Le sue opere non sono solo rappresentazioni, ma un invito a un viaggio nel cuore stesso del flash dell'emozione umana, dove i confini tra disciplina scientifica e espressione artistica si fondono in una nuova e sorprendente sinfonia.

### **Sincronizzazione e Superconduttività: una Danza Quantistica**

Ora ci addentreremo in un'analisi dettagliata delle opere "Synchronization" e "Superconductivity". Attraverso queste creazioni di Herman Normoid, si delinea una profonda immersione nei concetti chiave della fisica quantistica che permeano l'intera mostra "Matema(n)tica".

L'opera "Synchronization" cattura l'occhio con la sua rappresentazione di un fenomeno ubiquo nella natura. L'analisi svela una connessione tra questo principio e il comportamento dei superconduttori, sottolineando come la matematica funga da linguaggio universale che permea il tessuto stesso del nostro universo.

La sincronizzazione, presente in maniera diffusa nel mondo naturale, è qui raffigurata con una maestria che ne cattura l'essenza. Le linee rigorosamente calibrate, delineano un equilibrio dinamico tra forma e movimento. Ciò evoca una profonda riflessione sulla natura stessa dell'armonia che sottende l'esistenza.

"Superconduttività", con la sua imponente figura che sorride dall'opera stessa, introduce lo spettatore a una delle più straordinarie scoperte della fisica moderna. La rappresentazione pittorica di un grafico, con l'esempio del mercurio come potenziale superconduttore, offre uno sguardo penetrante nel mondo dei materiali che sfidano le leggi della resistenza elettrica. Questa opera incarna il confronto tra due stati distinti, evidenziando il passaggio da un regime di alta resistenza a quello di una conduttività perfetta.

L'opera non si limita a una mera esposizione dei fatti scientifici, ma piuttosto, attraverso la potenza dell'espressione artistica,

suscita una connessione empatica tra l'osservatore e il fenomeno fisico. Normoid eleva la sua opera a un livello che va oltre la mera documentazione scientifica, trasmettendo l'essenza stessa dell'evento quantico.

In questo secondo modo, Normoid dimostra la sua abilità di narratore visivo, traducendo in forme e linee concetti complessi della fisica quantistica. Le opere " Synchronization " e " Superconductivity " diventano così dei potenti veicoli di comprensione, incanalando l'energia e la meraviglia dell'universo quantico nel linguaggio universale dell'arte che diventa quindi un quartetto di mani al lavoro su un'unica "tela".

### **Fermioni e Bosoni: Una Danza di Spin e Energia**

Herman Normoid ci conduce attraverso un viaggio nel mondo affascinante delle particelle elementari, svelando la suggestiva dicotomia tra fermioni e bosoni. Attraverso la sua arte, questa intricata danza di spin e energia prende forma, rivelando le profonde implicazioni che questa distinzione ha sulle proprietà fisiche dei materiali.

L'opera di Normoid cattura l'essenza di questa dualità con una maestria che mette in luce la complessità intrinseca del mondo quantistico. Le figure allegre che emergono dall'opera rappresentano le due macrocategorie di particelle che dominano l'universo delle particelle elementari. I fermioni, con il loro spin e la loro disposizione energetica, si contrappongono ai bosoni, che seguono leggi diverse e aprono le porte a nuovi stati della materia.

Attraverso una rappresentazione grafica accurata, l'autore riesce a condurci in profondità nel cuore di questa dicotomia, offrendo una visione unica di un mondo che solitamente sfugge all'occhio umano. Le rette che permeano l'opera rappresentano i livelli energetici accessibili alle particelle, e ciò offre uno spunto di riflessione sulla complessità e l'ordine intrinseco al tessuto dell'universo.

La temperatura critica, tema centrale dell'opera, emerge come una chiave di volta per comprendere la trasformazione dei superconduttori. Il pittore, con sapienza, rende visibile un fenomeno altrimenti impercettibile, aprendo una finestra sulla natura mutevole e affascinante dei materiali portati ad una temperatura prossima allo zero assoluto.

Normoid si conferma non solo come artista di straordinario talento, ma anche come interprete sensibile e competente nel mondo della fisica quantistica. Le sue opere si ergono come ponti tra il mondo visibile e quello invisibile, offrendoci un'opportunità unica di contemplare la profonda bellezza e complessità del mondo che ci circonda.

## **Matematica e Divulgazione Scientifica: Una Sfida Universale**

A questo punto si erge come un faro sulla cruciale tematica della divulgazione scientifica e l'impellente necessità di rendere accessibili i concetti complessi della fisica ad un pubblico più ampio dei "soliti" addetti ai lavori. Attraverso l'arte straordinaria di Herman Normoid, siamo immersi in un viaggio intriso di sfide e opportunità, in cui la comprensione della matematica e della fisica diventa un obiettivo universale.

Normoid, con la sua abilità nell'interpretare la fisica attraverso l'arte, ci invita a riflettere sulle barriere che spesso accompagnano la comprensione di concetti scientifici complessi. Le sue opere agiscono come ponti, collegando il linguaggio universale della matematica alle esperienze quotidiane di ognuno di noi. Le figure sorridenti che popolano le sue creazioni diventano dei compagni di viaggio, guida verso la comprensione di un mondo spesso considerato inaccessibile.

L'importanza dei programmi educativi inclusivi emerge come un pilastro fondamentale. L'artista ci ricorda che l'educazione scientifica non dovrebbe essere un privilegio riservato a pochi, ma un diritto universale che deve essere reso accessibile a tutti. L'arte di Normoid funge da veicolo, trasportandoci attraverso complessi concetti scientifici con una leggerezza che apre le porte a una comprensione più profonda e appagante: la sua opera non è solo un'espressione artistica straordinaria, ma una testimonianza vivida dell'importanza di abbattere le barriere dell'incomprensione scientifica. Egli ci insegna che la bellezza e la complessità del mondo della fisica possono essere comprese e apprezzate da tutti, indipendentemente dal background o dall'esperienza. Con la sua arte, Normoid ci spinge a superare le sfide e ad abbracciare la meraviglia del sapere scientifico, offrendo una visione di un mondo che ci appartiene a pieno titolo.

## **Un Dialogo in Continua Evoluzione**

Nel culmine di questa straordinaria esposizione, la mostra "Matema(n)tica. La scienza si divulga anche così", si erge come caso esemplare di come menti eterogenee possano confluire in un dialogo sinergico, tessendo le trame intricate dell'arte e della scienza. In questo contesto, emerge un'opportunità senza pari di contemplare le opere di Herman Normoid come fondamenta di un ponte straordinario che connette l'astratta bellezza della fisica con la sensibilità umana e l'operato di Hector Ojeda che con le sue formule si inserisce virtuosamente nella composizione artistica.

Questi cinque quadri non sono semplici espressioni artistiche, ma testimonianze tangibili di un'incredibile capacità di tradurre concetti complessi in forme visive che catturano l'immaginazione e stimolano la riflessione. Ogni tratto, ogni simbolo racconta una storia di profonda connessione tra il mondo della materia e il nostro universo interiore.

Attraverso l'uso sapiente del graffito, Normoid insuffla vita nelle formule matematiche, trasformandole in una sorta di danza visiva che si svolge sotto i nostri occhi. La sua abilità nel fondere l'astratto e il tangibile crea un'esperienza straordinaria per lo spettatore, aprendo le porte a una comprensione più profonda e intuitiva della fisica della materia.

Al di là delle barriere percepite, l'arte di Normoid ci invita a varcare la soglia del sapere scientifico, offrendo un'opportunità di scoperta e meraviglia. Il dialogo in continua evoluzione tra arte e scienza si manifesta in ogni tratto, in ogni graffio, rivelando una sinergia che va al di là delle parole.

In ultima analisi, "Matema(n)tica" non è solo una mostra, ma un invito a esplorare, a connettere, a svelare i segreti celati nell'infinita danza della materia. È un richiamo alla curiosità, alla meraviglia, all'infinita bellezza che risiede nei dettagli più nascosti dell'universo. In questo dialogo senza tempo, arte e scienza si incontrano, si abbracciano e ci guidano verso una comprensione più profonda del nostro straordinario mondo.

L'opera magnifica di Herman Normoid e Héctor Ojeda va ben oltre l'ambito della fisica della materia; essa ci invita a un viaggio profondo e intimo osservando le connessioni che permeano il nostro universo. Di fronte alle tavole di Normoid, non posso fare a meno di pensare ai fumetti di Jacovitti e di riflettere sul modo in cui il Sole, onnipresente, costante e luminoso, possa essere visto come il motore primario che guida il nostro universo.

Ogni opera di Normoid è un invito a scrutare oltre la superficie, a cogliere l'essenza stessa della materia e dell'energia che animano il nostro mondo. I suoi personaggi, sempre coronati da un cappello distintivo, sembrano portare con sé un richiamo a un universo più ampio, a una storia condivisa che si snoda attraverso il tempo e lo spazio.

In queste opere, il graffito diventa un linguaggio universale, un balletto di simboli e formule che ci sussurra i segreti più intimi dell'universo. Normoid e Ojeda ci mostrano che non esistono confini netti tra arte e scienza, ma piuttosto un continuum in cui le due discipline si abbracciano e si influenzano reciprocamente.

Così, mentre contempliamo queste tavole siamo chiamati a riconoscere che siamo parte di un tessuto più ampio di quello che meramente ricade sotto i nostri sensi, siamo parte di una storia cosmica che abbraccia ogni forma di esistenza. In questo dialogo tra arte e scienza, tra Normoid e Ojeda, tra noi e l'universo, scopriamo che le connessioni sono infinite e che la bellezza risiede nell'indagine stessa, nel viaggio.

P36

I GRAFFITI

*(foto e partico*

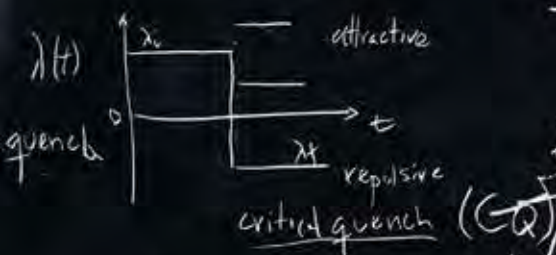
*olari)*

**MY NAME IS HIGGS. And I'm funky**

BCS systems

(SC)

$$H = \sum_{\mathbf{k}\sigma} \xi_{\mathbf{k}} c_{\mathbf{k}\sigma}^\dagger c_{\mathbf{k}\sigma} - \lambda(t) \sum_{\mathbf{k}\mathbf{k}'} c_{\mathbf{k}\uparrow}^\dagger c_{\mathbf{k}'\downarrow}^\dagger c_{\mathbf{k}'\uparrow} c_{\mathbf{k}\downarrow}$$



$$\Delta(t) = \lambda(t) \sum_{\mathbf{k}} \langle c_{-\mathbf{k}\downarrow} c_{\mathbf{k}\uparrow} \rangle(t)$$



Hector P. Ojeda 2022

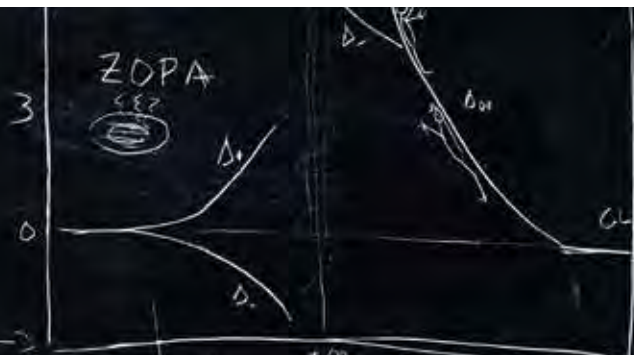
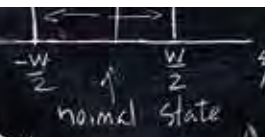
MY NAME IS

HIGGS

AND I AM FUNKY  
THE ONE AND ONLY



amplitude modes in SC



Higgs dyn. because of spect singularities

appropriate quench (CQ) needed

more singularities move Higgs

graph like

Δ D

collective modes

Dirac Higgs Δω

Dirac

2k W ω

Hector P. Ojeda 2022

MY NAME  
IS HIGGS

(and I am funky)

#0450

Helen Noland '22



**MY NAME IS HIGGS. And I'm funky (*particolari*)**

attractive - attractive

$\Delta(H)$   
 $\Delta_{00}$



$2\Delta_{00}$

as collect



ductors  
(SC)



$$\lambda(t) \sum_{kk'} C_{k\uparrow}^+ C_{k\downarrow} C_{-k'\downarrow} C_{+k'\uparrow}$$

MV

$\Delta(4)$



GL

gapless

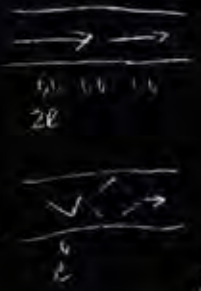
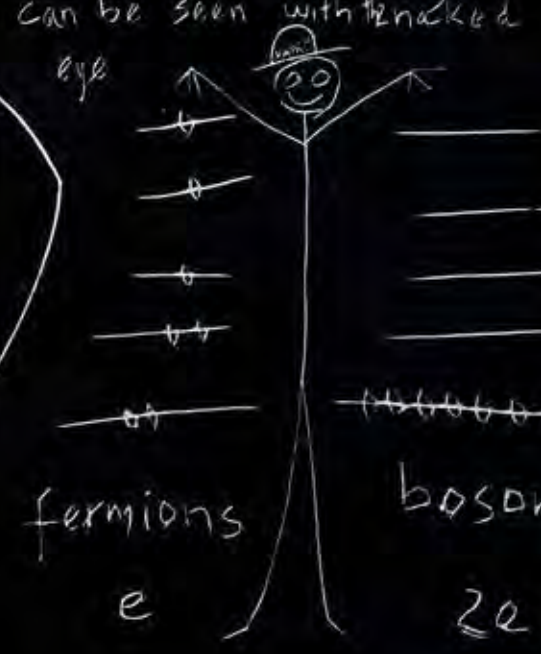
t

# **SUPERCONDUCTIVITY**



Meissner effect

When quantum physics can be seen with the naked eye



ME

UPPER

CONDUCTOR

Origin?

conventional

|    |          |
|----|----------|
| Nb | based    |
| Pb | Hg       |
| Zn | YBCO     |
| Sn | Cuprates |
| Al |          |

unconventional

hydrides

spin fluctuations, anisotropy, nesting

electron-phonon

BCS theory

$H = \sum_k \epsilon_k c_{k\sigma}^\dagger c_{k\sigma} - \lambda \sum_{k, k'} c_{k\uparrow}^\dagger c_{k\downarrow}^\dagger c_{k'\downarrow} c_{k'\uparrow}$

$S^+$  creates a



$$|\Psi\rangle = \prod_k (u_k + v_k c_{k\uparrow}^\dagger c_{-k\downarrow}^\dagger) |0\rangle$$



A hand-drawn diagram consisting of a horizontal line. Above the line, from left to right, there are two small arrows pointing right, a V-shaped symbol, and a small circle with three lines radiating from it, resembling a sun or a light source.

# SUPERCONDUCTIVITY

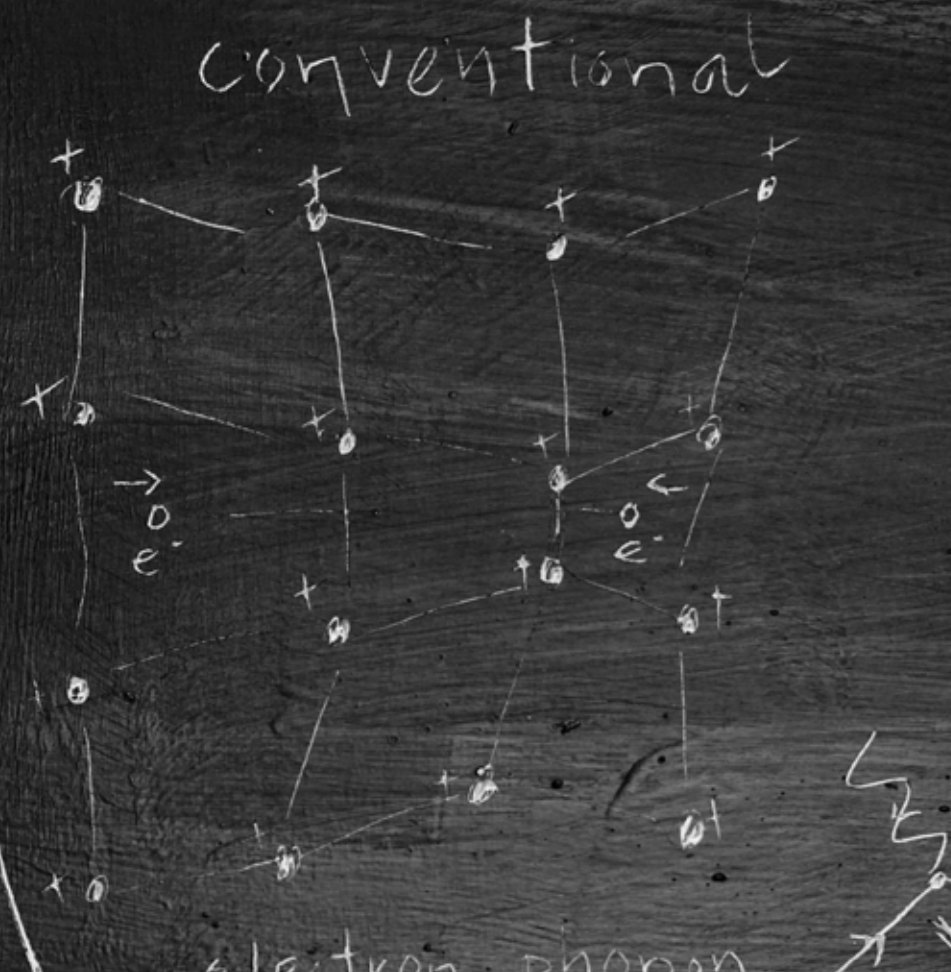
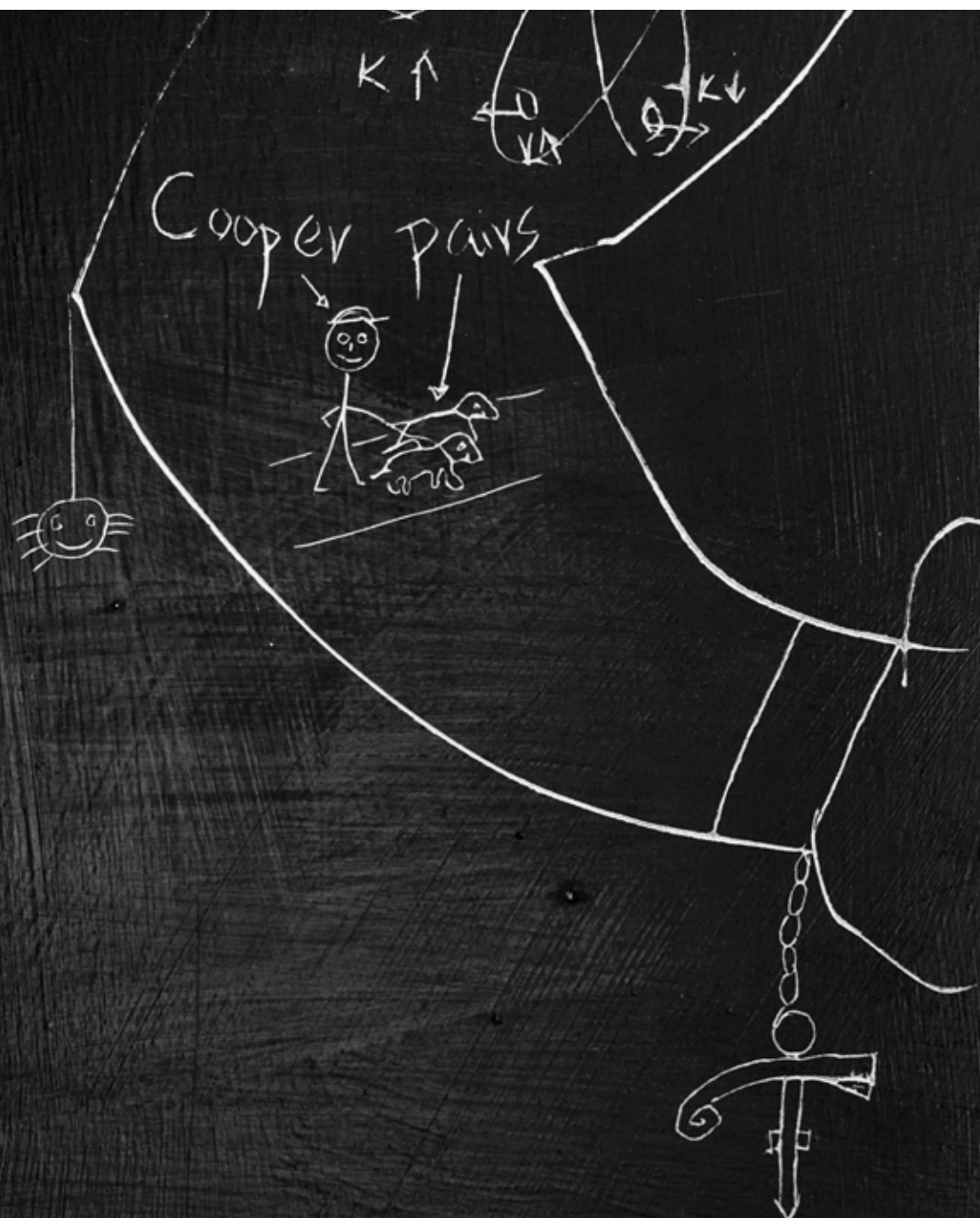


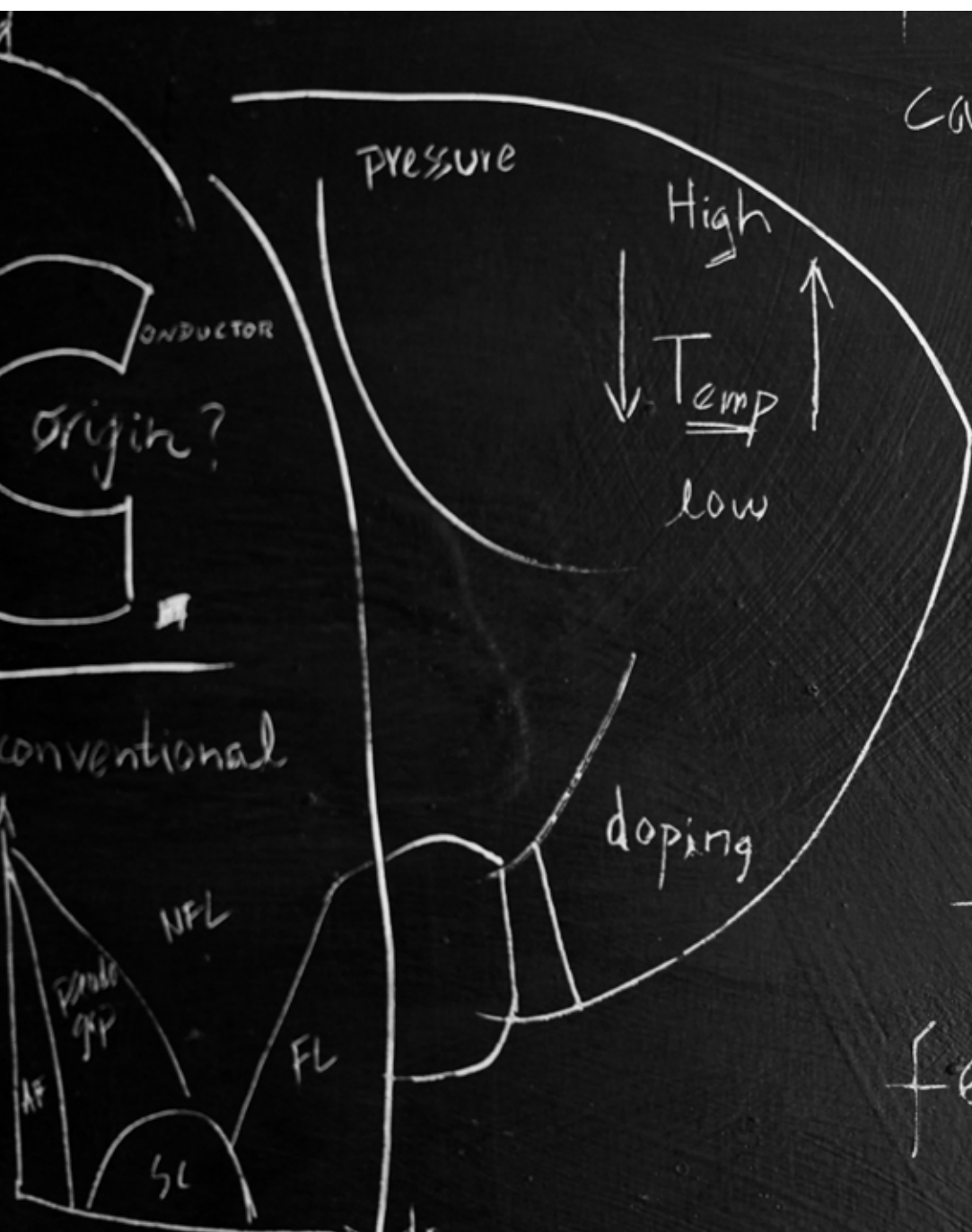
A simple hand-drawn arrow pointing to the right, located at the end of the underlined title.

Heman Nohari  
#0451  
12

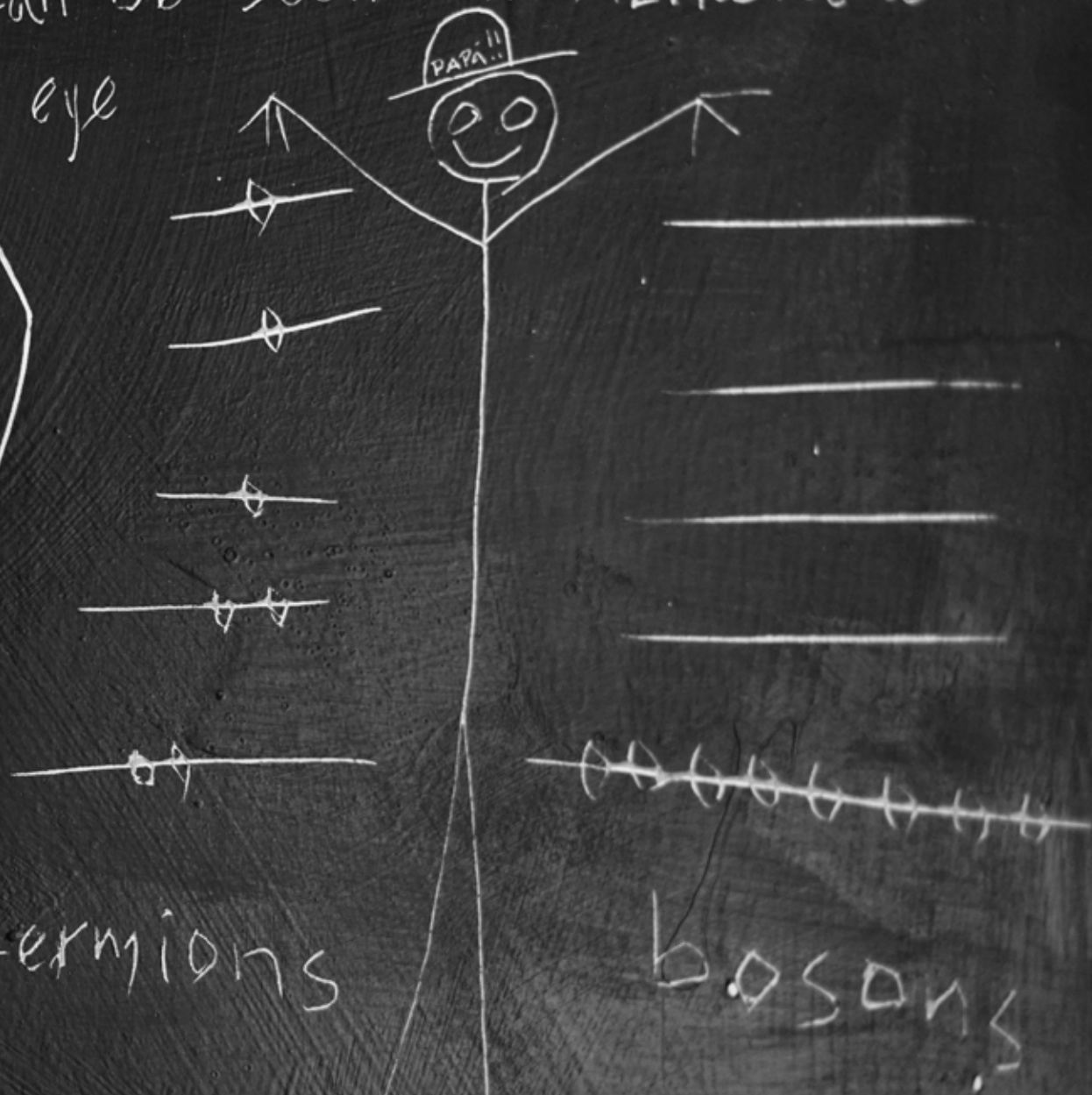


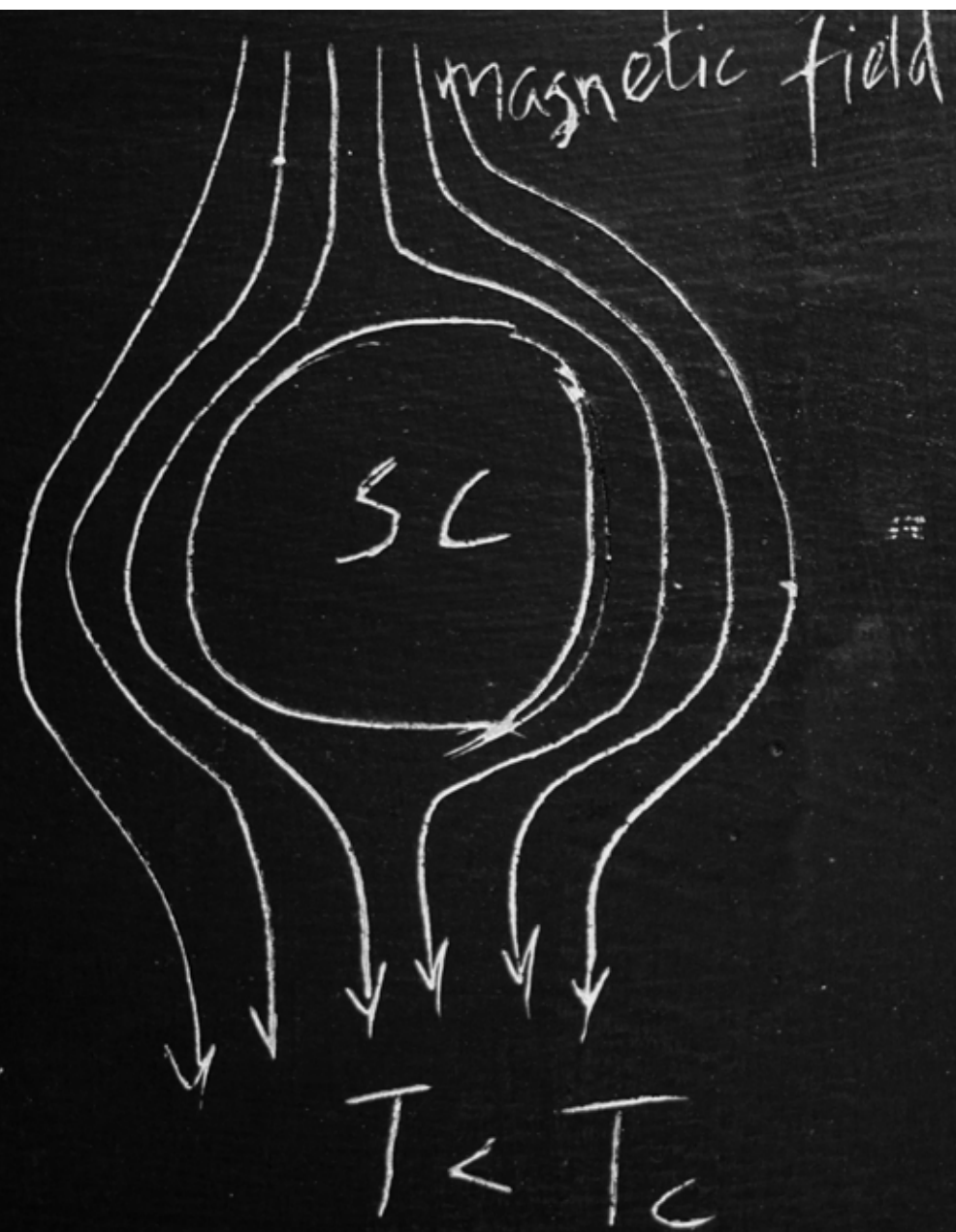
## **SUPERCONDUCTIVITY (*particolari*)**





can be seen with the naked  
eye





(YOU DIE)  
TOO COLD  
(YOU DIE)

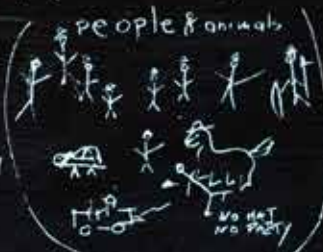
Meissner  
effect



# **SYNCHRONIZATION**

periodic drives → control and manipulation of

$$H_{BCS} = \sum_k \epsilon_k c_{k\sigma}^\dagger c_{k\sigma} - \lambda \sum_{kk'} c_{k\uparrow}^\dagger c_{-k\downarrow}^\dagger c_{-k'\downarrow} c_{k'\uparrow}$$



topology  
magnetism  
excitons

FHE  
superconductivity



PAV | 11 51:00

$$\lambda(t) \sim A \sin(\omega_d t)$$

$$\Delta(t) = \lambda(t) \sum_k \langle c_{-k\downarrow} c_{k\uparrow} \rangle(t)$$

in BCS systems

THREE 11:55:00

many degree of freedom

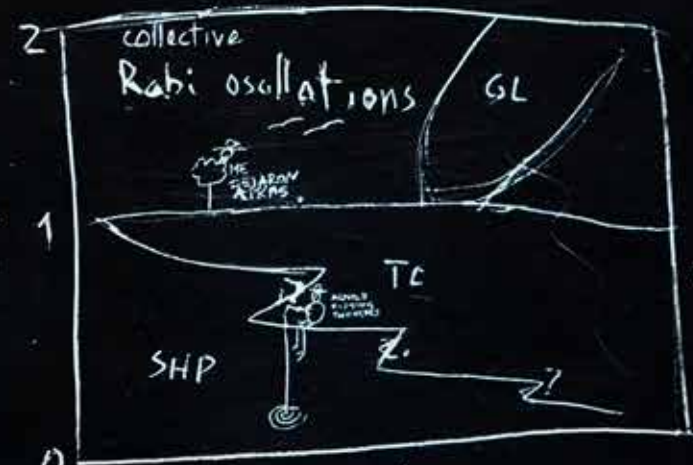
synchronization  
Huygens (XVII sec.)

interactions



spins

$$\frac{\omega_d}{2\Delta_0}$$



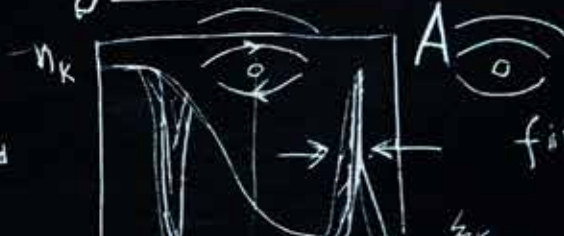
different  
synchron  
phases

(FE)

Rabi freq  
~ A

$$2\Delta_0$$

$$\omega_d$$



finite

No 1/N  
effect



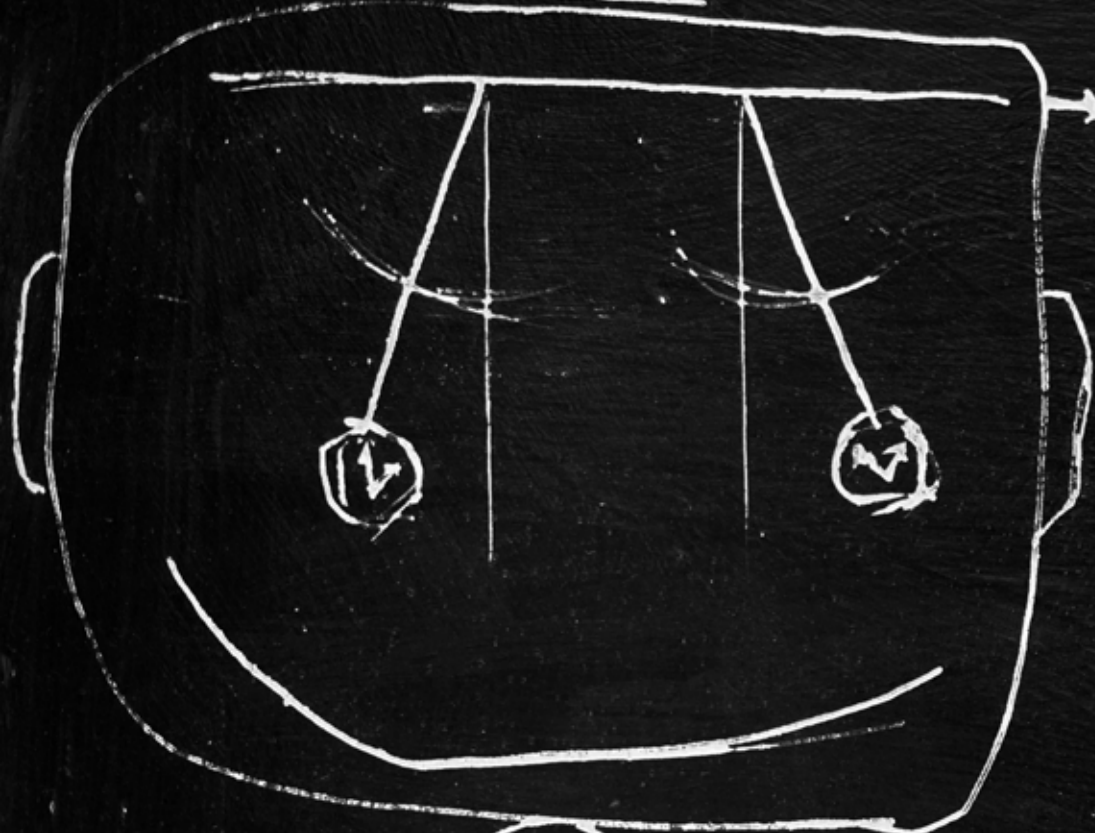
# SYNCHRONIZATION

Herman Norheid '22  
#0454



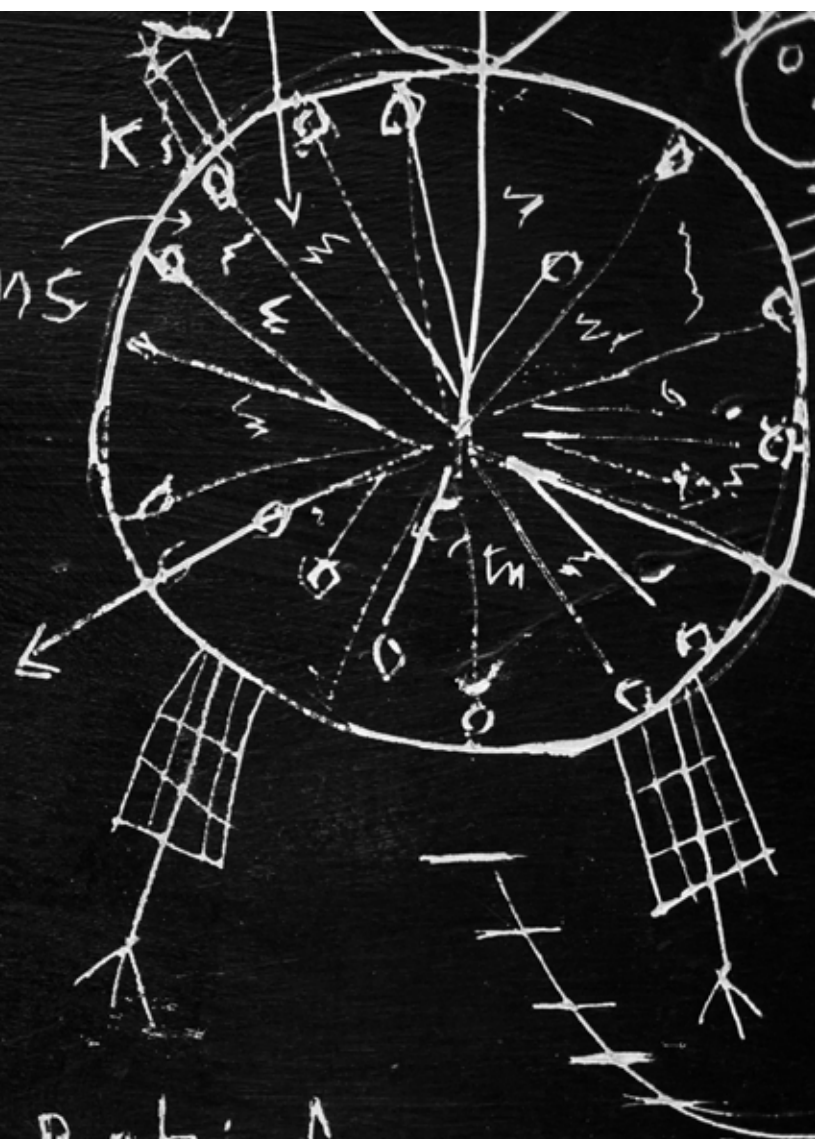
## **SYNCHRONIZATION (*particolari*)**

Huygens (XVII sec.)

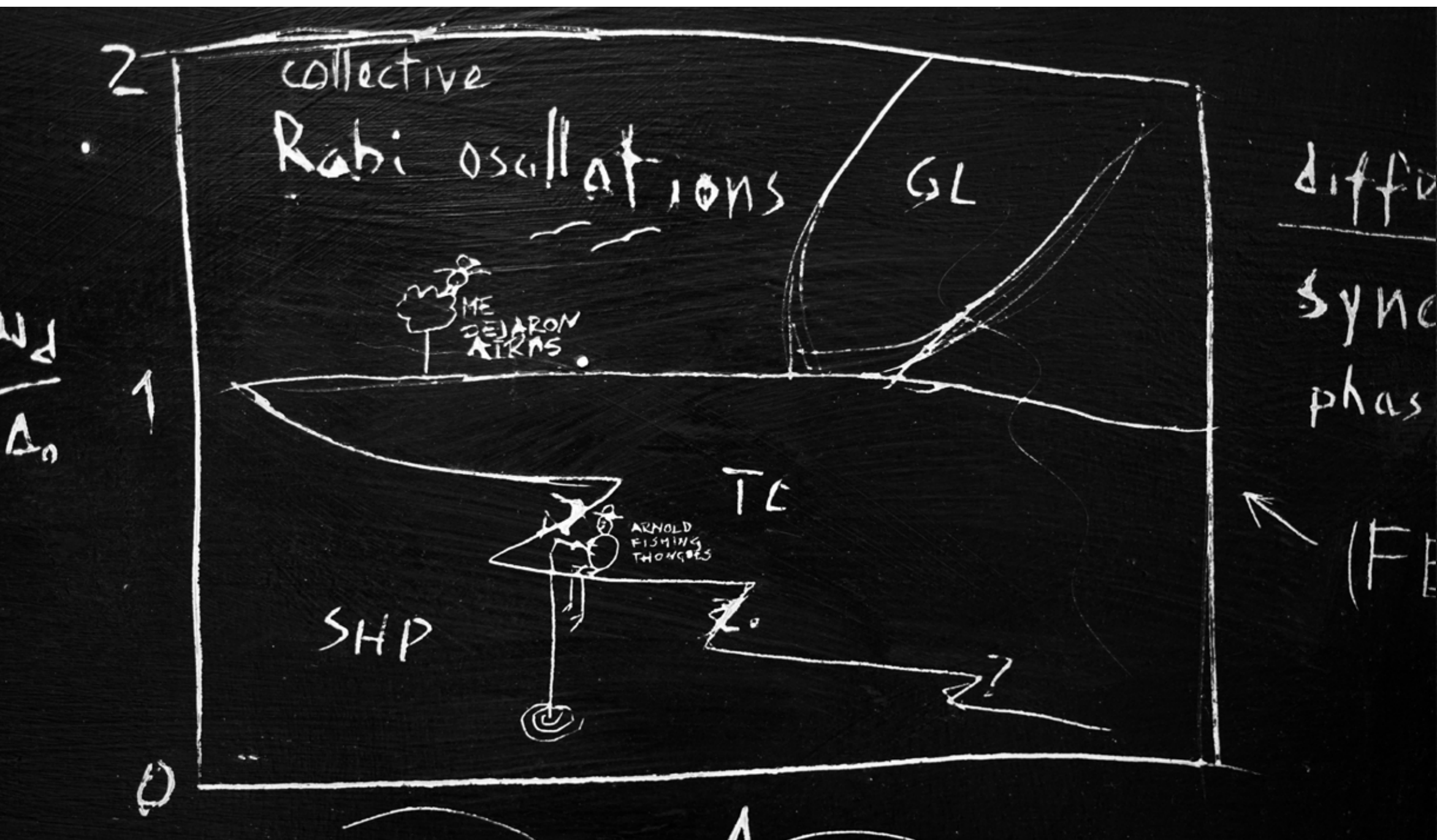


$A \sin(\omega t)$

interactions



Rabi freq  
 $\sim A$   $2\Delta_0$



in BCS  
systems



THREE  
+ 149503



degree of freedom

# TIME CRYSTALS

$H_{BCS} = \sum_{k\sigma} \epsilon_k c_{k\sigma}^\dagger c_{k\sigma} - \lambda \sum_{k,k'} c_{k\uparrow}^\dagger c_{k\downarrow} c_{k'\downarrow} c_{k'\uparrow}$   
 $\lambda(H)$  case  
 $H_{MF}(t) = - \sum_k \vec{S}_k \cdot \vec{B}_k(t)$

$\vec{B}_k = (2\Delta(t), 0, 2\epsilon_k)$   
 $\vec{\epsilon} \cdot \lambda \downarrow \epsilon_k(t)$   
 E MICCLO?

HIATA  
 AND HERE?  
 NOTHING  
 NIENTE  
 TIME SLAVE  
 $K(t)$   
 $\lambda(t)$

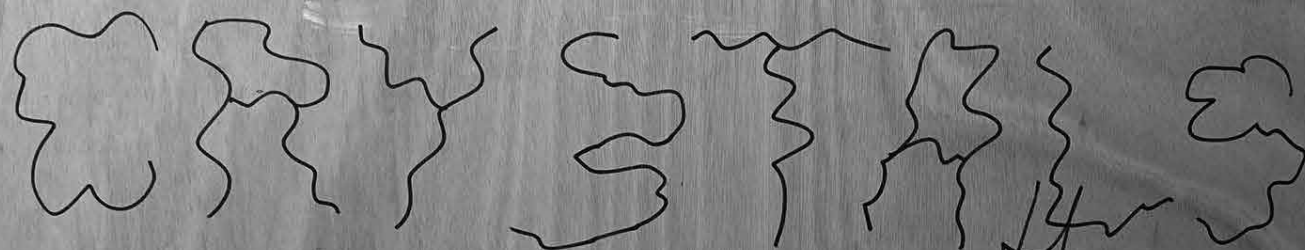
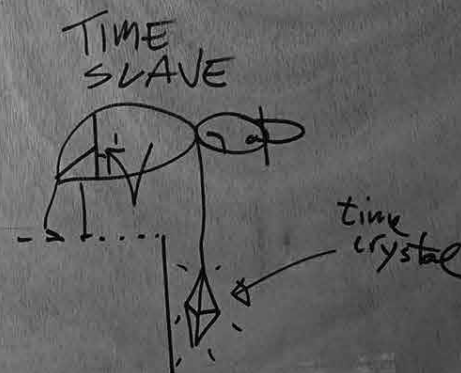
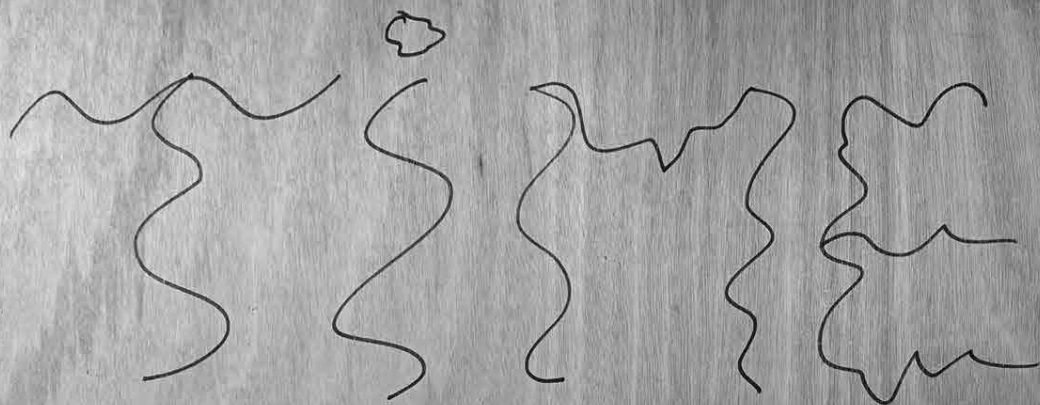
dive  
 response  
 $\Delta(t) = \lambda(t) \sum_k S_k^x(t)$   
 TIME is good  
 (if you have it)  
 time-translational symmetry breaking (TTSB)

ground state  
 $x$   
 $y$   
 $v$

$\frac{1}{2}$  w/wave  
 $S_k$

many quasiparticle synchronize  
 TIME  
 IS  
 STANDING

Time Crystals def  
 1. TTSB response  
 2. Long autocorrelation in time (long range order in spacetime)  
 3. Robustness (No fine tuning)  
 4. is it a painting or a sculpture?  
 (see lucio)



Heman Kbruael 1/22  
#0452



## **TIME CRYSTALS (*particolari*)**



Wd

LIADA

AXID  
HERE?

NOTHING  
NEXITE

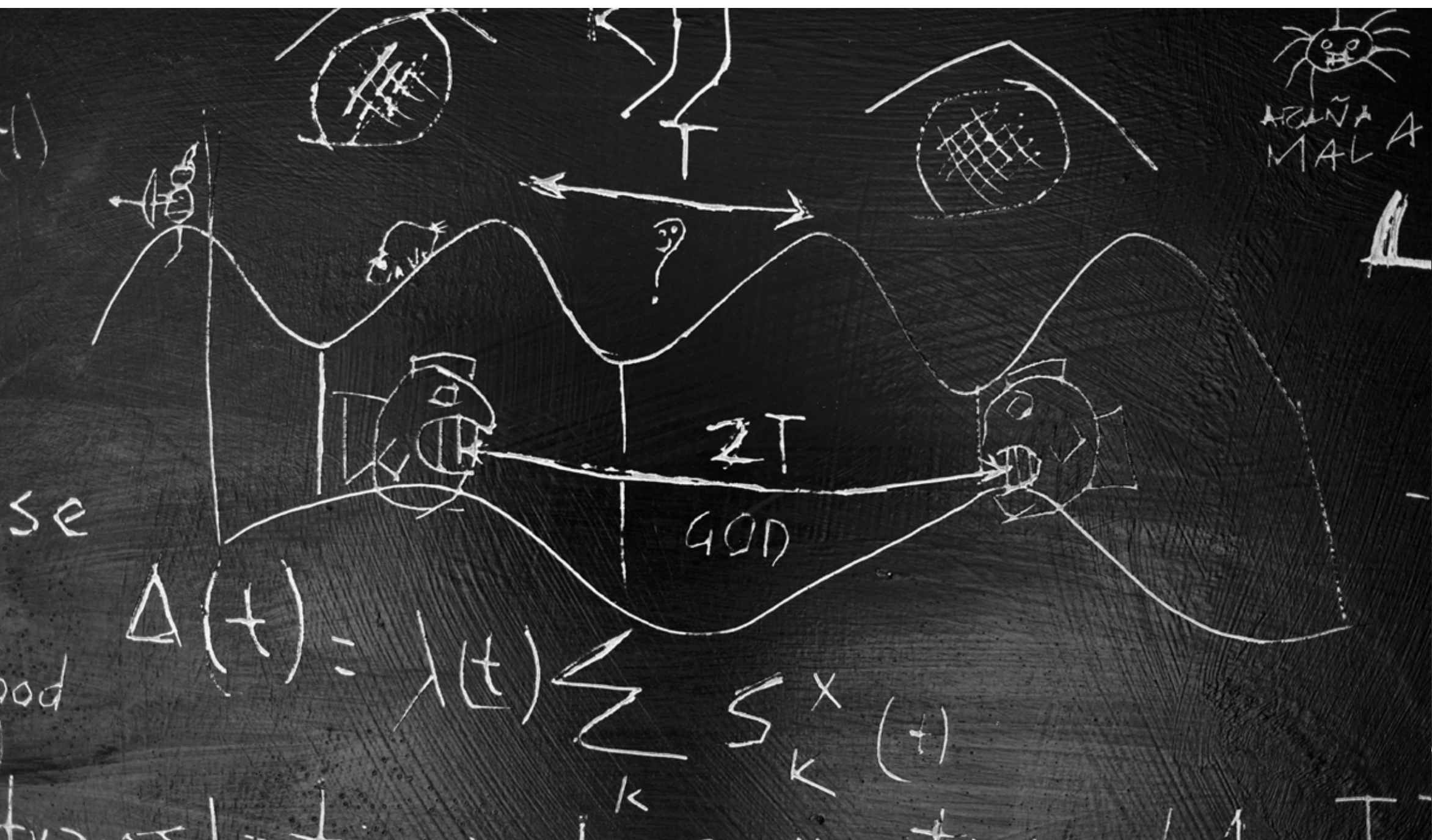
TIME  
SLAVE

K(t)



V

ve



BCS systems

$E_{\text{SOLO}}$

$$-\lambda \sum_{\mathbf{k}, \mathbf{k}'} c_{\mathbf{k}\uparrow}^\dagger c_{-\mathbf{k}\downarrow}^\dagger c_{-\mathbf{k}\downarrow} c_{\mathbf{k}'\uparrow}$$

E NOCCIO?

$$\vec{B}_{\mathbf{k}}(t)$$

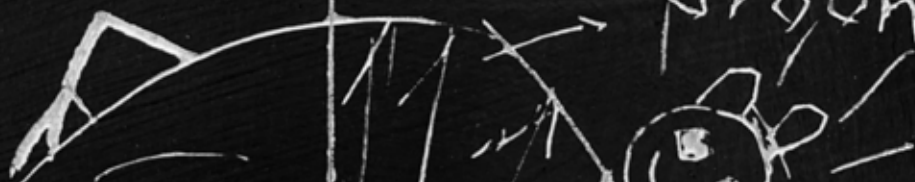
$$\vec{B}_{\mathbf{k}} = (2\Delta(t), 0, 2\xi_{\mathbf{k}})$$

$$\vec{r} \cdot \lambda \uparrow \downarrow \xi_{\mathbf{k}}(t)$$

ground state



ARANA  
MALA



**GIANT FLOQUET**

$$|\psi_k(t)\rangle = e^{-i\epsilon_k t} |\phi_k(t)\rangle$$

$$|\phi_k(t)\rangle = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} |n\rangle e^{in\omega t}$$

$\epsilon_k$ : Floquet quasienergies

$$\Delta(t) = \Delta(t + \frac{2\pi}{\Omega})$$

Linear response

time crystals

others?

HAT

Floquet spectrum  
for quasiparticle excitations

$$|\phi_k(t)\rangle = |\phi_k(t + \tau)\rangle$$

|                  |                   |                 |                 |                   |
|------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| $\xi_k - \Omega$ | $-\Delta$         | 0               | $-\Delta/2$     |                   |
| $-\Delta$        | $-\xi_k - \Omega$ | $-\Delta/2$     | 0               |                   |
| 0                | $-\Delta/2$       | $\xi_k$         | $-\bar{\Delta}$ | 0                 |
| $-\Delta/2$      | 0                 | $-\bar{\Delta}$ | $-\xi_k$        | $-\Delta/2$       |
|                  |                   | 0               | $-\Delta/2$     | $\xi_k + \Omega$  |
|                  |                   |                 |                 | $-\bar{\Delta}$   |
|                  |                   |                 |                 | $-\xi_k + \Omega$ |

broken  
symmetry  
state  
(SC)

selfconsistent

$$H_k^{BCS} = \begin{pmatrix} \xi_k & -\Delta(t) \\ -\Delta(t) & -\xi_k \end{pmatrix}$$

in what cases is this  
periodic?

Nambu  
basis

high harm  
2 col  
cont

# GIANT FLOQUET

engineering in BCS  
(BC)

multi-photon processes

dynamical gaps

non trivial  
topology?

2 photons

3 ph

WHO?

452

GIANT

#loquet

Human Vermeid 77  
#0453



## **GIANT FLOQUET (*particolari*)**

response

time crystals

others?

$\Gamma$   $\Lambda$   $\Sigma$   $K$

dynamical gaps

HAT

Floquet spectrum  
for quasiparticle excitations



PERISCOPE ?

MINI  
FLOOJET

Nambu  
Easis

high harm

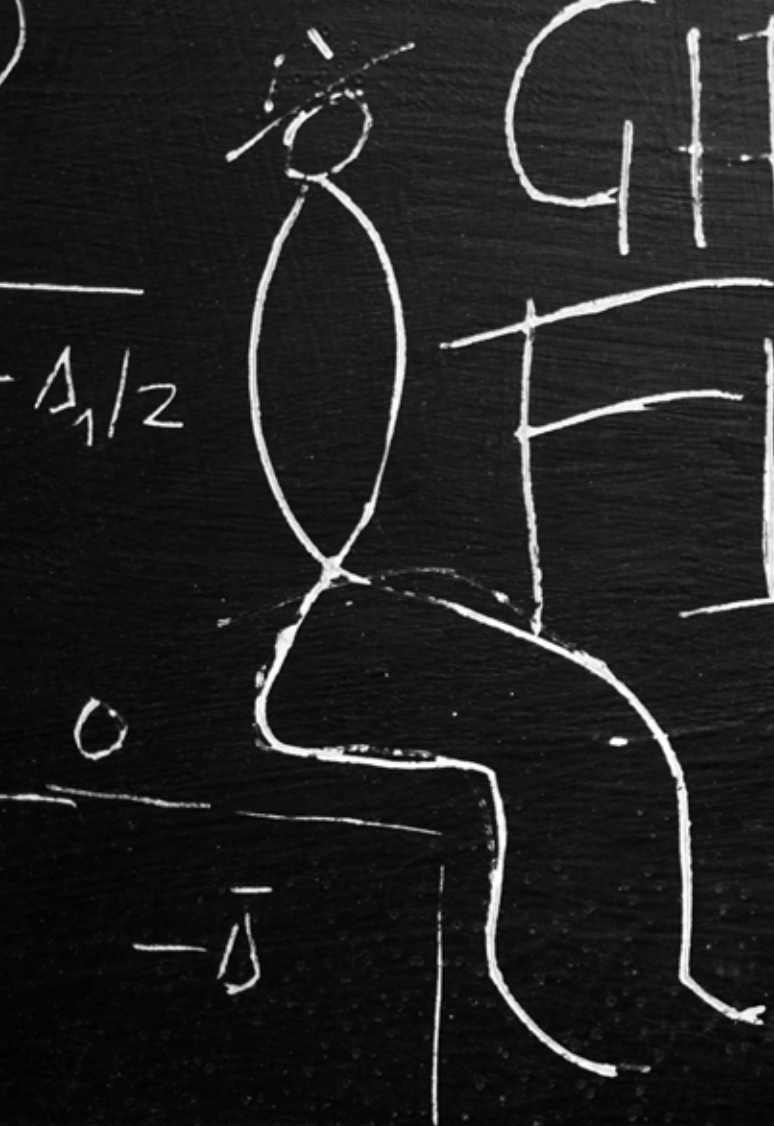
2 color  
contr  
et

$A_1/2$

GIANT  
FLOOJET

engineering in BCS

(BC)



$-A$



$\partial t$   
 broken  
 symmetry  
 state  
 (SL)

$|\phi_k(t)\rangle = |\phi_k(t+\tau)\rangle$

$\sim \begin{pmatrix} u_k \\ v_k \end{pmatrix}$

in

|                  |                   |                       |             |               |
|------------------|-------------------|-----------------------|-------------|---------------|
| $\xi_k - \Omega$ | $-\Delta$         | $\emptyset$           | $-\Delta/2$ | $\times$      |
| $-\Delta$        | $-\xi_k - \Omega$ | $-\frac{\Delta_1}{2}$ | $\emptyset$ | $\times$      |
| $\emptyset$      | $-\Delta/2$       | $\xi_k$               | $-\Delta$   | $\emptyset$   |
|                  |                   |                       |             | $-\Delta_1/2$ |



P79

IL VIDEO



**I PRIMI ESPERIMENTI**  
**THE FIRST EXPERIMENTS**  
*LOS PRIMEROS EXPERIMENTOS*

Dario F. Marletto





$$\Delta(t) = \lambda(t) \sum_k \langle C_{-k} C_k \rangle$$



$$\langle \sigma - \rangle = \sum_k C_{-k} C_k$$

$$\Delta(t) \approx$$

$$\textcircled{1} \Delta H = \Delta(t + \dots) \quad \text{SC}$$

Normal



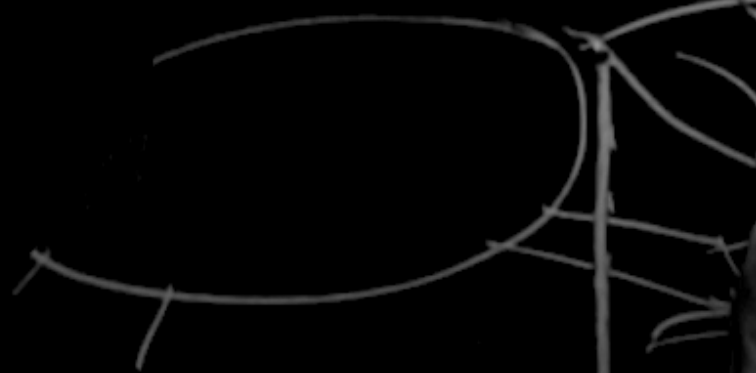
$\textcircled{2}$  long autocorrelation in —

$\rightarrow T$

PH  
SC

Time translational

$T_d$

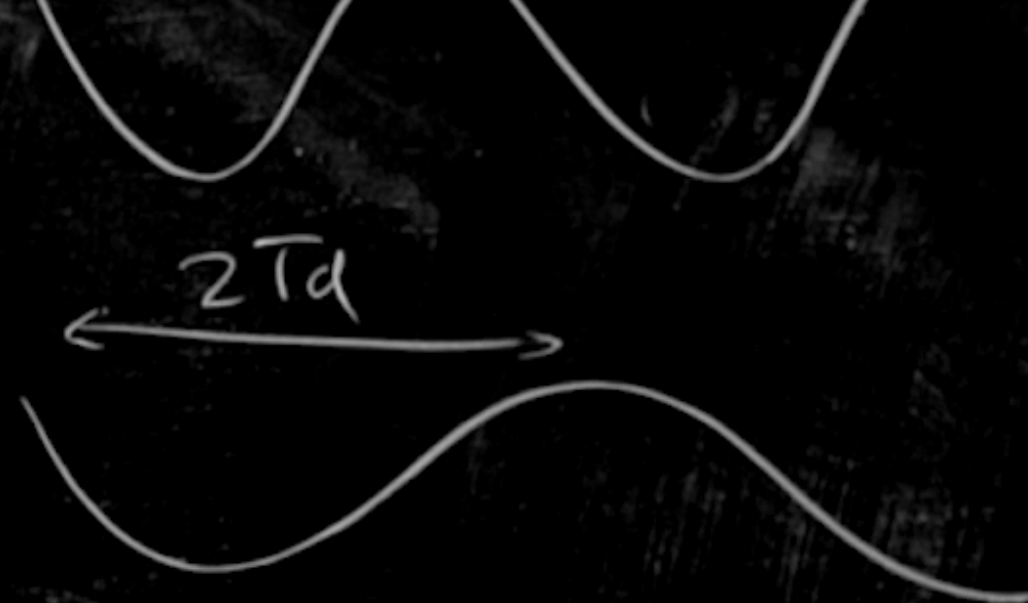


$C_{\text{cor}}$

normal

$\psi(t) = ?$

PHYSICS  
SCALE



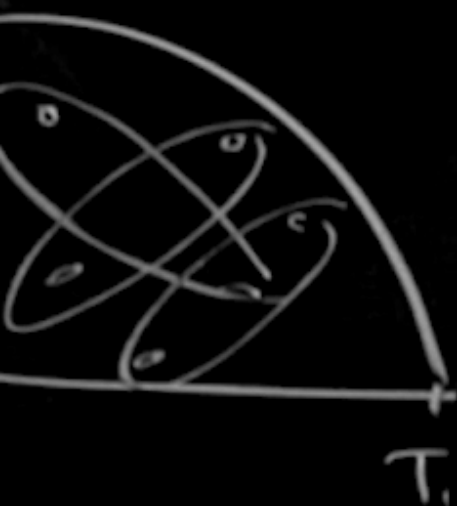
time translational

$$C_{kr} = \sum_k C_{kr}^+ C_{-kr}^- C_{kr}$$

dynamics

$$\Delta(t) = \lambda(t) \sum_k \langle C_{-kr} C_{kr} \rangle =$$

SC



inwat

Normal

$\psi(t) = ?$

PHYSICS  
~~SCALE~~  
IND

$2Td$

time

$\frac{1}{\sum C_{id} C_{k\#}}$

$$\Delta(t) = \lambda(t) \sum_{k \in \dots}$$



4/11?



PHYSIC  
SCALE



time translational sym



Time Cr

①

$\Delta(t) = \Delta$

②

long ant

③

Robustness

dynamics?

$$\Delta(t) = \lambda(t) \sum_k \langle C_{-k}^\dagger C_k \rangle = ?$$

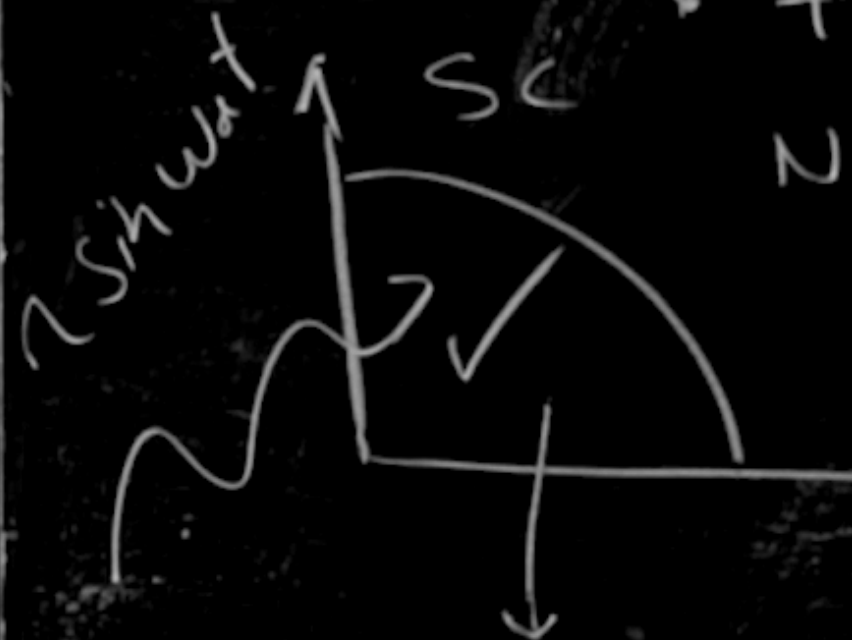
$$-\lambda \sum_k C_{k\uparrow}^\dagger C_{-k\downarrow}^\dagger C_{-k\downarrow} C_{k\uparrow}$$

drive  
change  
response  
symmetry  
Crystal in  
 $= \Delta(t + nT_a)$   
autocorrelation  
stress of TFSB





TIME  
OR  
SLAVE



$$H = \sum \xi_k C_k$$

W.1

ceramic resonators  
 time crystal phase  
 normal

$$\begin{aligned}
 & \sum u_{\alpha} \\
 & C_{\alpha\beta} - \lambda \sum_k C_{\alpha k} + C_{\beta k} \\
 & \Delta(t) = \lambda(t) \sum \\
 & = ?
 \end{aligned}$$

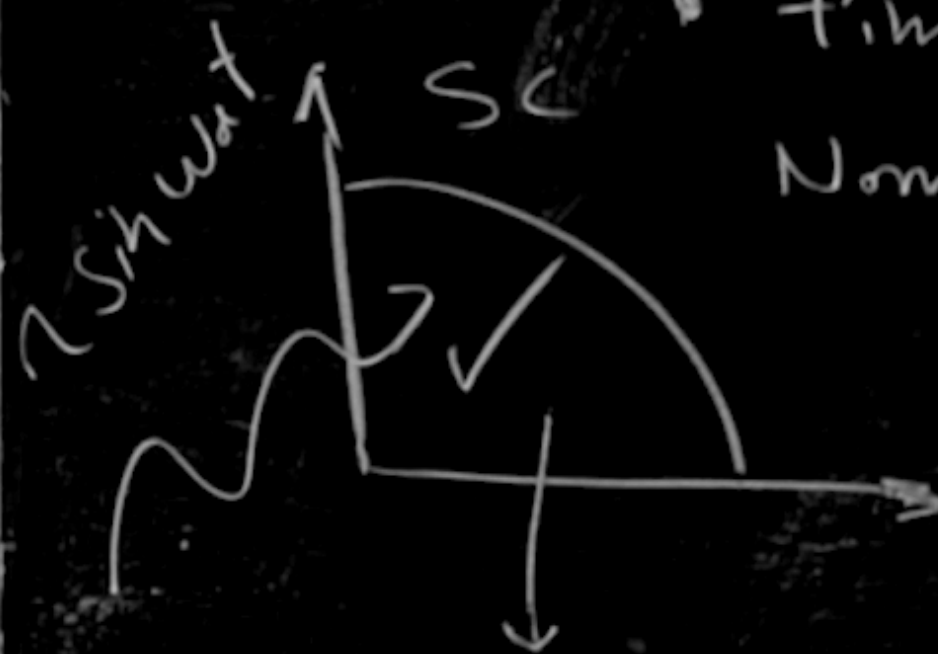


TIME



SLAVE

- Parametric resonance
- time crystal phase



$$H = \sum_k \epsilon_k c_k^\dagger c_k - \lambda \sum_k c_k^\dagger c_{-k}^\dagger$$

$$\Delta(t) = \lambda(t) \sum_k c_k^\dagger c_{-k}^\dagger$$

= ?

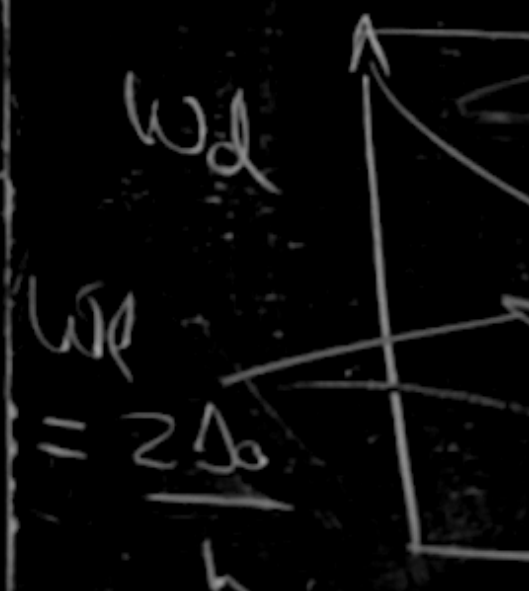
$\omega_k$

① TTSB  $\Delta(t) = N(t) + n(t)$   
 $n \in \mathbb{N}$

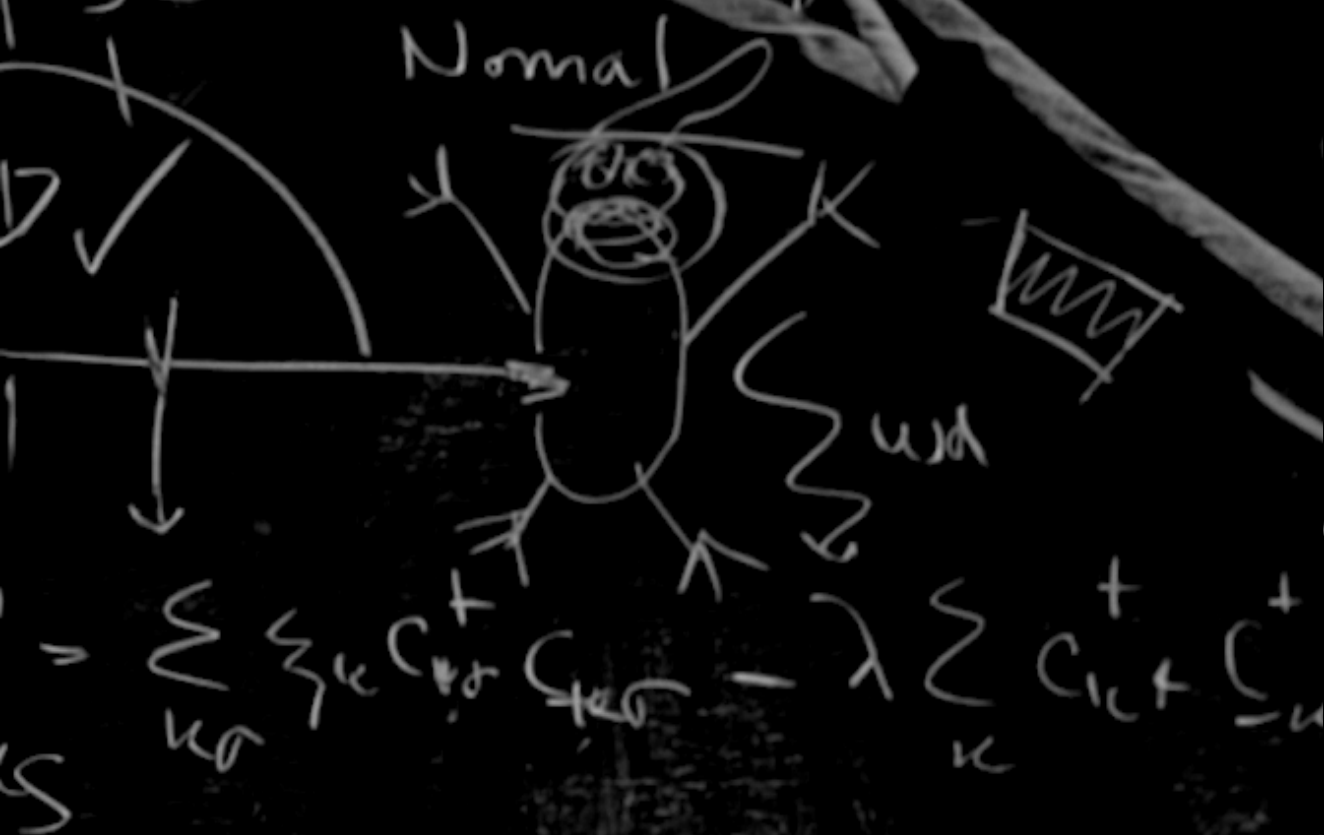
autocorrelation  
~~TIME~~  $\longleftrightarrow$  ~~SPACE~~  
 long v

TIME

metric  
 Resonances  $\leftarrow$



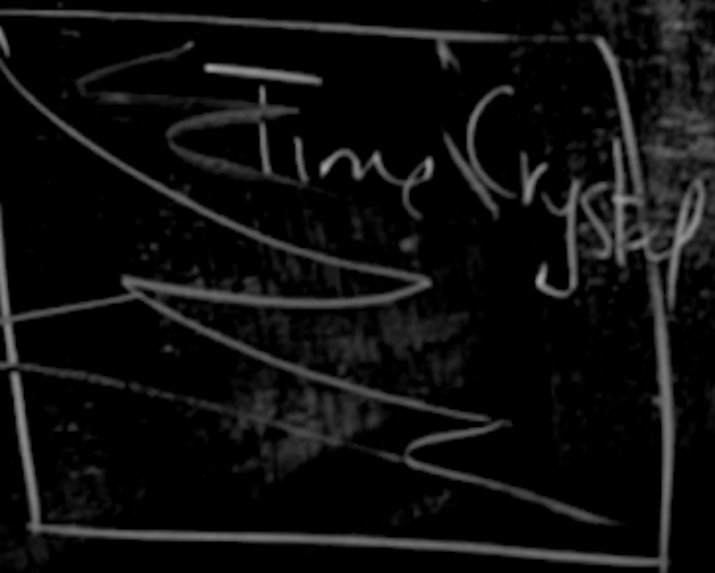
- Parametric Resonance
- Time crystal phase



$$= \sum_{k\sigma} \xi_k C_{k\sigma}^\dagger C_{k\sigma}$$

mic drives

$$\begin{matrix} \xi_k(t) \\ \lambda(t) \end{matrix}$$



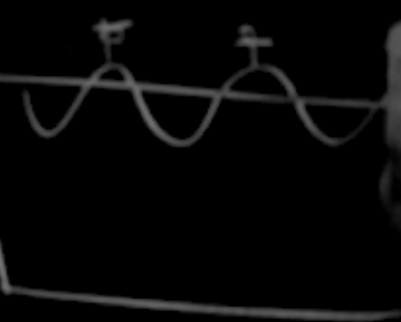
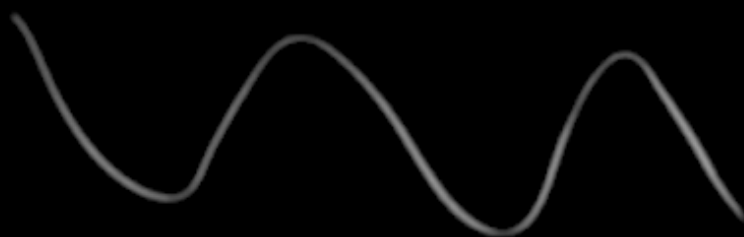
$$\Delta(t) = \lambda(t) \sum_k \Delta(t) = \lambda \sum_k \langle C_{uk} C_{uk} \rangle$$

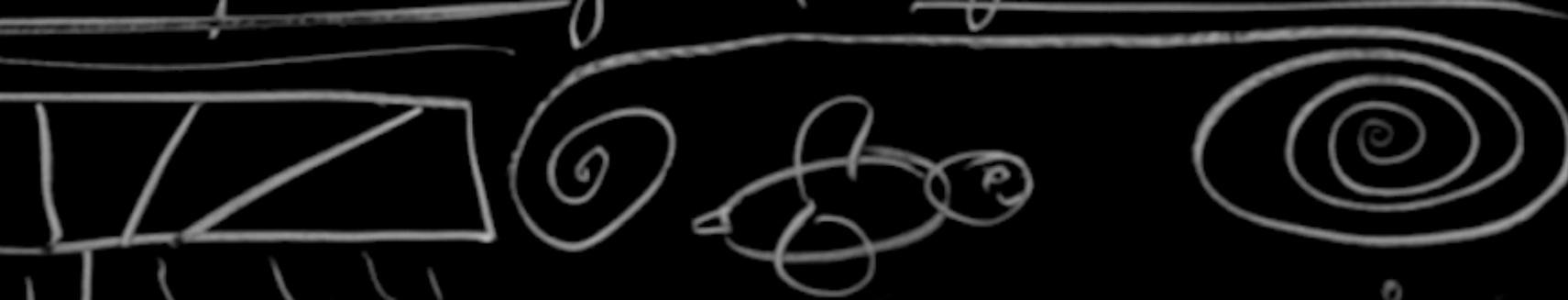


$$\sum_k C_k^+ C_{-k}^+ C_{-k} C_k$$

$$\sim \sin \omega_d t$$

$$T_d = 2\pi/\omega_d$$





$$\sum_{k\sigma} \sum_{\mu} C_{k\sigma}^{\dagger} C_{k\sigma} - \lambda \sum_{\mu} C_{k\sigma}^{\dagger} C_{k\sigma} C_{k\sigma}^{\dagger} C_{k\sigma}$$

New dynamical <sup>phases</sup>  $\lambda = \lambda_0 (1 + \sin \omega t)$

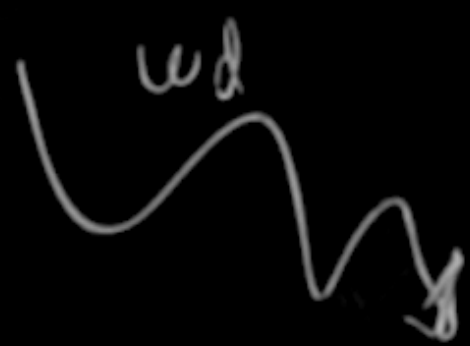
drives energy  $\sum_{\mu} \lambda(t) \sim \sin \omega t$   
 FLOQUET

$$\Delta(t) = \lambda \sum_{\mu} \langle C_{k\mu} C_{k\mu} \rangle$$



GL  
Time crystal

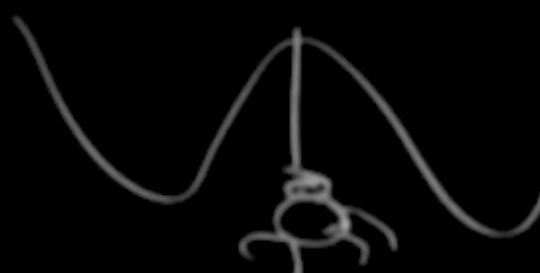
AGAIN?!

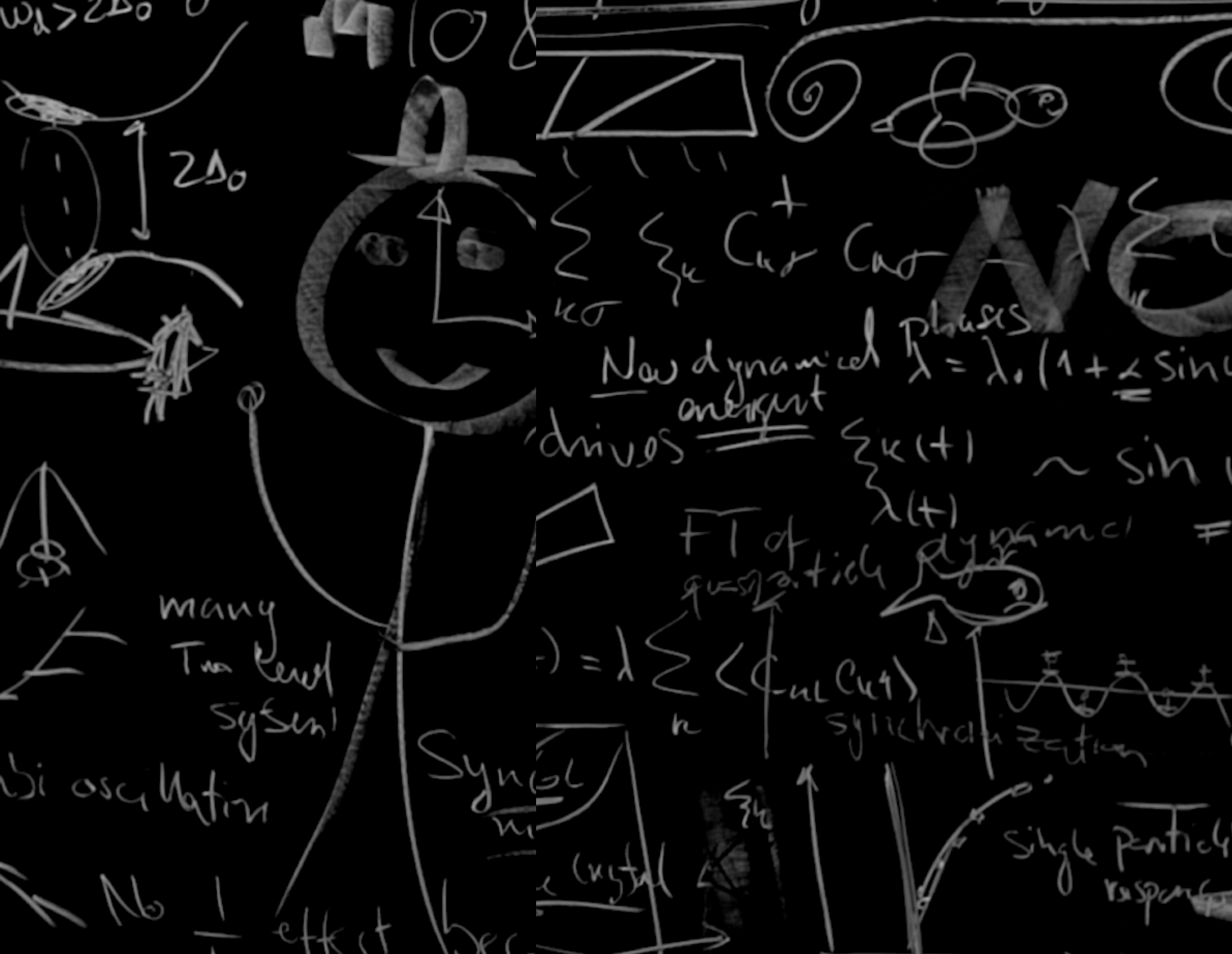


$$C_{k\mu} C_{k\mu}$$



$$T_d = 2\pi / \omega_d$$





$\omega > 2\Delta_0$

$2\Delta_0$

many  
Two level  
systems

Bi oscillation

No  $\frac{1}{2}$  effect

Synchr  
m

crystal

$$\sum_k \{ C_k^\dagger C_k + C_k C_k^\dagger \}$$

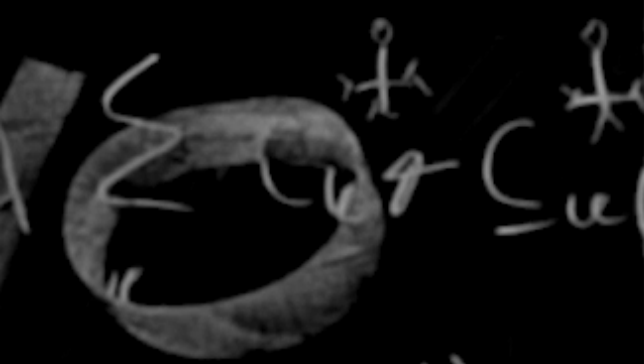
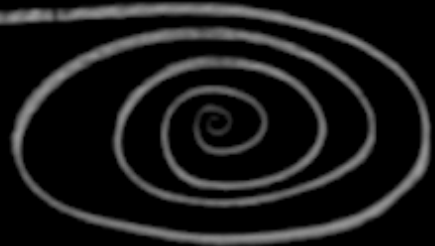
New dynamical phases  
 $\lambda = \lambda_0 / (1 + \dots \sin)$   
drives emergent  $\{ \lambda(t) \} \sim \sin$

FT of  
qu-particle dynamics

$$= \lambda \sum_k \langle C_k C_k^\dagger \rangle$$

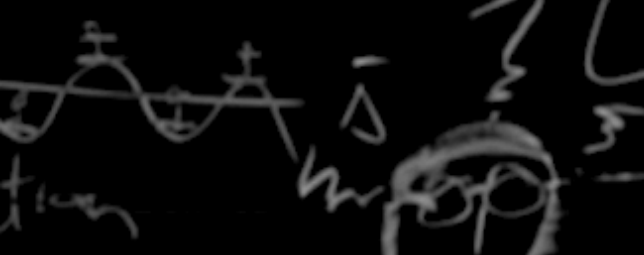
synchronization

single particle  
response



$+ \sin(\omega t)$

$\sin \omega t$   
= FLOQUET



$\omega d$   
 $\omega > 2\pi$   
NADDO?

410 &

**VIEWTE**

$T_d = 2\pi/\omega d$

many  
Two level  
system

Rabi oscillation

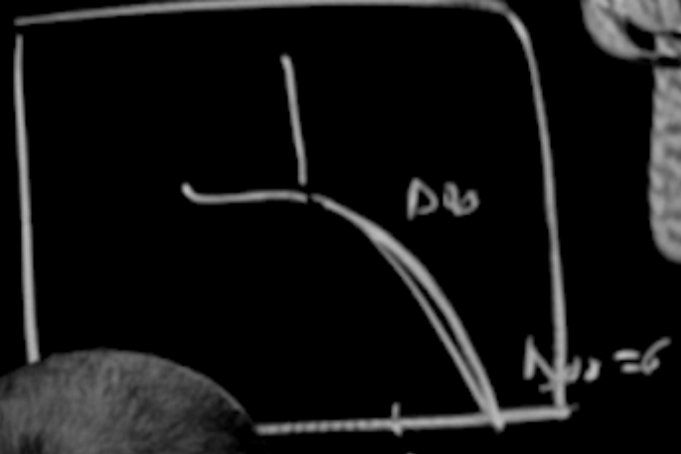
No effect here

Synchro  
miz





$$- \lambda(t) \sum_u C_u^+ C_{u+1}^+ C_{u+2}^+ C_{u+3}^+ \Delta$$



al point?  
?S

1- 0, 2 (5k)  
is < 5k

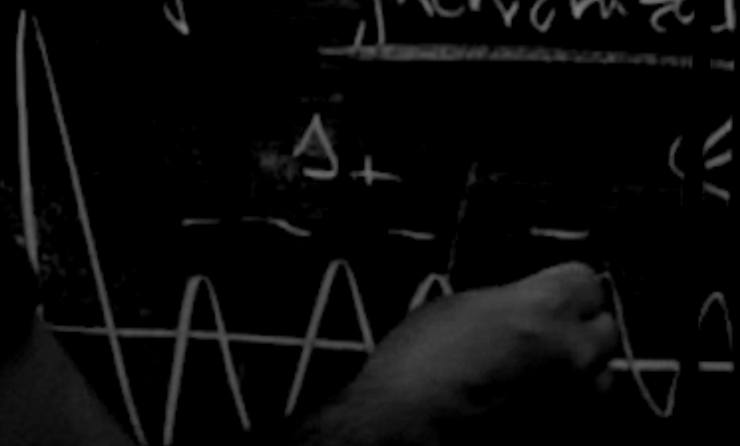
$$- \lambda(t) \sum_u C_{ut}^+ C_{ut}^- C_{ut}^+ C_{ut}^-$$

D



point?  
? S

Persistent  
Oscillation  
Always Synchronized



$-\lambda(t) \sum u$   
 (scribbles)  
 ✓ ✓

$+ C_{ut} + C_{ut} C_{ut}$   
 DOU  
 SUNK

critical point?  
 ?

persistent oscillation  
 Always Synchroni

$(2\Delta(t), 0, 2\delta_k)$





**I PANNELLI**

P105  
DIDATTICI

**MY NAME IS HIGGS. And I'm funky**

# MATEMA(N)TICA

LA SCIENZA SI DIVULGA ANCHE COSÌ

## My name is Higgs

Negli anni '60, **Peter Higgs**, ora Premio Nobel, propose una spiegazione per l'esistenza della massa di alcune particelle elementari. La sua previsione del bosone di Higgs è stata dimostrata sperimentalmente nel Large Hadron Collider nel 2012 generando un rinnovato interesse per la fisica del meccanismo di Higgs in diversi contesti. I sistemi di materia condensata, e in particolare i superconduttori, offrono anche un'ottima piattaforma per esplorare sperimentalmente massicce eccitazioni collettive (analoghi di Higgs) con strumenti relativamente semplici. In questo caso, i bosoni di Higgs sono associati a fluttuazioni nell'accoppiamento degli elettroni che formano lo stato superconduttore. Finora, i risultati sperimentali svelano l'esistenza di un solo modo di Higgs nei superconduttori. Tuttavia, un nuovo studio mostra che è possibile generare altre dinamiche di Higgs ingegnerizzando il reticolo in cui si muovono gli elettroni e il tipo di eccitazioni che agiscono su questi sistemi superconduttori.

En la década de 1960, el ahora Premio Nobel **Peter Higgs** propuso una explicación para la existencia de masa en algunas partículas elementales. Su predicción del bosón de Higgs se demostró experimentalmente en el Gran Colisionador de Hadrones en 2012, generando un renovado interés en la física del mecanismo de Higgs en varios contextos. Los sistemas de materia condensada, y en particular los superconductores, también ofrecen una gran plataforma para explorar experimentalmente excitaciones colectivas masivas (análogos de Higgs) con herramientas relativamente simples. En este caso, los bosones de Higgs están asociados con fluctuaciones en el apareamiento de electrones que forman el estado superconductor. Hasta ahora, los resultados experimentales revelan la existencia de un solo modo de Higgs en los superconductores. Sin embargo, un nuevo estudio muestra que es posible generar otras dinámicas de Higgs cambiando la red en la que se mueven los electrones y el tipo de excitaciones que actúan sobre estos sistemas superconductores.

In the 1960s, now Nobel Prize **Peter Higgs** proposed an explanation for the existence of the mass of some elementary particles. His Higgs boson prediction was experimentally demonstrated at the Large Hadron Collider in 2012 generating renewed interest in the physics of the Higgs mechanism in several contexts. Condensed matter systems, and in particular superconductors, also offer a great platform to experimentally explore massive collective excitations (Higgs analogs) with relatively simple tools. In this case, Higgs bosons are associated with fluctuations in the pairing of electrons forming the superconducting state. So far, experimental results unveil the existence of only one Higgs mode in superconductors. However, a new study shows it is possible to generate other Higgs dynamics by engineering the density of states and the type of excitations acting on these superconducting systems.

# **SUPERCONDUCTIVITY**

# MATEMA(N)TICA

LA SCIENZA SI DIVULGA ANCHE COSÌ

## Superconductivity

La **superconduttività** è uno stato sorprendente della materia in cui la corrente elettrica scorre senza resistenza all'interno di un materiale. Si verifica in alcuni sistemi (chiamati superconduttori) a basse temperature a causa dell'accoppiamento tra gli elettroni. I superconduttori hanno altre proprietà interessanti, come espellere i campi magnetici dal loro interno (effetto Meissner). Grazie a questo possono levitare sopra un magnete. D'altra parte, i fenomeni quantistici in questi materiali sopravvivono per un tempo relativamente lungo (tempo di coerenza) rispetto a quanto avviene in altri materiali. Questa proprietà è infatti uno dei motivi per cui i superconduttori vengono utilizzati nella progettazione di computer quantistici e apre anche la porta all'esplorazione di affascinanti fenomeni fuori equilibrio come oscillazioni sincronizzate e cristalli temporali.

La **superconductividad** es un asombroso estado de la materia en el que la corriente eléctrica fluye sin resistencia dentro de un material. Ocurre en ciertos sistemas (llamados superconductores) a bajas temperaturas debido al apareamiento entre electrones. Los superconductores tienen otras propiedades interesantes, como el hecho de que no permiten que un campo magnético penetre en su interior (efecto Meissner). Gracias a esto pueden levitar encima de un imán. Por otro lado, los fenómenos cuánticos en estos materiales sobreviven durante un tiempo relativamente largo (tiempo de coherencia) en comparación con lo que ocurre en otros materiales. Esta propiedad es, de hecho, una de las razones por las cuales los superconductores se utilizan en el diseño de computadoras cuánticas y abre también las puertas a la exploración de fenómenos fascinantes fuera de equilibrio, como oscilaciones sincronizadas y cristales de tiempo.

**Superconductivity** is an amazing state of matter in which electric current flows without resistance within a material. It occurs in certain systems (called superconductors) at low temperatures due to the pairing between electrons. Superconductors have other interesting properties, as the fact that they do not allow a magnetic field to penetrate inside (Meissner effect). Thanks to this, they have the ability to levitate on top of a magnet. Furthermore, because quantum phenomena in these materials survives for a relatively long time (coherence time) compared to what occurs in other materials. This property is in fact one of the reasons why superconductors are used in the design of quantum computers and also opens the door to exploring fascinating out-of-equilibrium phenomena such as synchronized oscillations and time crystals.

# **SYNCHRONIZATION**

# MATEMA(N)TICA

LA SCIENZA SI DIVULGA ANCHE COSÌ

## Synchronization

La **sincronizzazione** è ovunque in natura. Se battiamo le mani insieme in un teatro, dopo un po' i nostri battimani si sincronizzano tra loro. Le lucciole con la loro luce e le cicale con il loro suono si sincronizzano nella foresta e anche il nostro cuore funziona grazie alla sincronizzazione di molte cellule nel suo interno. Un ingrediente chiave per sincronizzare molti oscillatori è l'interazione tra loro. I superconduttori convenzionali possono essere descritti come molti oscillatori che interagiscono tra loro. Quando questi superconduttori sono eccitati da impulsi periodici si verificano nel sistema alcuni fenomeni di sincronizzazione che danno origine a interessanti modi collettivi. Alcuni esempi includono le fluttuazioni di carica collettive (Rabi-Higgs) e le modulazioni sincrone dell'accoppiamento di elettroni che formano lo stato superconduttore (modo di Higgs sincronizzato).

La **sincronización** está en todas partes en la naturaleza. Si aplaudimos en un teatro, después de un tiempo, nuestros aplausos se sincronizan entre sí. Las luciérnagas con su luz y las cigarras con su canto se sincronizan en el bosque, e incluso nuestro corazón funciona gracias a la sincronización de muchas células en su interior. Un ingrediente clave para sincronizar muchos osciladores es la interacción entre ellos. Los superconductores convencionales se pueden describir como muchos osciladores que interactúan entre sí. Cuando estos superconductores son excitados por impulsos periódicos se producen algunos fenómenos de sincronización en el sistema, dando lugar a interesantes modos colectivos. Algunos ejemplos incluyen fluctuaciones de carga colectiva (Rabi-Higgs) y modulaciones sincrónicas del apareamiento de electrones que forman el estado superconductor (modo de Higgs sincronizado).

**Synchronization** is everywhere in nature. If we clap our hands together in a theater, after a while, our claps synchronize with each other. Fireflies with their light and cicadas with their sound synchronize in the forest, and even our heart works thanks to the synchronization of many cells inside. A key ingredient to synchronizing many oscillators is the interaction between them. Conventional superconductors can be described as many oscillators which interact with each other. When these superconductors are excited by periodic impulses, some synchronization phenomena take place in the system, giving rise to interesting collective modes. Some examples include collective charge fluctuations (Rabi-Higgs) and synchronous modulations of the electron pairing forming the superconducting state (Synchronized Higgs mode).

# TIME CRYSTALS

# MATEMA(N)TICA

LA SCIENZA SI DIVULGA ANCHE COSÌ

## Time crystals

I cristalli o i solidi cristallini sono strutture periodiche di atomi, ioni o molecole nello spazio. La loro sola presenza rompe la continua simmetria dello spazio (in uno spazio vuoto tutte le posizioni sono equivalenti, ma in un cristallo gli atomi occupano posizioni ben definite). Allo stesso modo in cui i cristalli rompono la continua simmetria dello spazio, i **cristalli di tempo** rompono la continua simmetria del tempo. Questa idea è stata elaborata per la prima volta dal Premio Nobel Frank Wilczek nel 2012 e ampiamente studiata negli ultimi anni. Sviluppi successivi indicano che questo tipo di fenomeno si verifica solo fuori equilibrio quando il sistema è soggetto a perturbazioni periodiche nel tempo. Quello che succede è che il sistema non risponde con la frequenza del disturbo, ma con un'altra frequenza autogenerata. In qualche modo, i cristalli del tempo danzano a un ritmo diverso rispetto alla musica che sentono. Recentemente, è stato dimostrato che questo fenomeno anomalo dei cristalli di tempo appare nei superconduttori convenzionali azionati periodicamente.

Los cristales o sólidos cristalinos son estructuras periódicas de átomos, iones o moléculas en el espacio. Su sola presencia rompe la simetría continua del espacio (en un espacio vacío todas las posiciones son equivalentes, pero en un cristal los átomos ocupan posiciones bien definidas). De la misma manera que los cristales rompen la simetría continua del espacio, los **cristales del tiempo** rompen la simetría continua del tiempo. Esta idea fue elaborada por primera vez por el premio Nobel Frank Wilczek en 2012 y estudiada extensamente en los últimos años. Desarrollos posteriores indican que este tipo de fenómeno ocurre solo fuera del equilibrio cuando el sistema está sujeto a perturbaciones periódicas en el tiempo. Lo que sucede es que el sistema no responde con la frecuencia de la perturbación, sino con otra frecuencia autogenerada. De alguna manera, los cristales de tiempo bailan a un ritmo diferente al de la música que escuchan. Recientemente, se ha demostrado que este fenómeno exótico de cristales de tiempo aparece en superconductores convencionales excitados periódicamente.

Crystals or crystalline solids are periodic structures of atoms, ions, or molecules in space. Its mere presence breaks the continuous symmetry of space (in an empty space all positions are equivalent, but in a crystal, the atoms occupy well-defined positions). In the same way that crystals break the continuous symmetry of space, **time crystals** break the continuous symmetry of time. This idea was first elaborated by Nobel Laureate Frank Wilczek in 2012 and extensively studied in recent years. Later developments indicate that this type of phenomenon occurs only out of equilibrium when the system is subject to periodic perturbations in time. What happens is that the system does not respond with the frequency of the disturbance, but with another self-generated frequency. Somehow, the time crystals dance to a different beat than the music they hear. Recently, it has been shown that this exotic phenomenon of time crystals appears in conventional periodically driven superconductors.

# GIANT FLOQUET

# MATEMA(N)TICA

LA SCIENZA SI DIVULGA ANCHE COSÌ

## Giant Floquet

Alcuni impulsi periodici ci consentono di manipolare un sistema fisico inducendo nuovi comportamenti senza controparti in condizioni di equilibrio. Un classico esempio è la stabilizzazione mediante modulazioni periodiche di un pendolo rivolto verso l'alto a dispetto della gravità (noto come pendolo di Kapitza). Anche in sistemi più complessi (come i sistemi elettronici), è possibile indurre nuove proprietà sintonizzando la frequenza, le ampiezze e la forma degli impulsi elettromagnetici agenti sul sistema. In molti casi, questi fenomeni possono essere descritti utilizzando tecniche matematiche sviluppate dal matematico **Achille Marie Gaston Floquet** nel XIX secolo e conosciute oggi come ingegneria alla Floquet. Il teorema matematico (teorema di Floquet) che supporta le sue idee è analogo al teorema di Bloch usato per descrivere il comportamento degli elettroni in un cristallo, e quindi il teorema di Floquet è talvolta indicato come il teorema di Bloch-Floquet. Questa teoria di Floquet è utile per caratterizzare fasi non convenzionali come il cristallo temporale che appare nei superconduttori azionati periodicamente.

Ciertas perturbaciones periódicas nos permiten manipular un sistema físico induciendo nuevos comportamientos sin análogos en condiciones de equilibrio. Un ejemplo clásico es la estabilización, mediante modulaciones periódicas, de un péndulo que apunta hacia arriba desafiando la gravedad (conocido como péndulo de Kapitza). También en sistemas más complejos (sistemas electrónicos, por ejemplo), es posible inducir nuevas propiedades ajustando la frecuencia, las amplitudes y la forma de los pulsos electromagnéticos que actúan sobre el sistema. En muchos casos, estos fenómenos se pueden describir utilizando técnicas matemáticas desarrolladas por el matemático **Achille Marie Gaston Floquet** en el siglo XIX y conocidas hoy como ingeniería de Floquet. El teorema matemático (teorema de Floquet) que respalda sus ideas es análogo al teorema de Bloch utilizado para describir el comportamiento de los electrones en un cristal, por lo que el teorema de Floquet a veces se denomina teorema de Bloch-Floquet. Esta teoría de Floquet es útil para caracterizar fases exóticas como el cristal de tiempo que aparece en superconductores excitados periódicamente.

Certain periodic drives allow us to manipulate a physical system inducing new behaviors without counterparts in equilibrium conditions. A classic example is stabilization by periodic modulations of a pendulum pointing upwards in defiance of gravity (known as a Kapitza pendulum). Also in more complex systems (such as electronic systems), it is possible to induce new properties by tuning the frequency, amplitudes and shape of electromagnetic pulses acting on the system. In many cases, these phenomena can be described using mathematical techniques developed by mathematician **Achille Marie Gaston Floquet** in the 19th century and known today as Floquet engineering. The mathematical theorem (Floquet's theorem) that supports his ideas is analogous to Bloch's theorem used to describe the behavior of electrons in a crystal, and so Floquet's theorem is sometimes referred to as the Bloch-Floquet theorem. This Floquet theory is useful for characterizing exotic phases such as the time crystal that appear in periodically driven superconductors.

MATEMA(N)TICA

P117

LA GRAFICA DEI

# MOMENTUM NORMOID

Alejandro Fernandez Vales

(N)



Adentrarse en el espectro **NORMOID** es una aventura multidisciplinar. Trabajar con **HERMAN** involucra poner en juego todos los sentidos. La demanda puede comenzar por situaciones vinculadas a la gráfica, pero la experiencia desborda las fronteras de lo visual. Es un desafío de proporciones oceánicas.

**MATEMA(N)TICA** constituyó un proyecto de génesis tipográfica. Independientemente de cualquier argumentación estética, la propuesta debía concluir en una absoluta legibilidad. El paño pizarra negro como soporte y las mayúsculas organizadas de manera de generar tensión en los límites del espacio, insistiendo en reproducir el dilema semántico desatado entre fórmulas, fonemas, símbolos y representaciones gráficas sencillas. El vector como exponente de ideas y magnitudes, como estructura proyectual, como elemento fundacional e ineludible.

¿Cuánto más hablar de algo concebido para mirarse?

Lo que sigue es una construcción simbólica del **MOMENTUM NORMOID**. Del amasijo de letras a la descompresión imperfecta y la visualización de cada una de ellas. Traslación, aceleración angular y freno.

**1**



2



3



4



# MATEMA(N)TICA



Avete mai sentito parlare di cristalli di tempo, della superconduttività o di sincronizzazione? Argomenti di fisica della materia che riguardano fenomeni che ci interesseranno sempre di più negli ultimi anni ma nonostante questo, spesso ignoriamo. Come si può avvicinare questi argomenti che sembrano inarrivabili al "grande pubblico"? Il fisico e ricercatore del CNR Héctor Ojeda e Herman Normoid, artista definito da Philippe Daverio "assai curioso" hanno scelto di farlo con la mostra MATEMA(N)TICA.

*¿Has oído hablar alguna vez de los cristales del tiempo, la superconductividad o la sincronización? Temas de la física de la materia que conciernen a fenómenos que nos interesarán cada vez más en los últimos años pero que, a pesar de ello, muchas veces ignoramos. ¿Cómo abordar estos temas que parecen inalcanzables para el "público en general"? El físico e investigador del CNR Héctor Ojeda y Herman Normoid, un artista definido por Philippe Daverio como "muy curioso", han elegido hacerlo con la exposición MATEMA(N)TICA.*

Have you ever heard of time crystals, superconductivity or synchronization? Topics in the physics of matter that concern phenomena that will interest us more and more in recent years but despite this, we often ignore. How can we approach these topics that seem unattainable to the "general public"? The physicist and CNR researcher Héctor Ojeda and Herman Normoid, an artist defined by Philippe Daverio as "very curious" have chosen to do so with the MATEMA(N)TICA exhibition.

MATEMA(N)TICA.HERMAN.NORMOID&HECTOR.OJEDA



€75.00