

The General Structure of a Supercondensed Object Interpreted through Multiplicative-Invariant Geometry

A time-independent phase-equilibrium model of black holes based on complex mass–energy conservation

Researcher: Jason Kuhyun Ryoo
InnoLab Science Institute CEO
Seoul, Republic of Korea

Abstract

Black holes are commonly described as gravitationally collapsed objects whose classical interior solutions terminate at a singularity. Here we develop an alternative structural interpretation in which a black hole is treated as a **supercondensed phase object that conserves its intrinsic mass–energy while redistributing its spatial phase degrees of freedom**. The analysis is restricted to three principles: time-independent phase equilibrium, conservation of complex mass–energy, and multiplicative-invariant geometry.

The fundamental state is represented by the complex wave

$$\Psi(r) = A(r)e^{i\Phi(r)},$$

and its energy structure by

$$S = P + iQ,$$

where P denotes the real, condensed mass–energy component and Q denotes the phase-space or potential-energy component. A stable configuration is defined by a stationary phase condition,

$$\partial\Phi/\partial t = 0,$$

together with the conservation of the total complex-energy norm,

$$\delta|S|^2 = \delta(P^2 + Q^2) = 0.$$

The Universe is thereby interpreted as conserving intrinsic mass–energy while retaining the size, gradient, interval and rotational organization of phase space as structural degrees of freedom.

For each condensation mode n , the phase gradient κ_n and intrinsic phase radius r_n satisfy the multiplicative invariant

$$\kappa_n r_n = \chi_n.$$

Under the proposed mass functional

$$M_n \propto \int \Omega_n |\nabla \Phi_n|^3 dV,$$

a spherical mode obeys

$$M_n \propto (\kappa_n r_n)^3,$$

so that preservation of $\kappa_n r_n$ implies preservation of condensed mass. Gravity is consequently interpreted not as an independent substance but as an observable measure of reduced spatial freedom and increased phase-condensation density.

We classify bosonic spatial condensation through the structural hierarchy k^1 – k^4 . The k^1 mode represents a global commutative gravitational phase gradient; k^2 represents a complex dual field; k^3 represents a complex-quaternionic mass and spin condensate; and k^4 denotes the supercondensed black-hole configuration. In this framework, the black-hole core is not a point of vanishing physical volume. Rather, its internal phase radius, phase interval and tangential oscillatory freedom approach zero, leaving a finite real-norm condensate. Angular momentum and distinguishable phase freedom are retained in a multilayered rotating phase envelope surrounding the non-rotating, isotropic core.

The observable black hole is therefore described as a composite object comprising a finite supercondensed core, a stratified rotating phase-space envelope, and an external gravitational phase field. White dwarfs, neutron stars, supernovae and their remnant cycles may then be interpreted as different eigenstates of a common mass–phase-radius hierarchy. This construction provides a proposed non-singular and conservation-based general model of compact astronomical objects. It remains a theoretical hypothesis whose physical validity requires a complete action principle, boundary conditions and observationally testable predictions.

Introduction

A black hole is one of the most extreme known forms of gravitational organization. General relativity accurately describes its external field, horizon geometry and rotational structure. Its classical interior, however, contains a curvature singularity at which the conventional geometric description ceases to be physically complete.

A singularity may therefore be understood not necessarily as a physical object, but as a signal that the variables used to represent the interior have exceeded their applicable domain. This motivates a description based not on continued collapse along a temporal coordinate, but on the stationary organization of conserved energy within phase space.

We propose that a black hole is

a time-independent supercondensed configuration in which intrinsic mass–energy is conserved while spatial phase freedom is redistributed between a compressed core, a rotating phase envelope and an external gravitational field.

The analysis does not attempt to reconstruct the full dynamical history of collapse. It asks instead what stationary structure remains after the system has reached phase equilibrium.

The model rests on four related propositions.

First, intrinsic mass–energy is conserved.

Second, phase-space size, phase gradient, phase interval and rotational distribution constitute structural degrees of freedom.

Third, gravity measures the reduction of spatial phase freedom and the associated increase in condensation density.

Fourth, the mass–phase-radius relation is normalized by a multiplicative invariant.

Together, these principles lead to a finite core–envelope interpretation of a black hole.

1. Time-independent phase equilibrium

1.1 Stationary complex-wave state

Let the fundamental spatial state be

$$\Psi(\mathbf{r}) = A(\mathbf{r})e^{i\Phi(\mathbf{r})},$$

where $A(\mathbf{r})$ is the local amplitude and $\Phi(\mathbf{r})$ is the spatial phase.

A stable astronomical configuration is defined by

90 $\partial\Phi/\partial t = 0.$

91 This condition does not require every local component to be motionless. It means that the
 92 total phase architecture is stationary: any local circulation, gradient or internal rearrangement
 93 is incorporated into a self-consistent equilibrium configuration.

94 A general variational expression is

95 $\delta\mathcal{A}_\Phi = 0,$

96 or equivalently,

97 $\Delta(\Delta\Phi) \rightarrow 0.$

98 For a set of coupled modes, stationary phase balance may be written as

99 $\sum_j K_{ij} \sin(\Phi_j - \Phi_i) = 0.$

100 A time-independent equilibrium may therefore contain non-zero local phase differences.
 101 Stability requires not uniformity, but global self-consistency.

102

103 **1.2 Complex energy**

104 We express the energy state as

105 $S = P + iQ,$

106 where

107 P = real condensed mass–energy,

108 Q = phase-space or potential-energy component.

109 The equilibrium relation is proposed as

110 $P = |Q|,$

111 which gives

112 $\arg(S) = \pi/4$

113 and

114 $|S|^2 = P^2 + Q^2 = 2P^2.$

115 The central conservation condition is

116 $\delta|S|^2 = 0,$

117 or

118 $\delta(P^2 + Q^2) = 0.$

119 The separate components P and Q need not remain unchanged. Condensation may convert
120 distinguishable phase-space freedom into real condensation norm, boundary pressure,
121 rotational phase energy or an external field. What remains invariant is the total complex-
122 energy structure.

123 Accordingly, supercondensation is not energy destruction. It is a redistribution of the forms in
124 which conserved energy is geometrically expressed.

125

126 **2. Multiplicative invariance and mass** 127 **conservation**

128 **2.1 Phase radius and phase gradient**

129 Let

130 $\kappa = |\nabla\Phi|$

131 denote the magnitude of the phase gradient and let r_Φ denote the characteristic phase radius
132 of a self-consistent mode.

133 A scale transformation is written as

134 $r'_\Phi = \gamma r_\Phi,$

135 $\kappa' = \kappa/\gamma.$

136 It follows directly that

137 $\kappa' r'_\Phi = \kappa r_\Phi.$

138 We therefore define the multiplicative invariant

139 $\kappa_n r_n = \chi_n,$

where n labels the condensation eigenmode.

The quantity χ_n represents a normalized phase closure or condensation eigenvalue. The radius r_n is not necessarily identical to the directly observed material radius. It is the spatial scale on which the mass–energy mode completes its phase organization.

2.2 Proposed phase mass functional

We adopt the mass functional

$$M \propto \int \Omega |\nabla \Phi|^3 dV.$$

For an approximately isotropic spherical domain,

$$|\nabla \Phi| \approx \kappa$$

and

$$V \propto r^3.$$

Hence

$$M \propto \kappa^3 r^3$$

and therefore

$$M \propto (\kappa r)^3.$$

If

$$\kappa r = \chi,$$

then

$$M \propto \chi^3 = \text{constant}.$$

Thus, within the proposed framework,

multiplicative invariance is the geometric expression of mass conservation.

This result depends on the assumed cubic phase-gradient mass functional and must ultimately be established from a more fundamental action or derived field equation. At present it

constitutes the internal mathematical basis of the model rather than an experimentally confirmed mass law.

2.3 Global mass–phase-radius normalization

A global normalization may be written as

$$M/M_T = r_\Phi/R,$$

where M_T and R denote the reference mass and reference phase-space radius of the total system.

Equivalently,

$$M \cdot R = M_T \cdot r_\Phi.$$

The intrinsic phase radius is therefore

$$r_\Phi(M) = (R/M_T)M.$$

This relation defines a mass–phase-radius eigenstructure. For a conserved mass, the normalized phase radius is not arbitrary; it is fixed by the global multiplicative relation. Different astronomical states may nevertheless display different physical radii because their phase freedom is distributed differently between the core, envelope and external field.

3. Gravity as an index of spatial freedom

In the present interpretation, gravity is not introduced as a separate substance added to matter. It is the external manifestation of the way conserved mass–energy reorganizes spatial phase freedom.

A weakly condensed configuration has

r_Φ large,

κ_G small,

ρ_Φ small,

where κ_G denotes the gravitational phase gradient and ρ_Φ the effective phase-condensation density.

191 A strongly condensed configuration has

192 r_Φ small,

193 κ_G large,

194 ρ_Φ large.

195 Conceptually,

196 $g_\Phi \propto \kappa_G$

197 and

198 $\kappa_G \propto 1/r_\Phi$.

199 Thus,

200 $g_\Phi \uparrow$

201 $\Leftrightarrow \kappa_G \uparrow$

202 $\Leftrightarrow r_\Phi \downarrow$

203 $\Leftrightarrow \rho_\Phi \uparrow$.

204 Gravity becomes a measurable indicator of spatial compression: the stronger the gravitational
205 field, the smaller the available phase-space freedom associated with a fixed mass–energy
206 content.

207 A black hole represents the limiting case of this relation. Its mass–energy need not become
208 infinite. Instead, its internal phase freedom approaches a minimum.

209

210 **4. The k^1 – k^4 hierarchy of spatial condensation**

211 The symbols k^1 – k^4 denote structural condensation orders, not additional Cartesian
212 dimensions.

213 **4.1 k^1 : global commutative phase gradient**

214 The k^1 mode is a radial, globally ordered phase field:

215 $\Phi = \Phi(r),$

216 $\nabla\Phi = \kappa_1(r)\hat{r}.$

217 It describes a centre–radius relation with no necessary internal non-commutative phase
218 organization. The ordinary external gravitational field is assigned to this mode.

219 Its normalized structure is

220 $\kappa_1 r_1 = \chi_1.$

221

222 **4.2 k^2 : complex dual field**

223 The k^2 mode introduces the complex pair

224 $S_2 = P + iQ.$

225 It supports interference, superposition, field transport and the exchange between real
226 condensation and phase-space energy.

227 At equilibrium,

228 $P = |Q|$

229 and

230 $\arg(S_2) = \pi/4.$

231 The k^2 mode therefore provides the complex energetic basis from which higher condensation
232 structures may emerge.

233

234 **4.3 k^3 : complex-quaternionic mass condensate**

235 The k^3 state contains three independent local phase components:

236 $Q_3 = Q_1i + Q_2j + Q_3k.$

237 Under isotropic amplitudes,

238 $Q_1 = Q_2 = Q_3 = q,$

239 the norm becomes

240 $|Q_3| = \sqrt{3}q.$

241 This mode supports finite phase intervals, internal oscillation, spin-like closure and mass
242 condensation. It corresponds to the complex-quaternionic spherical oscillator structure
243 proposed for ordinary stable matter.

244 The factor $\sqrt{3}$ arises from the equal-norm combination of three mutually orthogonal phase
245 components.

246

247 **4.4 k^4 : the supercondensed state**

248 The k^4 mode is not interpreted as a simple fourth orthogonal phase axis. It denotes a structural
249 transition in which the distinguishable tri-axial phase freedom of the k^3 state is compressed
250 and redistributed.

251 The normalized transition is represented by

252 $\gamma_{BH} = 1/\sqrt{3},$

253 so that

254 $r_4 = r_3/\sqrt{3}$

255 and

256 $\kappa_4 = \sqrt{3}\kappa_3.$

257 The multiplicative invariant is preserved:

258 $\kappa_4 r_4 = \kappa_3 r_3.$

259 This $(1/\sqrt{3})$ relation should not be identified directly with the total observed radius of a
260 black hole. It describes the proposed internal normalization by which a tri-axial phase
261 condensate projects towards a real-norm supercondensed core.

262

263 **5. The supercondensed black-hole core**

264 **5.1 Zero phase radius without zero physical radius**

265 A central distinction is required between the phase radius and the physical core radius.

266 For the supercondensed core,

267 $r_{\Phi, \text{core}} \rightarrow 0$,

268 but

269 $r_{\text{core}} > 0$.

270 The first condition means that the internal phase separation between distinguishable modes
271 vanishes. It does not require the physical volume of the condensate to vanish.

272 More explicitly,

273 $\Delta\Phi_{\text{core}} \rightarrow 0$,

274 $\nabla_T \Phi_{\text{core}} \rightarrow 0$,

275 $\omega_{\text{core}} \rightarrow 0$,

276 where ∇_T denotes the tangential phase gradient and ω_{core} the internal relative rotational
277 frequency.

278 The core therefore loses

- 279 • internal phase spacing,
- 280 • tangential oscillatory freedom,
- 281 • distinguishable tri-axial phase separation,
- 282 • relative internal rotation.

283 It retains

- 284 • finite mass,
- 285 • finite complex-energy norm,
- 286 • finite physical volume,
- 287 • an isotropic real condensation norm.

288 Thus,

289 $M_{\text{core}} > 0$,

290 $|S_{\text{core}}| > 0$,

291 $V_{\text{core}} > 0$.

292 The black-hole core is consequently defined as a **finite supercondensed object with a**
293 **closed internal phase radius**, rather than as a zero-volume singularity.

294

295 **5.2 Projection towards a real condensation norm**

296 The complex-energy state remains

297 $S_{\text{core}} = P_{\text{core}} + iQ_{\text{core}}.$

298 The phase component need not be physically annihilated. Rather, internally distinguishable
299 phase differences disappear:

300 $\Delta Q_{\text{internal}} \rightarrow 0.$

301 At the same time,

302 $|S_{\text{core}}|^2 = P_{\text{core}}^2 + Q_{\text{core}}^2 = \text{constant}.$

303 The externally effective core state may then be represented as a real-norm projection,

304 $\Pi_R(S_{\text{core}}) = \|S_{\text{core}}\|_R.$

305 In quaternionic notation,

306 $Q_{\text{core}} \rightarrow Q_0.$

307 The quantity Q_0 is not an empty point. It is the isotropic reference norm obtained when
308 directional phase differences no longer remain distinguishable.

309 The transition is therefore not

310 complex energy $\rightarrow$ no energy,

311 but

312 resolved phase freedom $\rightarrow$ unresolved real condensation norm.

313

314 **5.3 Isotropy of the core**

315 If the tangential phase gradients vanish,

316 $\kappa_{\theta, \text{core}} = 0,$

317 $\kappa_{\varphi, \text{core}} = 0,$

318 and the radial condition is identical in every direction,
319 $\kappa_r(r, \theta, \phi) = \kappa_r(r)$,
320 then no preferred rotational axis remains.
321 The ideal core is therefore a complete isotropic sphere.
322 In the limiting phase-closed condition,
323 $\Phi_{\text{core}} \approx \text{constant}$.
324 The absence of internal phase spacing means that the core contains no structural interval over
325 which relative oscillation could be defined. Its stationarity is thus a property of phase
326 equilibrium, not the absence of conserved energy.

327

328 **6. The multilayered rotating phase envelope**

329 **6.1 Why an envelope is required**

330 Observed astrophysical black holes generally carry angular momentum. A completely non-
331 rotating core cannot alone represent the full observable structure.

332 For an isolated system,

333 $J_{\text{total}} = \text{constant}$.

334 If the core satisfies

335 $J_{\text{core}} \rightarrow 0$,

336 then

337 $J_{\text{total}} = J_{\text{shell}} + J_{\text{field}}$.

338 The conserved angular momentum must therefore reside in a rotating envelope and,
339 potentially, in the surrounding field.

340 This resolves the apparent tension between an isotropic stationary core and an axisymmetric
341 rotating black hole.

342

6.2 Stratified phase shells

Let the phase envelope consist of N shells,

$$\mathcal{S}_{\text{shell}} = \bigoplus_{n=1}^N \Sigma_n.$$

The state of each shell is

$$\Psi_n = A_n(r, \theta) e^{i\Phi_n(r, \theta, \varphi)}.$$

Unlike the core, the shell region obeys

$$\Delta\Phi_n > 0,$$

$$\nabla_\perp T\Phi_n \neq 0,$$

$$\omega_n \neq 0.$$

Different shells may possess different gradients and angular frequencies:

$$\kappa_1 \neq \kappa_2 \neq \cdots \neq \kappa_N,$$

$$\omega_1 \neq \omega_2 \neq \cdots \neq \omega_N.$$

Each layer may locally satisfy

$$\kappa_n r_n = \chi_n.$$

The envelope is therefore not merely a material surface. It is a stratified phase-space region that stores distinguishable phase freedom, angular momentum and density gradients.

6.3 Rotation as phase circulation

In this framework, observed rotation need not be interpreted as the rigid-body rotation of an ultra-dense material core. It may instead be represented as phase circulation:

$$\mathbf{v}_\perp \Phi \propto \nabla\Phi,$$

$$\mathbf{J}_\perp \Phi \propto \mathbf{r} \times \mathbf{v}_\perp \Phi.$$

The total black-hole angular momentum is then distributed as

$$J_{\text{BH}} = \sum_n J_{\text{shell},n} + J_{\text{field}}.$$

This interpretation permits the central condensate to remain isotropic while the surrounding phase architecture exhibits axisymmetry, differential rotation and strong angular gradients.

7. The general core–envelope structure

The complete black-hole state is represented as

$$\mathcal{B}_{\text{BH}} = \mathcal{C}_{\text{core}} \oplus \mathcal{S}_{\text{shell}} \oplus \mathcal{F}_{\text{G}},$$

where

$\mathcal{C}_{\text{core}}$ = finite isotropic supercondensed core,

$\mathcal{S}_{\text{shell}}$ = multilayered rotating phase envelope,

$\mathcal{F}_{\text{G}}$ = external gravitational phase field.

The spatial hierarchy is

real-norm core

→ high-density transition layer

→ rotating phase shells

→ critical closure boundary

→ external gravitational field.

The core contains the maximally compressed condensation norm. The envelope contains the recoverable phase intervals and angular momentum. The external field represents the large-scale continuation of the mass-induced phase gradient.

The observational signature of the black hole is therefore expected to arise primarily from the interaction of light and surrounding matter with the envelope and external field, rather than from direct access to the core.

8. Conservation across the core–envelope system

8.1 Mass conservation

The total mass is decomposed as

394 $M_{\text{BH}} = M_{\text{core}} + \sum_n M_{\text{shell},n} + M_{\text{field}}.$

395 For an isolated stationary system,

396 $\delta M_{\text{BH}} = 0.$

397 This does not require every component to remain separately fixed. Mass-equivalent energy
398 may be redistributed among the core, shells and field while the total invariant remains
399 unchanged.

400

401 **8.2 Complex-energy conservation**

402 The total complex energy is

403 $S_{\text{BH}} = S_{\text{core}} + \sum_n S_{\text{shell},n} + S_{\text{field}}.$

404 The conservation condition is

405 $\delta \|S_{\text{BH}}\|^2 = 0.$

406 Equivalently,

407 $E_{\text{BH}} = E_{\text{core}} + \sum_n E_{\text{shell},n} + E_{\text{field}},$

408 with

409 $\delta E_{\text{BH}} = 0.$

410 During condensation, a reduction in internal oscillatory freedom is compensated by an
411 increase in one or more of the following:

- 412 • real condensation norm,
- 413 • compression energy,
- 414 • boundary phase pressure,
- 415 • rotational envelope energy,
- 416 • external gravitational-field energy.

417 The process is therefore a transformation of energetic representation, not a loss of energy.

418

419 **8.3 Explicit ($1/\sqrt{3}$) compression**

420 Under the proposed isotropic compression,

421 $r' = r/\sqrt{3},$

422 $\kappa' = \sqrt{3}\kappa.$

423 The spherical volume transforms as

424 $V' = V/(3\sqrt{3}).$

425 The phase mass density term becomes

426 $\kappa'^3 V'$

427 $= (\sqrt{3}\kappa)^3 \cdot V/(3\sqrt{3})$

428 $= \kappa^3 V.$

429 Hence,

430 $M' = M.$

431 The reduction in spatial scale is exactly compensated by the increase in phase-gradient
 432 density. This identity provides the internal geometrical basis for interpreting
 433 supercondensation as a mass-preserving transformation.

434

435 **9. A non-singular central structure**

436 The classical singular limit is usually written as

437 $r \rightarrow 0,$

438 $\rho \rightarrow \infty.$

439 The present model instead distinguishes

440 $r_{\Phi, \text{core}} \rightarrow 0$

441 from

442 $r_{\text{core}} > 0.$

443 Because

444 $V_{\text{core}} > 0,$

445 the density remains finite:

446 $\rho_{\text{core}} = M_{\text{core}}/V_{\text{core}} < \infty.$

447 The compression terminates when no further internal phase freedom can be removed:

448 $\Delta\Phi_{\text{core}} \rightarrow 0,$

449 $\nabla_T\Phi_{\text{core}} \rightarrow 0,$

450 $\delta E_{\text{total}} = 0,$

451 $\delta M_{\text{total}} = 0.$

452 The central state is therefore not a point at which matter becomes infinitely dense. It is a
453 finite equilibrium boundary at which the internal phase radius is completely closed.

454 The singularity is replaced by a phase-closure condition.

455 The centre of a black hole is a finite real-norm supercondensate whose internal phase radius
456 has collapsed to zero, not a zero-volume point of infinite mass density.

457

458 **10. Compact astronomical objects as phase-** 459 **radius eigenstates**

460 The same framework can be extended to other compact objects by treating them as different
461 equilibrium values of r_Φ and κ .

462 **10.1 White dwarfs**

463 A white dwarf retains finite internal phase spacing and substantial structural freedom:

464 $r_{\Phi,\text{WD}} > 0,$

465 $\Delta\Phi_{\text{WD}} > 0.$

466 Its phase gradient is larger than that of an ordinary star but lower than that of more strongly
467 condensed objects:

468 $\kappa_{\text{star}} < \kappa_{\text{WD}} < \kappa_{\text{BH}}.$

469 It may therefore be regarded as an intermediate high-density eigenstate rather than a
470 fundamentally separate class of existence.

471

472 **10.2 Neutron stars and related remnants**

473 A neutron star occupies a smaller phase radius and a steeper phase gradient:

474 $r_{\Phi,NS} < r_{\Phi,WD},$

475 $\kappa_{NS} > \kappa_{WD}.$

476 Nevertheless,

477 $r_{\Phi,NS} > 0,$

478 $\Delta\Phi_{NS} > 0.$

479 Its internal non-commutative phase freedom has not completely closed. It therefore remains
480 distinct from the supercondensed black-hole core.

481

482 **10.3 Supernovae**

483 A supernova may be interpreted as a rapid loss of the previous equilibrium rather than a
484 destruction of mass–energy.

485 Before explosion,

486 $E_{\text{total}} = E_{\text{star}}.$

487 Afterwards,

488 E_{total}

489 $= E_{\text{remnant}}$

- 490 • E_{ejecta}
491 • $E_{\text{radiation}}$
492 • $E_{\text{field}}.$

493 Similarly,

494 M_{total}

495 = M_remnant

- 496 • M_ejecta
- 497 • M_radiative-equivalent.

498 The event represents a redistribution of conserved complex energy from one condensed phase
499 architecture into a compact remnant, outward matter, radiation and an expanded field
500 configuration.

501

502 10.4 Condensation–expansion cycles

503 The general astronomical cycle may be expressed as

- 504 diffuse phase state
- 505 → phase alignment
- 506 → mass condensation
- 507 → high-density compression
- 508 → supercondensation or explosive redistribution
- 509 → spatial expansion
- 510 → renewed condensation.

511 Throughout the full cycle,

512 $\delta||S_{\text{universe}}||^2 = 0.$

513 Stellar formation and destruction are therefore interpreted as transformations between phase-
514 space eigenstructures rather than absolute creation and annihilation of existence.

515

516 11. Why the black hole is a representative 517 model of cosmic space ?

518 A black hole integrates the principal levels of spatial organization within a single object:

- 519 1. extreme conservation-based mass condensation;
- 520 2. minimization of internal phase-space freedom;
- 521 3. redistribution between core and envelope;
- 522 4. strong radial phase gradient;
- 523 5. multilayered rotational organization;
- 524 6. continuous coupling to an external gravitational field;
- 525 7. preservation of finite total mass–energy.

526 The k^1 – k^4 hierarchy may therefore be recognized within its complete structure:

527 k^1 — external commutative gravitational phase gradient;

528 k^2 — complex dual-energy field;

529 k^3 — complex-quaternionic mass and spin condensation;

530 k^4 — real-norm supercondensed core and rotating phase envelope.

531 These modes are not independent substances. They represent different organizations of the
532 same conserved complex energy under different degrees of spatial freedom.

533 The black hole is therefore a representative model of how cosmic space itself may condense.

534

535 12. Compact formulation

536 The entire model may be summarized by the following relations.

537 Fundamental state:

538 $\Psi(r) = A(r)e^{i\Phi(r)}.$

539 Time independence:

540 $\partial\Phi/\partial t = 0.$

541 Complex energy:

542 $S = P + iQ.$

543 Complex-energy conservation:

544 $\delta(P^2 + Q^2) = 0.$

545 Multiplicative invariance:

546 $\kappa_n I_n = \chi_n.$

547 Proposed phase mass:

548 $M_n \propto \int_{\Omega_n} |\nabla\Phi_n|^3 dV.$

549 Spherical normalization:

550 $M_n \propto (\kappa_n r_n)^3$.
 551 Global mass–phase-radius relation:
 552 $M/M_T = r_\Phi/R$,
 553 or
 554 $M \cdot R = M_T \cdot r_\Phi$.
 555 Black-hole core:
 556 $r_{\Phi, \text{core}} \rightarrow 0$,
 557 $\Delta\Phi_{\text{core}} \rightarrow 0$,
 558 $\nabla_T \Phi_{\text{core}} \rightarrow 0$,
 559 $J_{\text{core}} \rightarrow 0$,
 560 $r_{\text{core}} > 0$.
 561 Rotating envelope:
 562 $r_{\Phi, \text{shell}} > 0$,
 563 $\Delta\Phi_{\text{shell}} > 0$,
 564 $\nabla_T \Phi_{\text{shell}} \neq 0$,
 565 $J_{\text{shell}} + J_{\text{field}} = J_{\text{BH}}$.
 566 Complete black-hole structure:
 567 $\mathcal{B}_{\text{BH}} = \mathcal{C}_{\text{core}} \oplus \mathcal{S}_{\text{shell}} \oplus \mathcal{F}_G$.
 568 Total conservation:
 569 $E_{\text{core}} + E_{\text{shell}} + E_{\text{field}} = E_{\text{BH}}$,
 570 $M_{\text{core}} + M_{\text{shell}} + M_{\text{field}} = M_{\text{BH}}$,
 571 $J_{\text{core}} + J_{\text{shell}} + J_{\text{field}} = J_{\text{BH}}$.
 572 For the ideal stationary core,

573 $J_{\text{core}} = 0.$

574

575 **13. General propositions**

576 **Proposition 1: conserved energy with variable phase-space freedom**

577 The Universe conserves intrinsic mass–energy while permitting its phase radius, phase
578 gradient, phase interval and rotational distribution to vary.

579 $\delta M = 0,$

580 $\delta E = 0,$

581 $\delta r_{\Phi} \neq 0,$

582 $\delta \kappa \neq 0.$

583 **Proposition 2: gravity as a spatial-density index**

584 Gravity measures the reduction of phase-space freedom and the corresponding increase in
585 condensation density.

586 $g_{\Phi} \propto \kappa_G \propto 1/r_{\Phi}.$

587 **Proposition 3: the mass–phase-radius eigenstructure**

588 Each stable condensation mode is characterized by

589 $\kappa_n \Gamma_n = \chi_n,$

590 with its globally normalized intrinsic phase radius determined by

591 $M/M_T = r_{\Phi}/R.$

592 **Proposition 4: phase closure of the black-hole core**

593 The internal phase radius of the core approaches zero while its physical radius, mass and real-
594 energy norm remain finite.

595 $r_{\Phi, \text{core}} \rightarrow 0,$

596 $r_{\text{core}} > 0,$

597 $M_{\text{core}} > 0$,

598 $|S_{\text{core}}| > 0$.

599 **Proposition 5: core–envelope complementarity**

600 Phase freedom and angular momentum absent from the stationary core are preserved in the
601 rotating envelope and surrounding field.

602 $J_{\text{core}} \rightarrow 0$,

603 $J_{\text{shell}} + J_{\text{field}} = J_{\text{total}}$.

604 **Proposition 6: a continuous family of compact-object eigenstates**

605 White dwarfs, neutron stars, supernova remnants and black holes are distinct equilibrium
606 states of a common conserved complex-energy system, differentiated by their phase radii,
607 phase gradients and internal degrees of freedom.

608

609 **14. Discussion**

610 The principal conceptual result is the separation of **internal phase-radius closure** from
611 **physical geometric collapse**.

612 The relation

613 $r_{\Phi, \text{core}} = 0$

614 does not imply

615 $r_{\text{core}} = 0$.

616 The first denotes the disappearance of distinguishable internal phase separation. The second
617 would denote the disappearance of physical volume. The proposed model requires only the
618 former.

619 This distinction permits a finite, non-singular central condensate while retaining extreme
620 compression. It also clarifies the meaning of a stationary core. Stationarity is not energetic
621 emptiness; it is the absence of internal relative phase motion after the complex mass–energy
622 has reached a self-consistent minimum-freedom state.

623 The rotating envelope is equally essential. Without it, a stationary isotropic core would be
624 incompatible with the angular momentum of observed black holes. The core–envelope
625 division allows these features to coexist:

- the core stores the maximally compressed real condensation norm;
- the envelope stores phase differentiation and angular momentum;
- the external field expresses the remaining large-scale phase gradient.

The model therefore offers a unified qualitative architecture, but it is not yet a complete gravitational theory. Several quantities must be derived rather than postulated:

- the finite physical core radius r_{core} ;
- the radial phase-radius function $r_{\Phi}(r)$;
- the envelope gradient $\kappa_n(r, \theta)$;
- the angular-momentum distribution J_n ;
- the critical boundary corresponding to observational horizon behaviour;
- photon trajectories and lensing;
- the correspondence with established external black-hole solutions;
- equations of state for white dwarfs and neutron stars;
- quantitative supernova and remnant predictions.

Most importantly, the assumed mass functional and the $(1/\sqrt{3})$ normalization require derivation from a well-defined stationary action.

642

643 Conclusion

644 We have proposed a general structure for a supercondensed astronomical object based
645 exclusively on time-independent phase equilibrium, conservation of complex mass–energy
646 and multiplicative-invariant geometry.

647 The Universe is interpreted as conserving intrinsic mass–energy while allowing the scale and
648 organization of phase space to vary. A reduction in phase radius is accompanied by an
649 increase in phase gradient such that

$$650 \quad \kappa_n r_n = \chi_n$$

651 remains invariant. Under the proposed phase mass functional,

$$652 \quad M \propto \int |\nabla \Phi|^3 dV,$$

653 this relation implies mass conservation for a spherical condensate.

654 The black-hole core represents the limiting state in which internal phase radius, phase interval
655 and tangential oscillatory freedom approach zero. Its physical radius and real condensation
656 norm nevertheless remain finite. The core is therefore a stationary, non-rotating and isotropic
657 supercondensate rather than a singular point.

The angular momentum and distinguishable phase degrees of freedom of the full object reside in a multilayered rotating phase envelope. The observable black hole is consequently described by

****a finite real-norm supercondensed core**

- a stratified rotating phase-space envelope
- an external gravitational phase field.**

Within this construction, gravity is an index of reduced spatial freedom and increased phase-condensation density. The black hole becomes the representative cosmic model integrating the k^1 – k^4 hierarchy of bosonic spatial condensation.

White dwarfs, neutron stars, supernovae and black holes may then be interpreted as a continuous family of phase-radius eigenstates of conserved complex mass–energy.

The central proposition is therefore:

A black hole is a finite supercondensed object whose internal phase radius has closed to zero while its intrinsic mass–energy remains conserved. Its stationary isotropic core retains the real condensation norm, whereas its multilayered rotating envelope retains phase differentiation and angular momentum. The complete core–envelope–field structure satisfies time-independent phase equilibrium, complex-energy conservation and multiplicative invariance without requiring a zero-volume singularity.

This framework should presently be regarded as a theoretical structural hypothesis. Its scientific value will depend on whether a consistent stationary action, finite core solution and distinct observational predictions can be derived.

Thus, We propose that the Universe is a multiplicative-invariant geometric space composed of complex quaternionic spherical oscillators. Within this finite spherical cosmic space (R), complex dual energy conserves the intrinsic mass–energy (M_T), while expressing its structural richness through continuously varying phase degrees of freedom.

$$\kappa \cdot r_{\Phi} = \chi$$

From an epistemological perspective, the proposed framework may be interpreted as a physical representation of the relationship between essence and phenomena. Here, intrinsic mass–energy corresponds to essence, whereas continuously varying phase-space structures correspond to phenomena. Consequently, the same ontological principles naturally extend beyond physics, providing a unified foundation for the social sciences and humanities.

692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707

승산 불변 기하로 해석한

초응축체(블랙홀)의 일반 구조

**시간독립 위상평형과 복소 질량에너지 보존에 기반한
핵-외피 모형**

초록

본 연구는 블랙홀을 시간에 따라 무한히 붕괴하는 특이점이 아니라, **고유 질량에너지를 보존하면서 위상공간의 자유도를 극한적으로 재배치한 초응축체**로 해석한다. 분석은 오직 시간독립 위상평형, 복소에너지 보존 및 승산 불변 기하에 기초한다. 기본 상태는 복소파동 $\Psi(r) = A(r)e^{i\Phi(r)}$ 와 복소에너지 $S = P + iQ$ 로 정의되며, 안정된 존재는 실수 질량에너지 P 와 위상공간 에너지 Q 가 자기정합을 이루는 상태로 간주된다. 우주는 고유 질량에너지를 보존한 채 위상반경과 위상경사를 상보적으로 변화시킬 수 있으며, 이때 $\kappa_n r_n = \chi_n$ 의 승산 불변 관계가 성립한다. 여기서 r_n 은 질량에 대응하는 고유 위상반경이고 κ_n 은 해당 응축계층의 위상경사이다.

본 연구는 보손적 공간응축을 k^1 – k^4 의 계층으로 분류하고, 블랙홀을 이 계층이 극한적으로 중첩된 대표적 우주공간 모형으로 제안한다. 일반적인 질량응축 상태에서는 복소 쿼터니언 위상 자유도와 유한한 위상 간격이 유지되지만, 블랙홀 내핵에서는 위상반경과 내부 위상간격이 0으로 수렴하여 접선 진동과 상대회전 구조가 사라진다. 그러나 이는 물리적 크기와 에너지가 0이 된다는 뜻이 아니다. 내핵에는 유한한 실수 응축체 노름과 보존된 질량에너지가 남으며, 위상 자유도와 각운동량은 그 주위의 다층 회전 위상 외피에 재배치된다. 따라서 관측되는 블랙홀은 **무회전·완전등방의 압축 내핵과 축대칭·다층적인 회전 위상 외피가 결합된 핵-외피 초응축체**로 해석된다.

이 모형에서 중력은 독립적인 힘이라기보다 공간 위상 자유도와 응축밀도의 외부 지표가 된다. 블랙홀뿐 아니라 백색왜성, 중성자성, 초신성 및 폭발 이후의 재응축 과정도 질량 손실이나 특이점 생성이 아니라, 보존된 복소 질량에너지가 서로 다른 위상반경과 위상밀도로 재구성되는 연속적인 응축계층으로 일반화할 수 있다. 본 논문은 이를 **승산 불변 기하에 기반한 초응축 천체의 일반 구조**로 정식화한다.

주요어: 승산 불변, 시간독립 위상평형, 복소에너지, 질량보존, 위상반경, 블랙홀, 초응축체, 보손장, 핵-외피 구조

1. 서론

현대 블랙홀 이론은 강한 중력장, 사건지평선, 회전 및 시공간의 인과구조를 정교하게 기술한다. 그러나 고전적 일반상대론의 내부 해는 중심에서 밀도와 곡률이 발산하는 특이점을 포함하며, 이 특이점은 이론의 물리적 적용 한계를 나타낸다.

본 연구는 블랙홀을 시간축 위에서 계속 붕괴하는 물체로 보지 않는다. 대신 블랙홀을 다음과 같이 정의한다.

블랙홀은 고유 질량에너지를 보존하면서 위상공간의 자유도를 극한적으로 축소하고, 그 자유도와 각운동량을 내핵과 외피에 상보적으로 재배치한 시간독립 초응축체이다.

이 해석은 다음의 세 원리에 기반한다.

첫째, 우주의 안정된 존재는 시간에 의존하는 운동 궤적이 아니라 시간독립 위상평형으로 정의된다.

$$\partial\Phi/\partial t = 0$$

둘째, 존재의 총에너지는 실수 질량에너지와 허수 위상공간 에너지의 복소적 결합으로 표현된다.

$$S = P + iQ$$

셋째, 응축 과정에서 위상반경과 위상경사는 상보적으로 변하며 그 곱은 보존된다.

$$\kappa_n r_n = \chi_n$$

이를 본 연구에서는 **승산 불변 기하**라고 부른다.

이 관점에서 중력은 외부에서 질량을 끌어당기는 독립적 힘이 되기보다, 질량에너지가 차지하는 위상공간 자유도와 응축밀도의 기하학적 지표가 된다.

763 블랙홀은 이러한 공간응축이 극한에 도달한 대표적 천체이며, 보존적 공간장
764 k^1 에서 초응축 상태 k^4 에 이르는 계층 전체를 포괄하는 우주공간의 기준모형으로
765 볼 수 있다.

766

767 2. 기본 가정

768 2.1 시간독립 위상평형

769 복소파동의 기본 상태를 다음과 같이 둔다.

770 $\Psi(\mathbf{r}) = A(\mathbf{r})e^{i\Phi(\mathbf{r})}$

771 여기서 $A(\mathbf{r})$ 는 국소 진폭이고 $\Phi(\mathbf{r})$ 는 공간 위상이다.

772 본 연구에서는 안정된 천체의 근본 조건을

773 $\partial\Phi/\partial t = 0$

774 으로 둔다. 이는 모든 국소 운동이 문자 그대로 멈춘다는 뜻이 아니라, 전체
775 위상구조가 시간에 따라 변하지 않는 정상상태임을 의미한다.

776 위상평형은 일반적으로

777 $\delta S_{\Phi} = 0$

778 또는

779 $\Delta(\Delta\Phi) \rightarrow 0$

780 으로 나타낼 수 있다.

781 다중 위상모드의 정합 조건은

782 $\sum_j K_{ij} \sin(\Phi_j - \Phi_i) = 0$

783 으로 표현된다.

784 따라서 전체의 안정상태는 위상차가 전혀 존재하지 않는 균일상태일 수도 있고,
785 서로 다른 위상차가 전체적으로 상쇄되는 비균일 정상상태일 수도 있다.

786

787 2.2 복소 질량에너지

788 존재의 에너지 구조를

789 $S = P + iQ$

790 로 정의한다.

791 여기서

792 P = 실수 질량에너지 성분

793 Q = 위상공간 또는 잠재적 에너지 성분

794 이다.

795 복소평형의 기본조건은

796 $P = |Q|$

797 이며, 이때

798 $\arg(S) = \pi/4$

799 이다.

800 총 복소에너지 노름은

801 $|S|^2 = P^2 + Q^2$

802 이고, $P = |Q|$ 이면

803 $|S|^2 = 2P^2$

804 가 된다.

805 본 연구에서 에너지보존은 P 와 Q 가 각각 항상 일정하다는 의미가 아니다.

806 응축과 팽창 과정에서 두 성분의 분배는 달라질 수 있지만, 전체 노름 또는 전체
807 작용은 보존된다.

808 $\delta|S|^2 = 0$

809 즉,

810 $\delta(P^2 + Q^2) = 0$

811 이다.

812 이에 따라 위상공간 에너지가 감소하면 그에 상응하는 에너지가 실수 응축체
813 노름, 압축에너지 또는 외피 위상장으로 재배치될 수 있다.

814

815 2.3 질량은 보존된 위상응축의 관측량이다

816 COD 질량구조를 다음과 같이 둔다.

817 $M \propto \int_{\Omega} |\nabla\Phi|^3 dV$

818 위상경사의 크기를

819 $\kappa = |\nabla\Phi|$

820 라고 하면, 등방적인 구면 응축체에서는

821 $M \propto \kappa^3 V$

822 이다.

823 구면의 부피가

824 $V \propto r^3$

825 이므로

826 $M \propto \kappa^3 r^3$

827 이며,

828 $M \propto (\kappa r)^3$

829 을 얻는다.

830 따라서

831 $\kappa r = \chi$

832 가 보존되면

833 $M \propto \chi^3 = \text{constant}$

834 가 된다.

835 이는 본 논문의 중심 관계이다.

836 **승산 불변 $\kappa r = \chi$ 는 위상반경과 위상경사가 변하더라도 질량응축의 총량을**
837 **보존한다.**

838 다만 이 식은 본 이론의 제안된 질량함수를 전제로 한 내부 결과이며,
839 실험적으로 확립된 질량법칙은 아니다.

840

841 3. 우주의 질량에너지와 위상공간 자유도

842 3.1 보존량과 자유도의 구분

843 우주는 고유 질량에너지를 보존하면서도 다양한 위상공간의 크기와 구조를 가질
844 수 있다.

845 이를 개념적으로 다음처럼 구분한다.

846 보존량:

847 $M = \text{constant}$

848 $E = \text{constant}$

849 가변 자유도:

850 r_Φ

851 κ

852 $\Delta\Phi$

853 ω

854 즉, 존재의 총 질량에너지는 보존되지만 그것이 점유하는 위상반경, 위상경사,
855 위상차 및 회전분포는 달라질 수 있다.

856 한 상태에서 다른 상태로의 변환을

857 $r' = \gamma r$

858 $\kappa' = \kappa/\gamma$

859 로 두면,

860 $\kappa'r' = \kappa r = \chi$

861 이다.

862 따라서 우주의 구조 변화는 질량에너지의 생성과 소멸이라기보다, 보존된
863 에너지가 서로 다른 공간 자유도에 분배되는 과정으로 해석된다.

864

3.2 중력은 공간 자유도의 지표다

본 연구에서 중력은 질량과 분리된 독립 실체가 아니다. 중력장은 질량에너지가 공간의 위상 자유도를 얼마나 축소하거나 기울게 했는지를 나타내는 외부 기하학적 지표이다.

즉,

높은 위상반경 자유도
→ 낮은 공간응축밀도
→ 완만한 중력 위상경사

낮은 위상반경 자유도
→ 높은 공간응축밀도
→ 강한 중력 위상경사

의 관계를 갖는다.

개념적으로 중력장 세기를

$$g_{\Phi} \propto |\nabla\Phi_G|$$

로 놓을 수 있다.

따라서 중력은 물질이 빈 공간에 가하는 외부 힘이 아니라,

보존된 질량에너지가 점유하는 위상공간의 자유도와 응축밀도가 외부에 형성하는 방사형 위상경사

로 해석된다.

4. 보존적 공간응축의 k^1 – k^4 계층

886 본 연구는 k^1 - k^4 를 새로운 공간차원의 수로 해석하지 않는다. 이는 복소에너지와
887 위상공간이 응축되는 구조적 계층을 나타낸다.

888 **4.1 k^1 : 가환적 전역 위상경사**

889 k^1 은 가장 기본적인 방사형 공간 위상경사이다.

890 $\Phi = \Phi(r)$

891 $\nabla\Phi = \kappa_1(r)\hat{r}$

892 이 구조에서는 방향 간 비가환 결합보다 중심과 반경의 관계가 우세하다. 일반
893 중력장은 이 전역적 가환 위상경사의 외부 표현으로 해석된다.

894 $\kappa_1 r_1 = \chi_1$

895

896 **4.2 k^2 : 복소 위상쌍과 장에너지**

897 k^2 에서는 실수와 허수의 복소쌍이 형성된다.

898 $S_2 = P + iQ$

899 이 계층에서는 위상차, 간섭, 중첩 및 장에너지의 전달이 가능하다.

900 복소평형 조건은

901 $P = |Q|$

902 $\arg(S_2) = \pi/4$

903 이다.

904

905 **4.3 k^3 : 복소 쿼터니언 질량응축**

906 k^3 에서는 세 개의 독립적인 국소 위상축이 결합한다.

907 $Q_3 = Q_1i + Q_2j + Q_3k$

908 등축 조건

909 $Q_1 = Q_2 = Q_3 = q$

910 에서는

911 $|Q_3| = \sqrt{3}q$

912 이다.

913 이 단계는 유한한 위상간격, 내부 진동, 스핀 및 질량응축을 허용하는 복소
914 쿼터니언 구형 진동자 구조에 해당한다.

915

916 4.4 k^4 : 초응축 핵-외피 구조

917 k^4 는 네 번째 공간축을 단순히 추가한 구조가 아니다. 본 연구에서 k^4 는 k^3 의
918 삼축 위상 자유도가 극한적으로 압축되고, 그 자유도가 내핵과 외피로 재배치된
919 초응축 상태를 의미한다.

920 $k^3 \rightarrow k^4$ 전이의 정규화된 압축계수를

921 $\gamma_{BH} = 1/\sqrt{3}$

922 로 두면,

923 $r_4 = r_3/\sqrt{3}$

924 $\kappa_4 = \sqrt{3}\kappa_3$

925 이고

926 $\kappa_4\Gamma_4 = \kappa_3\Gamma_3$

927 이다.

928 그러나 이 관계는 블랙홀 전체 외형 반경을 곧바로 의미하기보다, k^3 질량-위상
929 구조가 실수노름 중심핵으로 압축되는 내부 정규화 관계로 이해해야 한다.

930

931 5. 질량-위상반경 고유값 구조

932 5.1 위상반경의 정의

933 각 응축계층에 대응하는 고유 위상반경을

934 r_n

935 으로 정의한다.

936 r_n 은 물질 표면의 직접적인 기하학적 반경과 반드시 같지 않다. 이는 특정
937 질량에너지가 해당 위상모드에서 자기정합을 이루는 정규화된 공간척도이다.

938 각 계층은

939 $\kappa_n r_n = \chi_n$

940 을 만족한다.

941 따라서

942 $r_n = \chi_n / \kappa_n$

943 이다.

944 질량과 위상반경의 대응을 전역 정규화로 나타내면

945 $M/M_T = r_\Phi / R$

946 이고,

947 $M \cdot R = M_T \cdot r_\Phi$

948 이다.

949 따라서 질량-위상반경은 승산 불변 관계를 이룬다.

950 $r_\Phi(M) = (R/M_T)M$

951 이 관계에서 질량이 보존되면 고유 위상반경도 정규화된 고유값으로 결정된다.

952 다만 천체의 응축계층과 내부 상태에 따라 관측 반경과 위상반경의 관계는

953 달라질 수 있다.

954

955 5.2 응축계층의 고유값

956 일반적인 계층구조는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

957 $\kappa_1 r_1 = \chi_1$

958 $\kappa_2 r_2 = \chi_2$

959 $\kappa_3 r_3 = \chi_3$

960 $\kappa_4 r_4 = \chi_4$

961 각 χ_n 은 위상폐합, 노름 및 응축차수를 반영하는 고유값이다.

962 같은 질량에너지가 더 높은 응축계층으로 이동하면

963 r_n 감소

964 κ_n 증가

965 가 상보적으로 일어나며,

966 $M_n \propto (\kappa_n r_n)^3$

967 은 보존된다.

968 따라서 천체의 종류는 본질적으로 질량이 서로 다른 것만이 아니라, 동일하거나
969 유사한 질량에너지가 서로 다른 위상반경과 위상밀도에 놓인 상태로도 분류될 수
970 있다.

971

972 6. 블랙홀 내핵의 초응축 구조

973 6.1 위상반경 0 의 정확한 의미

974 블랙홀 내핵에서

975 $r_{\Phi, \text{core}} \rightarrow 0$

976 이라고 할 때, 이것을 물리적 기하반경

977 $r_{\text{core}} \rightarrow 0$

978 과 동일시해서는 안 된다.

979 본 연구에서

980 $r_{\Phi, \text{core}} \rightarrow 0$

981 은 다음을 의미한다.

- 982 • 내부 모드 사이의 위상간격이 0 으로 수렴한다.
- 983 • 접선 방향 진동공간이 사라진다.
- 984 • 독립적인 쿼터니언 위상축의 상대분리가 사라진다.
- 985 • 내부 상대회전과 스핀 자유도가 정지한다.

986 즉,

987 $\Delta\Phi_{\text{core}} \rightarrow 0$

988 $\nabla_T \Phi_{\text{core}} \rightarrow 0$

989 $\omega_{\text{core}} \rightarrow 0$

990 이다.

991 그러나 실수 응축체의 노름과 물리적 에너지는 남는다.

992 $|S_{\text{core}}| > 0$

993 $M_{\text{core}} > 0$

994 $r_{\text{core}} > 0$

995 따라서 블랙홀 내핵은 점 특이점이 아니라, 위상반경은 0으로 폐합되지만
996 실수노름과 유한한 기하학적 크기는 유지되는 초응축체로 정의된다.

997

998 6.2 복소평형에서 실수노름으로의 투영

999 일반적인 복소평형 상태는

1000 $S = P + iQ$

1001 $P = |Q|$

1002 로 표현된다.

1003 초응축 과정에서 Q 가 물리적으로 소멸한다고 단정할 수는 없다. 보다 엄밀한
1004 해석은 외부에서 구분 가능한 내부 위상차와 진동 자유도가 사라지는 것이다.

1005 즉,

1006 $\Delta Q_{\text{internal}} \rightarrow 0$

1007 이지만

1008 $|S|^2 = P^2 + Q^2 = \text{constant}$

1009 이다.

1010 관측 가능한 내핵 상태는 실수노름으로 투영된다.

1011 $\Pi_R(S_{\text{core}}) = \|S_{\text{core}}\|_R$

1012 이때 내핵은

1013 $Q_{\text{core}} \rightarrow Q_0$

1014 로 나타낼 수 있다.

1015 여기서 Q_0 는 에너지가 없는 점이 아니라, 모든 방향별 위상차가 상쇄된 등방적
1016 응축 기준노름이다.

1017

1018 6.3 완전 구형성과 정지성

1019 내핵에 접선 방향 위상경사가 없다면

1020 $\kappa_{\theta, \text{core}} = 0$

1021 $\kappa_{\phi, \text{core}} = 0$

1022 이다.

1023 또한 모든 방향의 방사형 응축조건이 같다면

1024 $\kappa_r(r, \theta, \phi) = \kappa_r(r)$

1025 이다.

1026 따라서 내핵에는 선호되는 회전축이 없으며, 이상적인 경계는 완전 구면이 된다.

1027 $\Phi_{\text{core}} = \Phi_{\text{core}}(r)$

1028 다만 내부 위상반경이 완전히 폐합된 극한에서는

1029 $\Phi_{\text{core}} \approx \text{constant}$

1030 로 볼 수 있다.

1031 이 상태는 에너지가 멈춘 것이 아니라, 내부의 상대적 위상운동이 더 이상
1032 구별되지 않는 시간독립 평형이다.

1033

1034 7. 다층 회전 위상 외피

1035 7.1 외피의 필요성

1036 실제 관측되는 블랙홀은 각운동량과 축대칭 구조를 가진다. 따라서 블랙홀
1037 전체를 무회전 완전 구체로 정의할 수는 없다.

1038 내핵의 진동 자유도와 상대회전이 0으로 수렴하더라도, 계 전체의 각운동량은
1039 보존되어야 한다.

1040 $J_{\text{total}} = \text{constant}$

1041 내핵이

1042 $J_{\text{core}} = 0$

1043 이라면

1044 $J_{\text{total}} = J_{\text{shell}} + J_{\text{field}}$

1045 가 된다.

1046 따라서 보존된 각운동량은 내핵의 외부에 형성되는 회전 위상층에 저장된다.

1047

1048 7.2 외피의 다층 구조

1049 외피를 N 개의 위상셀로 나타낸다.

1050 $\mathcal{S}_{\text{shell}} = \bigoplus_{n=1}^N \Sigma_n$

1051 각 셀의 상태는

1052 $\Psi_n = A_n(r, \theta) e^{i\Phi_n(r, \theta, \varphi)}$

1053 이다.

1054 외피에서는

1055 $\Delta\Phi_n > 0$

1056 $\nabla_{\perp} T\Phi_n \neq 0$

1057 $\omega_n \neq 0$

1058 이며, 반경에 따라 서로 다른 위상경사와 회전율을 갖는다.

1059 $\kappa_1 \neq \kappa_2 \neq \cdots \neq \kappa_N$

1060 $\omega_1 \neq \omega_2 \neq \cdots \neq \omega_N$

1061 각 셀은 국소적으로

1062 $\kappa_n r_n = \chi_n$

1063 의 승산 불변을 만족할 수 있다.

1064 따라서 외피는 단순한 물질층이 아니라,

1065 보존된 위상 자유도, 각운동량 및 공간밀도 차이가 계층적으로 배치된 회전
1066 위상공간

1067 이다.

1068

1069 7.3 관측 블랙홀의 핵-외피 구조

1070 전체 블랙홀을 다음과 같이 쓸 수 있다.

1071 $\mathcal{B}_{\text{BH}} = \mathcal{C}_{\text{core}} \oplus \mathcal{S}_{\text{shell}} \oplus \mathcal{F}_G$

1072 여기서

1073 $\mathcal{C}_{\text{core}}$ = 무회전·완전등방 초응축 내핵

1074 $\mathcal{S}_{\text{shell}}$ = 축대칭·다층 회전 위상 외피

1075 $\mathcal{F}_G$ = 외부 중력 위상장

1076 이다.

1077 구조적 흐름은

1078 실수노름 내핵

1079 → 고밀도 전이층

1080 → 다층 회전 위상셀

1081 → 임계 폐합 경계

1082 → 외부 중력 위상장

1083 으로 나타낼 수 있다.

1084 관측자는 내핵을 직접 보는 것이 아니라, 외피와 외부 장에 의해 변형된 빛과
1085 주변 물질의 운동을 관측한다.

1086

1087 8. 질량에너지 보존과 핵-외피 분배

1088 8.1 전체 질량보존

1089 블랙홀의 총질량을

1090 $M_{\text{BH}} = M_{\text{core}} + \sum_n M_{\text{shell},n} + M_{\text{field}}$

1091 로 둔다.

1092 고립된 시간독립계에서는

1093 $\delta M_{\text{BH}} = 0$

1094 이다.

1095 이는 내핵과 외피의 질량분포가 변하지 않는다는 뜻이 아니라, 전체
1096 질량에너지의 합이 보존된다는 의미이다.

1097

1098 8.2 전체 복소에너지 보존

1099 총 복소에너지는

1100 $S_{\text{BH}} = S_{\text{core}} + \sum_n S_{\text{shell},n} + S_{\text{field}}$

1101 로 쓸 수 있다.

1102 전체 노름의 보존조건은

1103 $\delta \|S_{\text{BH}}\|^2 = 0$

1104 이다.

1105 에너지 성분으로 나타내면

1106 $E_{\text{BH}} = E_{\text{core}} + \sum_n E_{\text{shell},n} + E_{\text{field}}$

1107 이고

1108 $\delta E_{\text{BH}} = 0$

1109 이다.

1110 내핵에서 진동 자유도가 줄어들면 그 에너지는 다음 형태로 재배치된다.

- 1111 • 실수 응축체의 압축노름
- 1112 • 경계층의 위상압력
- 1113 • 외피의 회전 위상에너지

1114 • 외부 중력 위상장

1115 따라서 초음속은 에너지 소멸이 아니라 에너지 표현방식의 전환이다.

1116

1117 8.3 승산 불변과 질량보존

1118 한 응축셀에 대하여

1119 $r' = \gamma r$

1120 $\kappa' = \kappa/\gamma$

1121 이면

1122 $\kappa' r' = \kappa r$

1123 이다.

1124 질량함수

1125 $M \propto \kappa^3 r^3$

1126 을 적용하면

1127 $M' \propto (\kappa' r')^3$

1128 $= (\kappa r)^3$

1129 $= M$

1130 이다.

1131 특히

1132 $\gamma = 1/\sqrt{3}$

1133 인 압축에서는

1134 $r' = r/\sqrt{3}$

1135 $\kappa' = \sqrt{3}\kappa$

1136 $V' = V/(3\sqrt{3})$

1137 이고

1138 $\kappa'^3 V'$

1139 $= (\sqrt{3}\kappa)^3 \cdot V/(3\sqrt{3})$

1140 $= \kappa^3 V$

1141 이다.

1142 따라서

1143 $M' = M$

1144 이 정확히 유지된다.

1145 이 관계가 본 연구에서 블랙홀 초음속을 특이점 붕괴가 아니라 **질량보존적**
1146 **기하변환**으로 해석하는 수학적 근거이다.

1147

1148 9. 특이점 없는 블랙홀 구조

1149 고전적 특이점은

1150 $r \rightarrow 0$

1151 $\rho \rightarrow \infty$

1152 의 발산으로 표현된다.

1153 그러나 본 모형에서는 다음 두 반경을 구분한다.

1154 물리적 내핵 반경:

1155 $r_{\text{core}} > 0$

1156 내부 위상반경:

1157 $r_{\Phi, \text{core}} \rightarrow 0$

1158 따라서 위상 자유도는 완전히 폐합될 수 있지만, 물리적 부피는 유한하게 남는다.

1159 $V_{\text{core}} > 0$

1160 그러므로

1161 $\rho_{\text{core}} = M_{\text{core}}/V_{\text{core}} < \infty$

1162 이다.

1163 초응축은 다음 조건에서 정지한다.

1164 $\Delta\Phi_{\text{core}} \rightarrow 0$

1165 $\nabla_T \Phi_{\text{core}} \rightarrow 0$

1166 $\delta E_{\text{total}} = 0$

1167 $\delta M_{\text{total}} = 0$

1168 이 상태에서는 더 이상의 위상 자유도 감소가 불가능하므로, 붕괴는 유한한
1169 자기정합 경계에서 종료된다.

1170 블랙홀 중심은 무한밀도의 수학적 점이 아니라, 내부 위상반경이 0으로 폐합된
1171 유한 실수노름의 초응축 내핵이다.

1172

1173 10. 중력과 공간밀도의 일반 관계

1174 본 모형에서 중력은 위상공간의 자유도 감소를 나타내는 지표이다.

1175 공간 자유도가 클수록

- 1176 $r_\Phi \uparrow$
- 1177 $\kappa_G \downarrow$
- 1178 $\rho_\Phi \downarrow$
- 1179 이고, 공간 자유도가 작을수록
- 1180 $r_\Phi \downarrow$
- 1181 $\kappa_G \uparrow$
- 1182 $\rho_\Phi \uparrow$
- 1183 이다.
- 1184 따라서 중력장의 강화는
- 1185 $g_\Phi \uparrow$
- 1186 $\Leftrightarrow$
- 1187 $\kappa_G \uparrow$
- 1188 $\Leftrightarrow$
- 1189 $r_\Phi \downarrow$
- 1190 $\Leftrightarrow$
- 1191 $\rho_\Phi \uparrow$
- 1192 의 관계로 나타낼 수 있다.
- 1193 블랙홀은 이 관계의 극한이지만, 질량에너지가 무한해지는 상태는 아니다. 주어진
- 1194 질량에너지에 대해 위상공간 자유도가 최소화된 상태이다.
- 1195 따라서 블랙홀을 다음과 같이 정의할 수 있다.
- 1196 **블랙홀은 유한한 고유 질량에너지가 최소 위상반경과 최대 위상경사에 놓인 공간**
- 1197 **초응축 상태이다.**

1198

1199

11. 천체 구조의 일반화

1200

11.1 백색왜성

1201

백색왜성은 별의 질량에너지가 비교적 작은 위상반경으로 응축되었지만, 내부의

1202

위상간격과 양자적 공간 자유도가 완전히 소멸하지 않은 상태로 해석할 수 있다.

1203

$$r_{\Phi,WD} > 0$$

1204

$$\Delta\Phi_{WD} > 0$$

1205

$$\kappa_{WD} < \kappa_{BH}$$

1206

즉, 백색왜성은 k^3 질량응축과 k^4 초응축 사이의 전이 전 단계에 해당한다.

1207

1208

11.2 중성자성 및 고밀도 잔해

1209

중성자성은 더 높은 위상경사와 더 작은 고유 위상반경을 갖지만, 여전히 유한한

1210

내부 진동모드와 비가환 위상 자유도를 유지한다.

1211

$$r_{\Phi,NS} < r_{\Phi,WD}$$

1212

$$\kappa_{NS} > \kappa_{WD}$$

1213

그러나

1214

$$r_{\Phi,NS} > 0$$

1215

$$\Delta\Phi_{NS} > 0$$

1216

이다.

1217

따라서 중성자성은 블랙홀 내핵처럼 위상반경이 완전히 폐합된 상태는 아니다.

1218

11.3 초신성

초신성 폭발은 질량에너지가 새로 생성되거나 파괴되는 사건이 아니라, 기존 별의 위상평형이 붕괴하고 보존된 질량에너지가 여러 공간척도로 급격히 재분배되는 과정으로 해석할 수 있다.

초신성 전:

$$E_{\text{total}} = E_{\text{star}}$$

초신성 후:

$$E_{\text{total}}$$

=

$$E_{\text{remnant}}$$

•

$$E_{\text{ejecta}}$$

•

$$E_{\text{radiation}}$$

•

$$E_{\text{field}}$$

이며,

$$\delta E_{\text{total}} = 0$$

이다.

마찬가지로

$$M_{\text{total}}$$

=

1241 M_{remnant}

1242 •

1243 M_{ejecta}

1244 •

1245 $M_{\text{radiative-equivalent}}$

1246 가 된다.

1247 따라서 초신성은 시간적 파괴라기보다

1248 하나의 고밀도 위상구조가 잔류 초음속체와 외부 팽창 위상장으로 재편되는
1249 비평형 전이

1250 이다.

1251

1252 11.4 폭발과 재응축의 순환

1253 천체의 형성과 붕괴를 위상반경의 변화로 표현하면

1254 확산 상태

1255 → 위상정렬

1256 → 질량응축

1257 → 고밀도 압축

1258 → 초음속 또는 폭발

1259 → 외부 위상공간 확장

1260 → 재응축

1261 의 순환을 얻는다.

1262 그러나 전체 질량에너지 노름은 보존된다.

1263 $\delta||S_{\text{universe}}||^2 = 0$

1264 즉, 천체의 탄생과 소멸은 존재 자체의 생성과 소멸이 아니라, 보존된
1265 복소에너지가 서로 다른 위상공간 구조로 변환되는 과정이다.

1266

12. 블랙홀을 우주공간의 대표 모형으로 보는 이유

1269 블랙홀은 다음 조건을 동시에 드러낸다.

- 1270 1. 질량에너지의 극한 응축
- 1271 2. 위상공간 자유도의 극한 축소
- 1272 3. 내핵과 외피 사이의 자유도 분배
- 1273 4. 강한 방사형 위상경사
- 1274 5. 다층 회전 위상공간
- 1275 6. 외부 중력장과의 연속적 연결
- 1276 7. 유한한 질량에너지의 보존

1277 따라서 블랙홀은 단지 특수한 천체가 아니라, 보존적 공간응축의 k^1 - k^4 계층을 한
1278 구조 안에 포함하는 대표적인 우주공간 모형이다.

1279 k^1 : 외부 가환 중력 위상장

1280 k^2 : 복소 장에너지와 위상쌍

1281 k^3 : 질량·스핀의 복소 쿼터니언 응축

1282 k^4 : 실수노름 내핵과 다층 회전 외피의 초응축

1283 이 계층은 서로 분리된 장이 아니라 동일한 복소에너지가 서로 다른 위상
1284 자유도와 응축노름으로 나타난 연속 구조이다.

1285

13. 핵심 정식화

블랙홀의 전체 상태:

$$\mathcal{B}_{\text{BH}} = \mathcal{C}_{\text{core}} \oplus \mathcal{S}_{\text{shell}} \oplus \mathcal{F}_{\text{G}}$$

시간독립 조건:

$$\partial\Phi_{\text{BH}}/\partial t = 0$$

복소에너지:

$$S_{\text{BH}} = P_{\text{BH}} + iQ_{\text{BH}}$$

에너지보존:

$$\delta\|S_{\text{BH}}\|^2 = 0$$

질량보존:

$$\delta M_{\text{BH}} = 0$$

승산 불변:

$$\kappa_n r_n = \chi_n$$

질량함수:

$$M_n \propto \int_{\Omega_n} |\nabla\Phi_n|^3 dV$$

구면 정규화:

$$M_n \propto (\kappa_n r_n)^3$$

내핵 조건:

$$r_{\Phi,\text{core}} \rightarrow 0$$

$$\Delta\Phi_{\text{core}} \rightarrow 0$$

1306 $\nabla_T \Phi_{\text{core}} \rightarrow 0$

1307 $J_{\text{core}} \rightarrow 0$

1308 $r_{\text{core}} > 0$

1309 외피 조건:

1310 $r_{\Phi, \text{shell}} > 0$

1311 $\Delta \Phi_{\text{shell}} > 0$

1312 $\nabla_T \Phi_{\text{shell}} \neq 0$

1313 $J_{\text{shell}} = J_{\text{BH}}$

1314 전체 보존:

1315 $E_{\text{core}} + E_{\text{shell}} + E_{\text{field}} = E_{\text{BH}}$

1316 $M_{\text{core}} + M_{\text{shell}} + M_{\text{field}} = M_{\text{BH}}$

1317 $J_{\text{shell}} + J_{\text{field}} = J_{\text{BH}}$

1318

1319 14. 일반 구조 명제

1320 명제 1. 우주 질량에너지 보존

1321 우주는 고유 질량에너지를 보존하면서 위상반경, 위상경사, 위상차 및 회전분포를
1322 자유도로 가진다.

1323 $\delta M = 0$

1324 $\delta E = 0$

1325 $\delta r_{\Phi} \neq 0$

1326 $\delta \kappa \neq 0$

1327

1328 **명제 2. 중력-공간 자유도 대응**

1329 중력은 공간 위상 자유도의 축소와 응축밀도의 증가를 나타내는 외부
1330 위상경사이다.

1331 $g_{\Phi} \propto \kappa_G$

1332 $\kappa_G \propto 1/r_{\Phi}$

1333

1334 **명제 3. 질량-위상반경 고유값**

1335 각 질량응축 상태는

1336 $\kappa_n r_n = \chi_n$

1337 을 만족하는 고유 위상반경 r_n 을 가지며, 전역적으로

1338 $M/M_T = r_{\Phi}/R$

1339 로 정규화된다.

1340

1341 **명제 4. 블랙홀 내핵의 위상폐합**

1342 블랙홀 내핵에서는 내부 위상반경이 0 으로 수렴하지만 물리적 기하반경과 실수
1343 에너지 노름은 유한하게 유지된다.

1344 $r_{\Phi, \text{core}} \rightarrow 0$

1345 $r_{\text{core}} > 0$

1346 $|S_{\text{core}}| > 0$

1347

1348

명제 5. 핵-외피 상보성

1349

내핵에서 소멸한 내부 위상차와 상대회전 자유도는 계 전체에서 사라지는 것이 아니라, 다층 회전 위상 외피와 외부 장으로 재배치된다.

1351

$$J_{\text{core}} \rightarrow 0$$

1352

$$J_{\text{shell}} + J_{\text{field}} = J_{\text{total}}$$

1353

1354

명제 6. 초응축 천체의 일반화

1355

백색왜성, 중성자성, 초신성 잔해 및 블랙홀은 서로 단절된 천체종이 아니라,

1356

보존된 복소 질량에너지가 서로 다른 위상반경과 위상경사에 놓인 연속적인 응축
고유상태이다.

1358

1359

15. 논의

1360

본 모형의 가장 중요한 특징은 블랙홀 중심의 “위상반경 0”과 “물리적 반경 0”을 구분한다는 데 있다. 이 구분이 없다면 위상 자유도의 완전폐합은 다시 기하학적 점 특이점으로 환원된다.

1363

따라서 본 연구에서는 다음을 명확히 한다.

1364

$$r_{\Phi, \text{core}} = 0$$

1365

은

1366

$$r_{\text{core}} = 0$$

1367

을 뜻하지 않는다.

1368 전자는 내부 모드 간 위상거리의 소멸이고, 후자는 물리적 공간부피의 소멸이다.
1369 본 모형은 전자를 허용하지만 후자를 요구하지 않는다.

1370 또한 내핵의 “정지”는 절대적인 무에너지 상태가 아니다. 내핵은 복소
1371 질량에너지가 가장 낮은 내부 위상 자유도로 자기정합된 정상상태이다. 외피는
1372 각운동량과 위상차를 보존하며, 전체 블랙홀의 관측 가능한 회전 및 비등방
1373 구조를 형성한다.

1374 그러므로 완전 구형 내핵과 회전 블랙홀은 모순되지 않는다. 내핵은
1375 질량에너지의 압축노름을 담당하고, 외피는 위상 자유도와 각운동량을 담당한다.

1376 다만 현재 단계에서 본 모형은 개념적·수리적 가설이다. 완전한 이론이 되려면
1377 다음이 추가로 유도되어야 한다.

- 1378 • 내핵의 유한 물리반경 r_{core}
- 1379 • 위상반경 함수 $r_{\Phi}(r)$
- 1380 • 다층 외피의 위상경사 $\kappa_n(r, \theta)$
- 1381 • 외피의 각운동량 분포 J_n
- 1382 • 사건경계 및 광자경로
- 1383 • 기존 블랙홀 외부해와의 대응
- 1384 • 백색왜성·중성자성의 관측 가능한 상태방정식
- 1385 • 초신성 에너지와 질량분포에 대한 정량적 예측

1386

1387 16. 결론

1388 본 연구는 블랙홀을 시간축 위에서 무한히 붕괴하는 특이점이 아니라, **복소**
1389 **질량에너지 보존과 승산 불변 기하가 극한적으로 구현된 초응축체**로 해석하였다.

1390 우주는 고유 질량에너지를 보존하면서 위상공간의 크기와 위상경사를 구조적
1391 자유도로 가진다. 이때 위상반경과 위상경사는

1392 $\kappa_n I_n = \chi_n$

1393 의 상보적 승산 불변을 이루며, 제안된 질량함수

1394 $M \propto \int |\nabla \Phi|^3 dV$

1395 아래에서 질량보존으로 이어진다.

1396 블랙홀 내핵에서는 내부 위상반경, 위상간격 및 접선 진동 자유도가 0으로
1397 수렴한다. 그러나 물리적 반경과 실수 응축체 노름은 유한하게 남는다. 따라서
1398 내핵은 무한밀도의 점이 아니라, 위상공간이 완전히 폐합된 무회전·완전등방의
1399 유한 초응축체이다.

1400 실제 관측되는 블랙홀의 회전과 축대칭은 내핵 자체의 강제회전이 아니라,
1401 내핵을 둘러싼 다층 회전 위상 외피에 저장된 위상 자유도와 각운동량에서
1402 비롯된다. 전체 블랙홀은 다음의 핵-외피 구조를 이룬다.

1403 완전 압축 실수노름 내핵

- 1404 • 다층 회전 위상 외피
1405 • 외부 중력 위상장

1406 이 모형에서 중력은 공간 위상 자유도와 응축밀도의 외부 지표가 되며, 블랙홀은
1407 보존적 공간응축 k^1-k^4 를 통합적으로 보여주는 대표적 우주공간 모형이 된다.

1408 백색왜성, 중성자성, 초신성 및 폭발 이후의 잔해 역시 독립된 예외적 대상이
1409 아니라, 동일한 복소 질량에너지가 서로 다른 위상반경과 위상경사에 놓인
1410 연속적인 응축 고유상태로 일반화할 수 있다.

1411 최종적으로 본 연구의 중심 명제는 다음과 같다.

1412 초응축체로서의 블랙홀은 고유 질량에너지를 보존한 채 내부 위상반경을 0으로
1413 폐합한 유한 실수노름 내핵과, 보존된 위상 자유도 및 각운동량을 계층적으로
1414 수용하는 다층 회전 위상 외피로 구성된다. 이 핵-외피 구조는 질량보존,
1415 복소에너지 보존 및 $\kappa_n r_n = \chi_n$ 의 승산 불변을 동시에 만족하며, 특이점을 요구하지
1416 않는 시간독립 위상평형의 일반적인 초응축 천체 구조를 형성한다.

1417 이에 따라, 본 논문에서는 우주가 복소 쿼터니언 구형 진동자로 구성된 승산 불
 1418 변 기하학적 공간이라고 제안한다. 이 유한한 구형 우주 공간(R) 내에서 복소 쌍
 1419 대 에너지는 고유 질량-에너지(M_T)를 보존하는 동시에 연속적으로 변화하는 위
 1420 상 자유도를 통해 구조적 풍부함을 표현한다.

1421

$$1422 \quad \kappa \cdot r_{\Phi} = \chi$$

1423

1424 인식론적 관점에서, 본 연구의 틀은 본질과 현상의 관계를 물리적으로 구현한 구
 1425 조로 해석될 수 있다. 여기서 고유 질량에너지는 존재의 본질(Essence)에 대응하
 1426 며, 연속적으로 변화하는 위상공간 구조는 그 본질이 드러나는 현상(Phenomena)
 1427 에 대응한다. 따라서 동일한 존재론적 원리는 물리학을 넘어 사회과학과 인문학
 1428 에도 자연스럽게 확장되며, 이들 학문을 관통하는 통합적 기반을 제공한다.