35

Structural Interpretation of Black Holes Based on Time-Independent Phase Equilibrium and Multiplicative-Invariant Geometry
- 6π Phase Closure and Condensed Eigenstates

Abstract

This study reinterprets black holes not as infinitely collapsing physical singularities, but as finite supercondensed bodies governed by complex mass–energy conservation and multiplicative-invariant geometry. The Universe preserves intrinsic mass–energy while expressing structural richness through the phase radius and phase gradient of phase space. Their fundamental multiplicative-invariant relation is $\kappa_n \cdot r_n = \chi_n$, with the corresponding mass structure expressed as $M \propto \int |\nabla\Phi|^3 \, dV$. Consequently, mass conservation is physically maintained as an independent conserved quantity via the complementary structure of the phase radius (r_n) and phase gradient (κ_n). Conversely, phase space dynamically adjusts its radius, area, and volume according to its local energy density, giving rise to the diverse physical phenomena of the observable universe with high topological freedom.

Within the proposed black hole architecture, the internal phase radius, phase gap, and tangential phase freedoms converge to zero, whereas the physical condensate norm remains strictly finite. The inner core is therefore not a point of infinite density, but a finite, non-rotational, isotropic supercondensate whose internal phase degrees of freedom are fully closed. The observed spin and axial signatures of a black hole originate not from mechanical rotation of this inner core, but from angular momentum and topological degrees of freedom stored within a surrounding multilayer topological envelope. As a result, black holes, white dwarfs, and neutron stars are unified as distinct condensed eigenstates of the same complex mass–energy conservation structure. Beyond physics, this ontological framework provides a unified conceptual foundation linking essence and phenomena across human cognition, social sciences, and the humanities.

- **Keywords:** Complex Quaternion, Time-Independent Phase Equilibrium, Multiplicative Invariance, 1080° Phase Closure, Supercondensate, Essence and Phenomena

Main Body Framework

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

1. Introduction

- **1.1 Singularities in Modern Physics and Epistemological Inefficiencies**
  - Critical evaluation of the physical limitations imposed by infinite-density singularities in General Relativity and the quantum information loss paradox.
  - Critique of structural fragmentation resulting from background-dependent spatiotemporal models and isolated particle paradigms.
- **1.2 Priori Nature of Time-Independent Phase Equilibrium**
  - Establishing physical existence not through time-dependent kinematics, but as stationary geometric solutions of a global phase field that minimize total phase mismatch.

2. Fundamental Axioms and Multiplicative Invariance

- **2.1 Variational Principle of Phase Equilibrium**
  - The fundamental variational axiom governing physical existence:

    $$\delta \left[\Sigma_{i,j} K_{ij} (\Phi_i - \Phi_j)^2 \right] = 0$$

    (where K_{ij} denotes the phase coupling coefficient and Φ_i is the local phase)

  - Explicit formulation of the selection mechanism for spatial geometry that minimizes phase mismatch without invoking a time parameter.
- **2.2 Mass Conservation and Complementary Phase Space Deformation**
  - Fundamental multiplicative-invariant relation:

    $$\kappa_n \cdot r_n = \chi_n$$

  - Integral formulation of mass structure:

    $$M \propto \int |\nabla\Phi|^3 \, dV$$

  - **Core Proposition:** Mass conservation is physically maintained as an independent conserved quantity through the complementary relation between phase radius (r_n) and phase gradient (κ_n). Meanwhile, phase space dynamically varies its radius, surface area, and volume in accordance with local energy density, thereby manifesting the rich diversity of the physical world.

3. Spin as Phase Closure and the 1080° Condensed Geometry

- **3.1 Geometric Reinterpretation of Rotation**
  - Reinterpreting rotation not as time-dependent mechanical motion, but as a topological winding number where the phase field achieves complete self-alignment.

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

- **3.2 Standard Mass (720°) vs. Black Hole Condensed State (1080°)**
  - **Standard Mass Body ($\Theta_{mass} = 720° = 4\pi$):** Double phase-locking spinor structure (N = 2).
  - **Black Hole Condensate ($\Theta_{BH} = 1080° = 6\pi$):** Triple phase-locking structure achieving complete closure across all three orthogonal axes (i, j, k) (N = 3).
- **3.3 Scaling Laws of Phase Condensation**
  - Condensation scale transformation preserving the multiplicative-invariant condition:
    - $\mathbf{r_{BH} = (1 / \sqrt{3}) \cdot r_{mass}}$
    - $\mathbf{\kappa_{BH} = \sqrt{3} \cdot \kappa_{mass}}$

4. Core–Envelope Geometric Architecture

- **4.1 Finite Isotropic Supercondensed Inner Core**
  - Complete phase closure as internal phase radius, phase gap, and tangential phase degrees of freedom converge to zero.
  - Formation of a non-rotating, high-density supercondensate of finite physical norm that entirely eliminates the physical singularity.
- **4.2 Multilayer Rotational Topological Envelope**
  - Attributing observable black hole phenomena (spin, ergosphere, and frame-dragging) not to inner core rotation, but to topological angular momentum stored in the surrounding envelope.
- **4.3 Three-Tiered Structural Mapping**
  - **Finite Real-Norm Inner Core → Multilayer Rotational Topological Envelope → External Gravitational Phase Field**

5. Epistemological Unification and Astrophysical Eigenstates

- **5.1 Unification of Astrophysical Condensed States**
  - Gravity as the macroscopic expression of spatial phase compression and condensate density.
  - Reinterpretation of white dwarfs, neutron stars, and black holes as continuous condensed eigenstates of a single complex mass–energy conservation framework.
- **5.2 Ontological Integration of Physics, Humanities, and Social Sciences**
  - **Essence:** Intrinsic mass–energy preserved as an independent conserved quantity.
  - **Phenomena:** Flexible phase-space geometric structures that dynamically deform to express this invariant essence.
  - Establishing a universal ontological foundation uniting natural physical laws with structures of human thought and social dynamics.

6. Conclusion

This study establishes black holes not as infinitely collapsing singularities, but as finite supercondensed bodies governed by complex mass–energy conservation and the

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

multiplicative-invariant relation $\kappa_n \cdot r_n = \chi_n$. A black hole comprises a phase-closed inner core and a surrounding multilayer rotational topological envelope, achieving time-independent phase equilibrium at 1080° phase closure without encountering physical singularities. Under this framework, intrinsic mass is conserved as an independent quantity, whereas phase space dynamically adjusts its spatial volume and geometry according to local energy density to express the observable universe.
Consequently, the Universe is revealed as a multiplicative-invariant geometric space composed of complex quaternionic spherical oscillators—providing a complete physical and epistemological foundation uniting essence and phenomena.

Supplementary 1

Self-Locked Frozen Core Theorem

1. Statement of the Theorem

Let H_C be an 8-dimensional complex quaternionic space embedded within a 3-dimensional spatial manifold ($d = 3$). Under time-independent phase equilibrium, as the topological phase winding number reaches $N = d = 3$ (1080° triple phase closure), the residual unconstrained tangential phase freedom $D_{tangential} = d - N$ converges identically to zero ($D_{tangential} = 0$). Consequently, the inner core undergoes an intrinsic self-locking transition into a stationary, non-rotational, isotropic supercondensate characterized by zero internal tangential phase gradient ($\|\nabla_{tangential} \Phi\| = 0$) and a strictly finite physical condensate norm.

2. Axiomatic Foundations and Definitions

The proof of the theorem relies on the following axiomatic framework within Complex Oscillator Dynamics (COD):

- **Axiom 1 (Spatial Dimensionality Axiom):**

  The maximum number of linearly independent orthogonal basis vectors in the physical tangent space is bounded by the spatial dimension d:

  $\dim(\text{Tangent Space}) = d = 3$

- **Definition 1 (Phase Winding Order N):**

  The phase winding number $N \in \{1, 2, 3\}$ represents the integer count of independent orthogonal phase axes (i, j, k) along which the complex oscillator field satisfies global phase closure ($2\pi N$ continuous alignment).

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

- **Definition 2 (Residual Tangential Phase Freedom D_tangential):**

  D_tangential is defined as the dimension of unconstrained tangential phase degrees of freedom available for spatiotemporal wave propagation, mechanical rotation, or external field interaction.

3. Mathematical Derivation and Proof

Step 1: Orthogonal Decomposition of Phase Degrees of Freedom

By the dimension theorem for vector spaces, the total spatial dimension d is decomposed into the direct sum of constrained phase dimensions N and unconstrained residual phase dimensions D_tangential:

Total Tangential Dimension (d) = Constrained Phase Dimension (N) + Residual Freedom (D_tangential)

$$d = N + D_{tangential}$$

Solving for D_tangential yields the **Degree of Freedom Reduction Formula**:

$$D_{tangential} = d - N$$

Step 2: Evaluation at d = 3 for N = 2 and N = 3

1. **Standard Mass Eigenstate (N = 2, 720° Phase Closure):**

   $$D_{tangential}(N=2) = 3 - 2 = 1$$

   - **Physical Consequence:** A single unconstrained tangential degree of freedom (D_tangential = 1) persists, allowing standard matter to undergo physical rotation, wave dispersion, and dynamic phase exchange with the surrounding universe.
2. **Supercondensate Core Eigenstate (N = 3, 1080° Phase Closure):**

   $$D_{tangential}(N=3) = 3 - 3 = 0$$

   - **Physical Consequence:** All available tangential phase degrees of freedom in the 3D spatial manifold are fully locked (D_tangential = 0).

Step 3: Extinction of Internal Tangential Phase Gradient

Under the N = 3 triple phase closure symmetry, the spatial gradient operator $\nabla_{tangential}$ acting on the phase field Φ yields:

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

$||\nabla tangential\ \Phi||(N=3) \propto \sin(3\pi / 3) = \sin(\pi) = 0$

Because D_tangential = 0 and ||∇_tangential Φ|| = 0, there exist no internal phase differences ($\Delta\Phi = 0$) capable of sustaining angular velocity or internal shear stress within the core.

Step 4: Impossibility of N ≥ 4 Over-Saturation

For N = 4 (1440° phase closure):

D_tangential(N=4) = 3 - 4 = -1

A negative phase degree of freedom violates the orthogonality axiom of complex quaternionic algebra H, inducing catastrophic destructive phase interference. The effective centrifugal phase barrier potential $V_{eff} \propto N^2 / r^2$ causes the action functional A to diverge ($A_{(N=4)} \gg A_{(N=3)}$).

By the variational principle $\delta A = 0$, the system cannot condense into N ≥ 4 states and is permanently pinned at the global action minimum of **N = 3**. ■

4. Summary of Physical Eigenstates

- **Standard Mass Body:**

  Winding Number N = 2 | Closure Angle Θ = 720° (4π) | Residual Freedom D_tangential = 1 | Core Phase Gradient ||∇Φ|| > 0 | Physical Status: Dynamic / Interactive

- **Black Hole Inner Core:**

  Winding Number N = 3 | Closure Angle Θ = 1080° (6π) | Residual Freedom D_tangential = 0 | Core Phase Gradient ||∇Φ|| = 0 | Physical Status: Self-Locked Frozen Core

- **Higher Condensates:**

  Winding Number N ≥ 4 | Closure Angle Θ ≥ 1440° (≥8π) | Residual Freedom D_tangential < 0 | Core Phase Gradient: Undetermined | Physical Status: Dimensionally Forbidden

  Within the proposed COD framework, only three independent spatial phase-rotation axes participate in physical condensation. Consequently, no additional mutually independent tangential phase degree of freedom remains beyond N = 3.

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

Reference

Author(s)	Document Title	Year
Roger Penrose	*Gravitational Collapse and Space-Time Singularities*	1965
Stephen W. Hawking & George F. R. Ellis	*The Large Scale Structure of Space-Time*	1973
Roy P. Kerr	*Gravitational Field of a Spinning Mass as an Example of Algebraically Special Metrics*	1963
Roger Penrose	*Spinors and Space-Time, Vols. I & II*	1984–1986
William R. Hamilton	*Elements of Quaternions*	1866
Paul A. M. Dirac	*The Principles of Quantum Mechanics*	1930
Michael Atiyah	*Geometry of Yang–Mills Fields*	1979
Maximo Banados, Claudio Teitelboim & Jorge Zanelli	*Geometry of the 2+1 Black Hole*	1992 (arXiv)
Edward Witten	*Light Rays, Singularities, and All That*	2020 (Wikipedia)
Roy P. Kerr	*Do Black Holes have Singularities?*	2023 (arXiv)

Self-reference

Since this paper introduces the COD framework, it is also appropriate to cite your own foundational work if it is available on Zenodo.

Author	Document Title	Year
Jason Kuhyun Ryoo	*Complex Oscillator Dynamics (COD): Complex Quaternionic Spherical Oscillator Ontology*	2026
Jason Kuhyun Ryoo	*The Multiplicative-Invariant Phase Algebra and the Structural Proof of the Riemann Critical Line*	2026
Jason Kuhyun Ryoo	*Structural Interpretation of Black Holes Based on Time-Independent Phase Equilibrium and Multiplicative-Invariant Geometry*	2026

This combination keeps the bibliography focused on the established literature that frames the problem (Penrose, Hawking, Kerr, Hamilton, Dirac, etc.) while clearly identifying the COD papers as the original source of the proposed framework.

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

Author's Concluding Vision

The framework proposed in this study is not intended merely as a theoretical construct for explaining black holes or isolated physical phenomena. Rather, it represents an attempt to reinterpret existence, nature, humanity, and technology within a single self-consistent ontological principle.

For centuries, human knowledge has largely interpreted nature through fragmented objects and external forces. This perspective has driven remarkable scientific and industrial progress, yet it has also encouraged an ever-growing fragmentation of knowledge, often obscuring the intrinsic order and autonomous self-organizing principles inherent in nature.

Within the COD framework, existence is not a passive object responding to external commands. Every entity is understood as an **autonomous oscillator** that continuously organizes itself through complex energy and phase dynamics, recursively reducing phase mismatch while restoring self-consistency with the global phase field.

Human beings are not exceptions to this universal order. They are ontological subjects capable of self-awareness, judgment, and the active regulation of the relationship between their internal phase structure and the surrounding universe. As humanity rediscovers this intrinsic structure, it may move beyond the role of a passive object shaped by external systems and recover its nature as an autonomous and self-sustaining existence.

This ontological transition also suggests a new direction for engineering. Whereas conventional engineering has primarily relied on applying external forces, collisions, heating, and rigid synchronization along the time axis, phase-based engineering seeks to guide systems toward stable equilibrium through the precise regulation of oscillation, resonance, coupling, and phase relationships.

Accordingly, extending these principles to **phase-based energy systems** may open new possibilities for fundamentally improving efficiency in energy generation and transmission, semiconductor manufacturing, advanced materials, communications, mobility, robotics, and autonomous systems by reducing unnecessary losses and phase mismatches.

If the framework proposed in this work is established through rigorous mathematical development, physical consistency, and experimental validation, it may contribute to restoring a more self-consistent understanding of nature after centuries of increasingly fragmented perspectives. It may also provide a foundation for recognizing humanity not as a dominator or consumer of nature, but as an autonomous participant within nature's own self-organizing order.

Human beings are, by their very nature, autonomous oscillators and ontological subjects within a self-consistent phase order. The next stage of civilization will not be defined by greater domination over nature, but by a deeper understanding of its phase

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

order and by the creation of scientific, engineering, and social systems that harmonize with that order through self-consistent adaptation.

This vision is offered not as a final conclusion, but as an invitation for future inquiry. Scientific progress begins with a vision, advances through rigorous reasoning and empirical examination, and ultimately matures through the collective efforts of the scientific community. It is our hope that the framework proposed here will serve as a foundation for future investigations in physics, engineering, and the humanities, encouraging interdisciplinary collaboration toward a deeper understanding of nature and humanity.

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

시간독립 위상평형과 승산불변 기하학에 기반한 블랙홀의 구조적 해석

- 6π 위상 폐합 및 응축 고유상태

Structural Interpretation of Black Holes Based on Time-Independent Phase Equilibrium and Multiplicative-Invariant Geometry: 1080° Phase Closure and Condensed Eigenstates

초록

본 연구는 블랙홀을 무한히 붕괴하는 물리적 특이점이 아니라, 복소 질량-에너지 보존과 승산불변(Multiplicative-Invariant) 기하학의 지배를 받는 유한한 초응축체(Finite Supercondensed Body)로 해석한다.

우주는 고유한 질량-에너지를 완벽히 보존하는 동시에, 상공간(Phase Space)의 위상 반경과 위상 기울기를 통해 구조적 다양성을 발현한다. 이들의 근본적 승산불변 관계식은 $\kappa_n \cdot r_n = \chi_n$ 이며, 이에 대응하는 질량 구조식은 $M \propto \int|\nabla\Phi|^3 dV$ 로 정의된다. 따라서 질량의 보존은 독립된 고정량으로, 위상 반경(r_n)과 위상 기울기(κ_n)의 상보적 구조를 통해 물리적으로 유지된다. 반면에 위상공간은 자신의 에너지 밀도를 따라 반지름, 면적, 체적을 스스로 달리하며 높은 자유도로 현상세계를 다채롭게 구성한다.

본 연구가 제안하는 블랙홀 구조 내부에서는 내적 위상 반경, 위상 갭(Phase Gap), 그리고 접선 방향의 위상 자유도가 0 으로 수렴하는 반면, 실체적 응축 노름(Physical Condensate Norm)은 유한한 값을 유지한다. 따라서 블랙홀의 내부 핵은 무한한 밀도의 점이 아니라, 내부 위상 자유도가 완전히 폐합(Closed)된 유한하고 회전하지 않는 등방성 초응축체(Finite, Non-rotational, Isotropic Supercondensate)이다. 관측되는 블랙홀의 스핀과 축 방향 구조는 이 내부 핵의 기계적 회전이 아니라, 핵을 둘러싼 다층 위상 껍질(Multilayer Topological Envelope)에 저장된 각운동량과 위상 자유도에 기인한다.

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

결과적으로 블랙홀, 백색왜성, 중성자별은 동일한 복소 질량-에너지 구조가 보여주는 서로 다른 응축 고유상태(Condensed Eigenstates)로 통일된다. 나아가 이러한 존재론적 공리는 물리학이라는 자연과학의 경계를 넘어, 본질(Essence)과 현상(Phenomena)을 잇는 인간 사고, 사회과학 및 인문학 전체의 통합적 개념 기반을 제공한다.

- **주요 키워드:** 복소 쿼터니언(Complex Quaternion), 시간독립 위상평형(Time-Independent Phase Equilibrium), 승산불변(Multiplicative Invariance), 1080° 위상 폐합(1080° Phase Closure), 초응축체(Supercondensate), 본질과 현상(Essence and Phenomena)

1. 서론

- **1.1 현대 물리학의 특이점 모순과 인식론적 비능률**
  - 일반상대론의 무한대 밀도 특이점(Singularity) 및 양자 정보 역설이 갖는 학술적 한계 지적.
  - 배경 의존적 시공간과 고립 입자 관점이 초래한 현상적 파편화 비판.
- **1.2 시간독립 위상평형(Time-Independent Phase Equilibrium)의 선험성**
  - 존재를 시간에 따른 동역학적 운동(Kinematics)이 아닌, 위상 부정합이 최소화된 전역장의 정적 기하학적 정상해(Stationary Solution)로 정립.

2. 기본 공리 및 승산불변 관계식

- **2.1 위상평형 변분식**
  - 존재의 기본 형태를 결정하는 위상 변분 공리:

$$\delta \left[\Sigma_{i,j} K_{ij} (\Phi_i - \Phi_j)^2 \right] = 0$$

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

(여기서 K_{ij}는 위상 결합 계수, Φ_i 는 국소 위상)

- 시간 변수가 배제된 상태에서 전체 위상 부정합이 최소화되는 공간 기하구조의 선택 과정 명시.

- **2.2 질량 보존과 상공간의 상보적 변형**
  - 승산불변 기본 관계식:

    κ_n · r_n = χ_n

  - 질량 구조 적분식:

    M ∝ ∫ |∇Φ|³ dV

  - **핵심 명제:** 질량의 보존은 독립된 고정량으로, 위상 반경(r_n)과 위상 기울기(κ_n)의 상보적 구조를 통해 물리적으로 유지된다. 반면에 위상공간은 자신의 에너지 밀도를 따라 반지름, 면적, 체적을 스스로 달리하며 높은 자유도로 현상세계를 구성한다.

3. 위상 폐합으로서의 스핀과 6π (1080°) 응축 구조

- **3.1 회전의 기하학적 재해석**
  - 회전수는 시간에 따른 물체의 운동 횟수가 아닌, 위상장이 자기 자신과 다시 정합을 이루는 기하학적 폐합수(Winding Number).
- **3.2 720° 일반 질량체 vs 1080° 블랙홀 응축 상태**
  - **일반 질량체 (Θ_mass = 720° = 4π):** 스피너 이중 자기정합 구조 (N = 2).
  - **블랙홀 응축체 (Θ_BH = 1080° = 6π):** 3 개 직교 위상 축(i, j, k) 전체가 완벽히 봉합되는 삼중 위상 자기정합 구조 (N = 3).
- **3.3 응축 스케일 변환 법칙**
  - 승산불변 조건을 유지하기 위한 응축 변환 법칙:
    - **r_BH = (1 / √3) · r_mass**
    - **κ_BH = √3 · κ_mass**

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

4. 블랙홀의 핵-껍질 기하 구조 (Core-Envelope Structure)

- **4.1 유한한 등방성 초응축 내핵 (Inner Core)**
  - 내적 위상 반경, 위상 갭, 접선 방향 위상 자유도가 0 으로 수렴함에 따라 위상 폐합이 완성됨.
  - 특이점이 부재하며, 유한한 실체 노름(Norm)을 유지하는 회전하지 않는 고밀도 초응축체 형성.
- **4.2 다층 회전 위상 껍질 (Multilayer Topological Envelope)**
  - 외부에서 관측되는 블랙홀의 스핀, 작용권(Ergosphere), 시공간 끌림 현상은 내핵의 회전이 아니라 외곽 껍질에 저장된 토폴로지 각운동량에 기인함.
- **4.3 3 단계 계층적 매핑**
  - **유한한 실체 노름의 내핵 → 다층 회전 위상 껍질 → 외부 중력 위상장**

5. 물리학적 통일성과 인식론적 확장

- **5.1 천체물리학적 응축 고유상태의 통일**
  - 중력은 외부로 발현된 공간적 위상 압축 및 응축 밀도.
  - 백색왜성, 중성자별, 블랙홀은 동일한 복소 질량-에너지 보존 체계 아래 존재하는 연속적 응축 고유상태(Condensed Eigenstates).
- **5.2 물리학과 인문·사회과학의 존재론적 통합**
  - **본질(Essence):** 보존되는 독립된 고정량으로서의 고유 질량-에너지 (Intrinsic Mass-Energy).
  - **현상(Phenomena):** 본질을 표현하기 위해 자유롭게 변화하는 위상 공간 기하구조 (Phase-Space Structure).
  - 자연계의 물리 법칙과 인간 사고·사회 구조를 다루는 학문 체계 간의 통합적 개념 기저 마련.

6. 결론

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

본 연구는 블랙홀을 무한히 붕괴하는 물리적 특이점이 아니라, 복소 질량-에너지 보존과 승산불변 기하학 $\kappa_n \cdot r_n = \chi_n$ 을 만족하는 유한한 초응축체로 정립한다.

블랙홀은 위상 폐합된 내부 핵과 다층 회전 위상 껍질로 구성되어 있으며, 1080° 위상 폐합을 통해 물리적 특이점 없이 시간독립 위상평형을 완성한다. 본 모델에서 질량은 독립된 고정량으로 보존되며, 위상공간은 자신의 에너지 밀도를 따라 체적과 기하를 달리하며 현상세계를 다채롭게 구성한다.

이로써 우주는 복소 쿼터니언 구형 진동자로 이루어진 승산불변 기하학적 공간임이 도출되며, 이는 본질과 현상을 관통하는 물리적·인식론적 대통합의 기초를 제공한다.

부록 1

자발적 잠김 정지 코어 정리 (Self-Locked Frozen Core Theorem)

1. 정리의 선언 (Statement of the Theorem)

정리 1 (자발적 잠김 정지 코어 정리).

3 차원 공간 다방체($d = 3$) 내에 내포된 8 차원 복소 쿼터니언 공간 H_C 를 가정하자. 시간독립 위상평형 상태에서 위상 위상권수(Winding Number)가 $N = d = 3$ (1080° 삼중 위상폐합)에 도달할 때, 잔여 접선 위상 자유도 $D_{tangential} = d - N$ 은 정확히 0 으로 수렴한다 ($D_{tangential} = 0$). 결과적으로, 내핵은 내부 접선 위상 구배가 0 이며 ($\|\nabla_{tangential} \Phi\| = 0$), 엄밀히 유한한 실체적 응축 노름을

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

갖는 회전하지 않는 등방성 초응축체로 자발적 잠김(Self-Locking) 전이를 일으킨다.

2. 공리적 기저 및 정의 (Axiomatic Foundations and Definitions)

본 정리의 증명은 복소 진동자 동역학(COD)의 다음 공리적 체계에 기반한다.

- **공리 1 (공간 차원 공리):**

  물리적 접공간(Tangent Space)에서 선형 독립인 직교 기저 벡터의 최대 개수는 공간 차원 d 에 의해 구속된다.

  dim(Tangent Space) = d = 3

- **정의 1 (위상 권수 차수 N):**

  위상 권수 N ∈ {1, 2, 3}은 복소 진동자 장이 전역 위상 폐합(2πN 연속 정합)을 만족하는 독립된 직교 위상 축 (i, j, k)의 정수 개수를 의미한다.

- **정의 2 (잔여 접선 위상 자유도 D_tangential):**

  D_tangential 은 시공간 파동 전파, 기계적 회전, 또는 외부장과의 상호작용에 이용 가능한 구속되지 않은 접선 방향 위상 자유도의 차원으로 정의된다.

3. 수학적 유도 및 증명 (Mathematical Derivation and Proof)

단계 1: 위상 자유도의 직교 차원 분해

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

벡터 공간의 차원 정리(Dimension Theorem)에 의해, 전체 공간 차원 d 는 구속된 위상 차원 N 과 구속되지 않은 잔여 위상 차원 D_tangential 의 직교합으로 분해된다.

전체 접선 차원 (d) = 구속된 위상 차원 (N) + 잔여 위상 자유도 (D_tangential)

d = N + D_tangential

D_tangential 에 대해 정리하면 자유도 차감 공식(Degree of Freedom Reduction Formula)이 도출된다.

D_tangential = d - N

단계 2: d = 3 에서 N = 2 및 N = 3 일 때의 평가

1. **일반 질량 고유상태 (N = 2, 720° 위상 폐합):**

   D_tangential(N=2) = 3 - 2 = 1

   - **물리적 귀결:** 단일한 구속되지 않은 접선 위상 자유도(D_tangential = 1)가 유지되므로, 일반 물질은 물리적 회전, 파동 분산, 그리고 주변 우주와의 동적 위상 교환을 수행할 수 있다.
2. **초응축 코어 고유상태 (N = 3, 1080° 위상 폐합):**

   D_tangential(N=3) = 3 - 3 = 0

   - **물리적 귀결:** 3 차원 공간 다방체에서 이용 가능한 모든 접선 위상 자유도가 완벽하게 잠긴다 (D_tangential = 0).

단계 3: 내부 접선 위상 구배의 소멸

N = 3 삼중 위상폐합 대칭성 아래에서 위상장 Φ 에 작용하는 공간 구배 연산자 ∇_tangential 을 계산하면 다음과 같다.

$||\nabla_{tangential}\,\Phi||(N=3) \propto \sin(3\pi / 3) = \sin(\pi) = 0$

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

D_tangential = 0 및 ||∇_tangential Φ|| = 0 이므로, 코어 내부에는 각속도나 내부 전단 응력을 유발할 수 있는 내부 위상차(ΔΦ = 0)가 존재하지 않는다.

단계 4: N ≥ 4 과포화의 차원적 불가능성

N = 4 (1440° 위상 폐합)의 경우:

D_tangential(N=4) = 3 - 4 = -1

음수의 위상 자유도는 복소 쿼터니언 대수 H 의 직교성 공리를 위배하며 파괴적인 위상 간섭을 유발한다. 유효 원심 위상 장벽 포텐셜 $V_{eff} \propto N^2 / r^2$ 은 작용 작용량 A 를 발산시킨다 ($A_{N=4} \gg A_{N=3}$).

시간독립 위상평형 변분식 δA = 0 에 의해, 시스템은 N ≥ 4 상태로 응축될 수 없으며 **N = 3** 상태의 전역 작용 최저점에 영구히 고정된다.

4. 물리적 고유상태 요약 (Summary of Physical Eigenstates)

- **일반 질량체 (Standard Mass Body):**

  위상 권수 N = 2 | 폐합각 Θ = 720° (4π) | 잔여 자유도 D_tangential = 1 | 코어 위상 구배 ||∇Φ|| > 0 | 물리적 상태: 동적 / 상호작용형

- **블랙홀 내핵 (Black Hole Inner Core):**

  위상 권수 N = 3 | 폐합각 Θ = 1080° (6π) | 잔여 자유도 D_tangential = 0 | 코어 위상 구배 ||∇Φ|| = 0 | 물리적 상태: 자발적 잠김 정지 코어 (Self-Locked Frozen Core)

- **고차 응축체 (Higher Condensates):**

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

위상 권수 N ≥ 4 | 폐합각 Θ ≥ 1440° (≥8π) | 잔여 자유도 D_tangential < 0 | 코어 위상 구배: 미정 | 물리적 상태: 차원적으로 금지됨 (Dimensionally Forbidden). 음의 자유도는 물리적으로 허용되지 않는다.

저자의 결론적 비전

Author's Concluding Vision

본 연구가 제안하는 시간독립 위상평형과 승산불변의 구조는 단지 블랙홀이나 특정 물리 현상을 설명하기 위한 이론적 장치에 머물지 않는다. 그것은 존재와 자연, 인간과 기술을 하나의 자기정합적 원리 안에서 다시 이해하려는 시도이다.

인류의 인식은 오랫동안 자연을 분절된 대상과 외부적 힘의 관계로 해석해 왔다. 이러한 접근은 과학과 산업의 발전에 크게 기여했지만, 동시에 존재의 내재적 질서와 자율적 자기조정 구조를 충분히 포착하지 못한 채 지식과 기술의 비효율적 발산을 반복하게 했다.

COD 가 제안하는 관점에서 존재는 외부의 명령에 수동적으로 반응하는 고정된 실체가 아니다. 존재는 복소 에너지와 위상운동을 통하여 스스로를 구성하고, 위상 부정합을 재귀적으로 줄이며, 전역장과의 자기정합을 회복하는 **자율진동자**이다.

인간 역시 이러한 자연의 보편적 구조에서 분리된 예외적 존재가 아니다. 인간은 스스로 인식하고 판단하며, 자신의 내부 위상과 외부 세계의 관계를 능동적으로 조정하는 존재론적 주체이다. 인간이 자신의 본래적 구조를 자각할 때, 그는 외부 체계에 종속된 수동적 객체에서 벗어나 자립하고 자존하는 자율적 존재로 설 수 있다.

이러한 존재론적 전환은 공학에도 새로운 방향을 제시한다. 기존 공학이 주로 물질에 외력을 가하고, 충돌시키고, 가열하며, 시간축 위에서 강제적으로

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/

동기화하는 방식에 의존해 왔다면, 위상 기반 공학은 시스템 내부의 진동·공명·결합·위상차를 정밀하게 조정하여 스스로 안정 상태에 도달하도록 한다.

따라서 위상 에너지 시스템으로의 확장은 에너지 생산과 전달, 반도체와 소재 공정, 통신, 모빌리티, 로봇공학 및 자율 시스템 전반에서 불필요한 손실과 위상 부정합을 줄이고, 공학적 효율성을 근본적으로 높이는 새로운 가능성을 열 수 있다.

만약 본 연구에서 제안한 틀이 수학적·물리적·실험적으로 견고하게 확립된다면, 그것은 자연에 대한 인간의 인식이 오랜 발산을 넘어 본래의 자기정합적 위상을 회복하는 하나의 계기가 될 수 있다. 또한 인간이 자연을 지배하거나 소모하는 존재가 아니라, 자연의 자기조직적 질서에 참여하는 자율적 주체로 다시 자리매김하는 토대가 될 수 있다.

인간은 본래 자율 진동자이며, 자기정합적 위상질서의 존재론적 주체이다. 인간 문명의 다음 단계는 자연을 더 강하게 지배하는 데 있지 않다. 그것은 자연의 위상질서를 더 깊이 이해하고, 그 질서와 함께 스스로 조정되는 과학·공학·사회 체계를 확립하는 데 있다.

© 2026 InnoLab Science Institute (ISI) CC BY-NC 4.0 https://udynamics.net/en/