

波型一元宇宙論

黑洞、大爆炸、光子傳播與意識的本體論整合

*Wave-form Monistic Cosmology:
An Ontological Integration of Black Holes, Big Bang,
Photon Propagation, and Consciousness*

Chen Ho Yiing

ORCID: 0009-0006-6816-9891

norika@charenix.com

2026 年 5 月

摘要

本文中我提出「波型一元宇宙論」(Wave-form Monistic Cosmology, WMC), 作為「量子幾何波連通假說」(QGWC) [1] 的本體論延伸。WMC 將物質、空間、時間、光子傳播、宇宙起源、意識統一於同一底層原則之下: 它們不是彼此孤立的物理實體, 而是同一底層波型結構的不同層次與組構模式。本文以六項子假說 H12-H17 構築此一本體論: H12「意識同一性受波型保真度閾值控制」; H13「空間-波型本體同一性」; H14「大爆炸作為波型相變」; H15「黑洞-Big Bang 對偶」; H16「多維時間中的微擾動為宇宙演化的觸發機制」; H17「光子傳播作為波型重構」。其中 H17 最為關鍵: 從光子自身固有時間恆為零這一相對論直接推論出發, 結合 Wheeler-Feynman 吸收體理論與 Feynman 路徑積分, 我論證「光速 c 」不是「速度」, 而是外部觀察者尺度與波型重構過程的耦合常數; 光子的每一次傳遞, 實質上是一次微觀波型重構事件。此一視角將 QGWC 之 H10-H11(動態羅森橋之波型傳輸) 從「科幻物理猜想」降格為「對既有現象之本體論重新詮釋」——因為波型傳輸這件事, 每秒鐘都在妳眼前的光線中發生。本文將上述構想對應到 Wheeler-DeWitt 方程之時間消失問題、Smolin 之宇宙自然選擇、Poplawski 之扭轉彈跳模型、Bars 之 two-time physics 等既有研究方向, 並指出 WMC 並非顛覆主流物理, 而是以本體論語言整合這些既有方向。我於最後章節給出分級判定: H17 為本體論重新詮釋 (基於既有量子場論); H12-H13 為條件式假說; H14-H16 為宇宙論猜想。

關鍵詞: 波型一元論; 光子固有時間; Wheeler-Feynman 吸收體理論; Feynman 路徑積分; Wheeler-DeWitt 方程; 宇宙自然選擇; 扭轉彈跳; two-time physics; 意識的物理基礎; ER=EPR 延伸。

授權: 本文以 Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) 釋出。

姊妹論文: 本文為 QGWC [1] 之延伸。讀者建議先閱讀 QGWC 以理解 H1-H11 之核心假說與數學基礎; 本文之 H12-H17 構築於該基礎之上。

目录

1 引言: 從 QGWC 到 WMC	3
2 WMC 的本體論基礎與六項核心假說	4
2.1 三條基礎原則	4
2.2 與既有本體論方案的對比	4
2.3 六項核心假說 H12–H17	5
3 光子傳播作為波型重構:H17	6
3.1 光子固有時間恆為零	6
3.2 Wheeler–Feynman 吸收體理論	6
3.3 Feynman 路徑積分	6
3.4 c 的本體論重新詮釋	7
3.5 H17 與 H10–H11 之結構同構	7
4 時間作為波的維度	8
4.1 Wheeler–DeWitt 方程之時間消失問題	8
4.2 Connes–Rovelli 的熱力學時間假說	8
4.3 Bars 的 two-time physics	8
4.4 時間作為波構成的參考參數	8
4.5 H16 的主流物理對應: 真空相變與原初擾動	9
5 大爆炸、黑洞與宇宙起源:H14–H15	9
5.1 大爆炸作為波型相變:H14	10
5.2 協調性與共弦律	10
5.3 黑洞–Big Bang 對偶:H15	10
5.4 對偶的數學陳述:Schwarzschild $\leftrightarrow$ FLRW	11
5.5 在弦論框架下的整合	11
6 空間-波型本體同一性:H13	11
6.1 支持 H13 之研究方向	12
6.2 H13 之物理意涵	12
7 意識同一性閾值:H12	12
7.1 H12 的精準陳述	13
7.2 θ_c 的物理意義	13
7.3 與量子不可複製定理的相容性	13
7.4 H12 與意識哲學主要立場的對比	14
7.5 身份問題的哲學註記	14

1 引言: 從 QGWC 到 WMC	3
8 條件式定理:WMC 的精準表述	14
9 與既有研究的關係	15
10 可觀測訊號:WMC 的弱可檢驗性	16
10.1 訊號一:CMB 非高斯性異常	16
10.2 訊號二: 早期重力波背景	16
10.3 訊號三: 暗能量演化的偏離 Λ CDM	16
10.4 訊號的整體誠實判定	16
11 假說與猜想的分級判定	17
11.1 H17(光子傳播作為波型重構): 本體論重新詮釋	17
11.2 H12–H13: 條件式假說	17
11.3 H14–H16: 宇宙論猜想	17
11.4 最終判定	18
11.5 猜想為何有價值	18
12 結論	18

1 引言: 從 QGWC 到 WMC

我 QGWC [1] 提出了一個條件式假說, 主張黑洞、時間、量子觀測與羅森橋式遠距連通並非彼此孤立的物理實體, 而是同一底層量子幾何結構的不同表現。該文以 H1–H11 構築此一假說, 並就其與 ER=EPR、fuzzball、相對論量子資訊等既有研究方向之關係做了明確的對應。

然而, QGWC 之框架雖完整, 卻留下兩個邊界未被處理:

第一, QGWC 是局部的——它處理的是黑洞、量子觀測、特定時空連通等局部現象。它沒有處理宇宙起源、空間本體、光子傳播這些更基本的問題。

第二, QGWC 的 H10–H11 被明示為「科幻物理猜想」。但若深入追問: 光子的每一次傳遞, 是否本來就是一次微觀羅森橋類事件? 若是如此, 則 H10–H11 不是科幻, 而是對「光」這一已知物理現象的重新詮釋。

我必須坦白, 這個追問本身, 是在寫完 QGWC 第一版之後才浮現的。寫 H10–H11 那一節時, 我清楚知道它在當前物理框架下不可實驗驗證——但我同樣清楚, 「不可驗證」與「不存在」是兩回事。後來重讀 Wheeler–Feynman 1945 那篇, 以及思考光子固有時間恆為零這一點時, 我才意識到: H10–H11 描述的事, 如果尺度足夠小, 可能根本不需要等到未來人類發明什麼裝置, 它**每秒鐘都在發生**。WMC 即是這個意識的展開。

本文之目的, 即為解答此二邊界問題。我提出「波型一元宇宙論」(Wave-form Monistic Cosmology, WMC), 其核心立場為:

物質、空間、時間、光子傳播、宇宙起源、意識——這些看似彼此獨立的物理實體與現象，實質上是同一底層波型結構的不同層次與組構模式。整個宇宙在每一個瞬間，都在透過無數光子的波型重構事件，自我演示著「波型才是本體」這件事。

WMC 不是對主流物理的顛覆。它是以本體論語言，整合既有研究方向——Wheeler–Feynman 吸收體理論、Feynman 路徑積分、Wheeler–DeWitt 之時間消失、Smolin 宇宙自然選擇、Poplawski 扭轉彈跳、Bars two-time physics、ER=EPR、Van Raamsdonk 時空湧現——之嘗試。

術語選擇：一元論而非二元論

本文採用「一元論」(monism) 一詞，表示主張僅有單一基本實體類別 (波型)；而非「二元論」(物質與意識為兩種實體)、「多元論」(物理、生物、心智、社會各為獨立層次)。此一選擇有其哲學傳統：Spinoza 之實體一元論、Bohm 之隱含秩序 (implicate order)、Wheeler 之 “it from bit”——皆為一元論之不同變體。WMC 之獨特處，在於其一元實體為「波型」(wave-form)，而非物質、心智或資訊。

2 WMC 的本體論基礎與六項核心假說

2.1 三條基礎原則

本節我先列出 WMC 之三條基礎原則，作為其本體論承諾的明確陳述：

原則一 (波型優先性)。 宇宙的基本實體是**波型** (waveform) 及其組構規則，而非「物質粒子」或「空間-時間背景」。後二者是波型在特定條件下之湧現結構。

原則二 (基底既存性)。 物質與能量基底 $\mathcal{M}$ 在質量-能量守恆下既存於宇宙，不因觀察或重組而被消滅或新生。觀察者所「看到」的形態，是基底被特定波型 W 組構之結果。¹

原則三 (層次同源性)。 物質、空間、意識、宇宙演化等不同層次之現象，在更底層的描述下，是同一波型結構之不同表現。

備註 2.1. 原則一對應於 QGWC [1] 之 H8(波型組構假說)；原則二對應於 QGWC 之 H7(物質基底既存性)；原則三是 WMC 相對於 QGWC 的新貢獻，將「波型」從一個解釋工具升級為本體論基礎。

2.2 與既有本體論方案的對比

WMC 並非孤立提出。其與下列既有方案具備結構共鳴：

¹此處沿用 QGWC [1] §7 之符號約定：以 calligraphic 字體 $\mathcal{M}$ 標記物質/能量基底，以與時空流形 M 、黑洞質量 M 、測量算符 M_k 區分。

Bohm 的隱含秩序 (implicate order)[26]。Bohm 主張, 可觀察世界 (外顯秩序, explicate order) 是更深層「隱含秩序」之展開。WMC 之原則二可被視為此構想之物理化: 基底 $\mathcal{M}$ 對應隱含秩序中之普遍存有, 結構規則 W 對應由隱含展開為外顯之過程。

Wheeler 的「law without law」與「it from bit」[27]。Wheeler 主張, 物理律本身可能是更底層資訊結構之湧現; 「物理實在」最終是由「位元」(資訊) 所構成。WMC 之原則一與此相容——若波型可被視為一種資訊結構, 則「波型優先性」即為「it from bit」之具體化。

Bohr 的互補性與哥本哈根詮釋。標準哥本哈根詮釋強調觀察行為之構成性角色。WMC 不取消觀察者之角色, 但將其重新定位: 觀察是測量算符 M_k 與波型之耦合, 非「決定實在」, 而是「選擇實在之子集」。

2.3 六項核心假說 H12–H17

我於本節列出 WMC 之六項核心子假說 H12–H17, 其詳細數學表述與物理對應於後續各節展開。

- H12.** (意識同一性閾值) 兩個波型組構 Φ_A, Φ_B 所支持的意識狀態同一, 當且僅當其保真度 $\mathcal{F}(\Phi_A, \Phi_B)$ 超過某個閾值 θ_c 。低於此閾值, 即非「重建錯誤」, 而是「原意識消失, 新意識 (或無意識) 產生」。
- H13.** (空間-波型本體同一性) 空間不是「由波型湧現」的次級結構, 而是「波型的存在方式之一」; 若局部波型坍塌, 空間在該局部消失, 變為前幾何 (pre-geometric) 態。
- H14.** (大爆炸作為波型相變) 大爆炸不是「無中生有的奇點」, 而是底層波型在前幾何態下的相變開端; 宇宙演化是此波型的「重組—收斂—穩固」三階段過程。
- H15.** (黑洞–Big Bang 對偶) 黑洞引力極限與大爆炸開端為同一波型相變現象在不同時空節點之顯現; 一者為波型崩潰, 一者為波型重生。
- H16.** (多維時間擾動觸發) 宇宙演化之觸發機制, 可能來自我們經驗時間維度之外的另一時間維度中的微擾動; 這些擾動透過連鎖效應, 於我們所經驗的時空中顯化為對稱性破缺、暴脹啟動、結構形成等現象。
- H17.** (光子傳播作為波型重構) 光子不是「飛行的粒子」, 而是波型在發射節點解構、在吸收節點重構的同一事件; 「光速 c 」不是粒子速度, 而是外部觀察者尺度與波型重構過程的耦合常數。

H17 是 WMC 中最具立即說服力之子假說, 因為它建立於既有量子場論與路徑積分之上, 只需要本體論語言的重新詮釋, 不需要新的物理機制。我於第 3 節先處理它, 作為 WMC 之入口。其餘子假說 H12–H16 處理更高層次或更深層次之問題, 於後續章節展開。

3 光子傳播作為波型重構:H17

3.1 光子固有時間恆為零

我從相對論的一個直接推論開始。對任意觀察者, 其世界線 $\gamma(\lambda)$ 之固有時間定義為 (沿用 QGWC §3.1 之記號):

$$d\tau^2 = -\frac{1}{c^2} g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu. \quad (1)$$

對光子, 其世界線為零測地線 (null geodesic), 滿足

$$g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu = 0 \implies d\tau = 0. \quad (2)$$

也就是說: 從光子自身的視角, 沿其整條世界線的固有時間恆為零。對光子而言, 發射事件與吸收事件具備同一固有時間座標; 它們在光子的內參考系中, 是同一個事件。

這不是猜想, 而是相對論的標準推論。然而它的本體論意涵極少被認真討論。我在本節將此事實作為 H17 的基石。

命題 3.1 (光子的同時性). 對任意光子, 其世界線上所有事件在光子內參考系中具備同一固有時間。對光子而言, 宇宙沒有「距離」也沒有「飛行時間」。

3.2 Wheeler–Feynman 吸收體理論

Wheeler 與 Feynman [2, 3] 於 1945–1949 年提出之吸收體理論主張: 電磁波同時向時間前進 (retarded wave) 與時間後退 (advanced wave) 兩個方向傳播, 我們觀察到的「電磁交互作用」是兩種波在發射與吸收事件處的相干疊加。形式上, 某發射事件 A 與某吸收事件 B 之間的場為

$$F_{\mu\nu}^{\text{total}} = \frac{1}{2} (F_{\mu\nu}^{\text{ret}} + F_{\mu\nu}^{\text{adv}}), \quad (3)$$

其中 F^{ret} 為 $A \rightarrow B$ 之延遲波, F^{adv} 為 $B \rightarrow A$ 之超前波。

這個理論的本體論意涵正是我所主張的: 光子傳播不是「從 A 飛到 B 」, 而是 A 與 B 兩個事件透過電磁場的相干關聯被綁定為同一物理事件。

3.3 Feynman 路徑積分

Feynman [4] 之路徑積分形式進一步證實此一觀點。光子 (或任意量子粒子) 從 A 到 B 的傳播子, 是所有可能路徑 γ 的相位積分:

$$K(B, A) = \int \mathcal{D}\gamma e^{iS[\gamma]/\hbar}, \quad (4)$$

其中 $S[\gamma]$ 是沿路徑 γ 的作用量。

值得注意: 式 (4) 的積分涵蓋**所有**可能路徑——包括非經典路徑、繞遠路徑、看似超光速的路徑。對最終傳播子有貢獻的並非「單一路徑」, 而是所有路徑的相位干涉結果。

備註 3.2. 此事實常被表述為「量子粒子沒有確定的軌跡」。但更精準的本體論表述應為: 量子粒子的「軌跡」屬於觀察者透過特定測量過程提取出來的次級結構, 而非粒子的**內在屬性**。「人們看到的光線痕跡, 是波留下來的餘波」——此口語表述正捕捉到此一觀點。

3.4 c 的本體論重新詮釋

綜合上述, 我提出以下對「光速 c 」的本體論重新詮釋:

假說 3.3 (光子傳播作為波型重構,H17 形式化). 光子之「傳播」並非粒子於背景時空中之運動, 而是電磁場波型於發射節點 A 解構、於吸收節點 B 重構之同一事件。所謂「光速 c 」, 並非粒子速度, 而是**外部觀察者經驗的時空尺度與波型重構過程之耦合常數**。光子自身固有時間恆為零 (命題 3.1) 這一相對論事實, 提供此一詮釋的內在基礎。

更精確的形式化: 設外部觀察者 O 經驗時空尺度 $(\Delta x, \Delta t)$, 則

$$c = \frac{\Delta x_{\text{external}}}{\Delta t_{\text{external}}} \bigg|_{\text{single reconstruction event}}. \quad (5)$$

此處 c 應理解為「外部觀察者看到一次完整波型重構事件, 在其時空座標下對應的尺度比」, 而非「光跑得多快」之粒子速度。

3.5 H17 與 H10–H11 之結構同構

H17 與 QGWC [1] 之 H10–H11(動態羅森橋之波型傳輸) 在結構上是同一個事——只是尺度不同:

- H10–H11: 宏觀物體的波型, 可被映射至動態羅森橋通道, 並在出口節點重建為等價穩定形態。
- H17: 光子的電磁場波型, 從發射節點解構, 於吸收節點重構, 構成同一事件。

因此 H17 可被視為 H10–H11 之**微觀普遍版本**。每一次光子傳遞, 皆為一次微觀波型重構事件; 整個宇宙的每一瞬間——從太陽輻射到人眼瞳孔的那 8 分鐘旅程, 到星系團之間 10 億光年的光路, 到 CMB 從 38 萬年前傳到 WMAP 衛星——都被無數此類事件所貫穿。換句話說, 我們所經驗到的宇宙圖像, 本來就是無數次波型重構的結果。差別只是, 過去把它叫「光傳播」, 現在我把它叫「波型重構」。

備註 3.4 (科幻物理猜想的去神秘化). H17 之最重要意涵, 是讓 QGWC 之 H10–H11 從「科幻物理猜想」降格為「對既有現象之本體論重新詮釋」。並非「未來人類可能發明波型傳輸技術」, 而是「波型傳輸這件事, 每秒鐘都在妳眼前的光線中發生」。

4 時間作為波的維度

光子內參考系中無時間, 這件事一旦接受, 就會引出更根本的問題: 時間本身是什麼?

WMC 在此採取一個 strong 立場: 時間並非先驗給定的物理量, 而是波型結構中的某個參數維度。本節為 H16 鋪墊。

4.1 Wheeler–DeWitt 方程之時間消失問題

在量子重力中, 宇宙波函數 $\Psi[g]$ 滿足 Wheeler–DeWitt 方程 [5]:

$$\hat{H}\Psi[g] = 0. \quad (6)$$

值得注意的是, 式 (6) 中**沒有時間導數**。 Ψ 不是 $\Psi(t)$, 而是時空幾何 g 的函數。這意味著, 在量子重力的最基本層次, 時間實際上消失了——這就是著名的「量子重力的時間問題」(problem of time)[6, 7]。

時間如何從這個無時間方程中重新湧現, 是量子重力的核心未解問題之一。

4.2 Connes–Rovelli 的熱力學時間假說

Connes 與 Rovelli [8] 提出之熱力學時間假說 (thermal time hypothesis) 主張: 時間並非先驗給定, 而是由統計狀態 (modular flow) 自然湧現的參數。在 von Neumann 代數的脈絡下, 任何狀態 ω 都可定義一個 Tomita 流 σ_t^ω ; 此流在物理上扮演「時間演化」的角色。

也就是說: **時間是觀察者所處統計狀態下湧現的方向參數, 並非宇宙的內建鐘**。「時間變成一種波構成的參考參數」, 結構上即為此一觀點。

4.3 Bars 的 two-time physics

Bars [9] 於 1995 年起發展之 two-time physics 主張: 在某些 string duality 下, 自然界的基本時空應有兩個時間維度, 而非一個; 我們經驗到的「單一時間」是一個 gauge fixing 的結果。

此一框架支持 WMC 之 H16: **宇宙演化的觸發機制, 可能來自我們經驗時間之外的另一時間維度**。Bars 之工作為此一構想提供了形式化基礎。

4.4 時間作為波構成的參考參數

整合上述三條:

- Wheeler–DeWitt: 時間在量子重力中消失, 需從基底結構重新湧現
- Connes–Rovelli: 時間從統計狀態之 Tomita 流湧現

- Bars: 時間維度可能不只一個

WMC 之 H16 將此三條整合, 形式化為:

假說 4.1 (多維時間擾動觸發, H16 形式化). 存在一參數空間 $\mathcal{T} = \{T_a\}_{a=1}^n$, 其中 T_1 為我們所經驗之時間維度 (對應 QGWC §3.1 之固有時間), $T_2, \dots, T_n$ 為其他時間維度。² 底層波型 W 沿 $\mathcal{T}$ 之某種多維演化結構存在。某 T_a (其中 $a \neq 1$) 中之微擾動 $\delta_a W$, 透過 $\mathcal{T}$ 之耦合結構, 可於 T_1 中顯化為連鎖效應——例如對稱性破缺、暴脹啟動、結構形成等。

備註 4.2. 此假說具備強烈推測性, 於當前物理框架下不可直接檢驗。然其與 Bars 之 two-time physics、Wheeler–DeWitt 之時間問題、Connes–Rovelli 之熱時間假說皆有結構性對應, 我將其定位為**宇宙論猜想** (cosmological conjecture)。

4.5 H16 的主流物理對應: 真空相變與原初擾動

H16 雖具備強烈推測性, 但其「微擾動引發整體相變」之核心結構, 於現代宇宙學中有兩條成熟的主流物理對應:

Coleman–De Luccia 真空衰變 [32]。在此框架下, 早期宇宙處於一個亞穩定 (metastable) 之假真空態 (false vacuum); 某處之量子起伏 (quantum fluctuation) 觸發一個泡核 (bubble nucleation), 此泡核以光速擴張, 將整個區域轉變為真真空 (true vacuum) 態。H16 與此完全相容, 僅再主張: 觸發泡核之量子起伏, 可能源於 T_a ($a \neq 1$) 之擾動, 而非當前可觀察時空之純隨機過程。

Guth 暴脹之原初量子起伏 [33]。標準暴脹模型中, inflaton 場之量子起伏 (振幅 $\sim 10^{-5}$) 經暴脹放大, 成為 CMB 微波背景之溫度不均勻 (同樣 $\sim 10^{-5}$), 進而種子化星系結構之形成。此即一個由微小擾動引發大尺度結構之具體已被觀測之範例。

Higgs 自發對稱破缺 [34]。標準模型中, Higgs 場之真空期望值之選擇是自發性的——任何方向之微擾即可「打破」對稱, 確定當前真空態之方向。此亦為微擾動引發整體相變之範例。

H16 之獨特處, 在於將上述機制統合於波型語言下, 並指出此類微擾動之根本源頭, 可能位於我們經驗框架之外 (額外時間維度), 而非單純之隨機性。此一構想雖難以直接驗證, 但提供了一個更深層之觸發機制候選。

5 大爆炸、黑洞與宇宙起源:H14–H15

我本節同時處理 H14(大爆炸作為波型相變) 與 H15(黑洞–Big Bang 對偶)——它們在 WMC 框架下是同一個本體論主張之兩個面向。

²此處刻意以大寫 T_a 標記時間維度, 以與 QGWC [1] §3.1 中以小寫 τ_i 標記的單觀察者固有時間區分: τ_i 之下標 i 為觀察者索引, T_a 之下標 a 為時間維度索引。在弱場單時間極限下, $T_1 \equiv \tau$ 。

5.1 大爆炸作為波型相變:H14

標準 Λ CDM 宇宙演化可分為三大階段:

1. **重組階段** ($t < 10^{-36}$ s): 前幾何態, 量子重力主導, 時空-物質-能量尚未分化。標準物理失效。
2. **收斂階段** (10^{-36} s $< t < 10^{-32}$ s): 暴脹啟動, 對稱性破缺, 基本力分離, 粒子凝出。
3. **穩固階段** ($t > 10^{-32}$ s): 核合成、原子形成、結構演化、生命湧現。

在 WMC 框架下, 此三階段對應到波型的「重組—收斂—穩固」三相變。**大爆炸不是「奇點 + 無中生有」, 而是底層波型在前幾何態下啟動相變的開端。**

假說 5.1 (大爆炸作為波型相變,H14 形式化). 大爆炸並非標準宇宙學意義下的「奇點」, 而是底層波型 W 在前幾何態下, 因某觸發機制 (見 H16) 而啟動之相變開端。宇宙演化之三大階段——重組、收斂、穩固——分別對應到 W 之去耦合、對稱性破缺、穩定形態凝聚之三個相變過程。

5.2 協調性與共弦律

WMC 主張, 宇宙演化中所顯現之「精細調諧」(fine-tuning)——基本常數之精密匹配、生命可能性之窄窗——並非偶然, 而是底層波型結構之內在性質。我以兩個概念刻畫此性質:

協調性 (coordination): 基本常數 (重力常數、電磁耦合、強核力耦合等) 之間的精密匹配, 使穩定原子、化學、星體、生命之存在成為可能。在 WMC 框架下, 此協調性反映底層波型之內在約束結構, 而非任意取值。

共弦律 (string-coherence law): 在弦論之意義下, 所有基本粒子皆為同一條弦之不同振動模式 [24]。所謂「電子」、「光子」、「夸克」, 本體上是同一個振動結構之不同共振模式。WMC 將此「共弦」觀點推廣至所有物質形態: 整個宇宙之物質基底, 是同一底層波型之多重共振表現。

5.3 黑洞–Big Bang 對偶:H15

WMC 之 H15 主張: **黑洞引力極限與大爆炸開端, 是同一波型相變現象在不同時空節點之顯現——一者為波型崩潰, 一者為波型重生。**

此一構想在物理學中有三條對應的研究線:

Smolin 之宇宙自然選擇 [10]: 每個黑洞內部的奇點區域, 會「彈跳」並產生一個新的子宇宙。我們所在的宇宙可能就是某個母宇宙黑洞內部的產物。

Poplawski 之扭轉彈跳模型 [11]: 在含旋轉的時空 (Einstein–Cartan 理論) 下, 黑洞內部會自然形成彈跳, 產生新的暴脹宇宙。奇點被量子扭轉效應移除。

黑洞即宇宙觀點 [12, 13]: 我們的可觀測宇宙的史瓦西半徑 (基於宇宙臨界密度與 Hubble 半徑計算) 與可觀測宇宙半徑驚人接近, 暗示我們可能就「在」一個巨大黑洞內部。

假說 5.2 (黑洞–Big Bang 對偶,H15 形式化). 存在一對偶映射 $\mathcal{D}: BH^{collapse} \rightarrow BB^{onset}$, 使黑洞奇點之波型崩潰過程, 對應於另一時空節點之波型重生過程 (即新宇宙之大爆炸)。在弦論框架下, 此對偶可進一步表述為: 同一弦態於兩個時空節點上之不同邊界條件之顯現。

5.4 對偶的數學陳述:Schwarzschild $\leftrightarrow$ FLRW

我此處給出 H15 對偶的初步數學基礎。設黑洞外部度規為 Schwarzschild:

$$ds_{\text{BH}}^2 = -\left(1 - \frac{r_s}{r}\right) c^2 dt^2 + \left(1 - \frac{r_s}{r}\right)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2. \quad (7)$$

於視界內部 ($r < r_s$), r 與 t 之角色交換, r 變為類時座標。在此區域內, 某些坐標變換下, 度規可被映射為 Friedmann–Lemaître–Robertson–Walker (FLRW) 形式:

$$ds_{\text{FLRW}}^2 = -c^2 d\tau^2 + a^2(\tau) [dr^2 + r^2 d\Omega^2]. \quad (8)$$

也就是說, 黑洞內部之時空結構, 在數學上具備與膨脹宇宙 (FLRW) 相同之結構。此一觀察並非新——它已在 Easson–Brandenberger [31] 與其他黑洞宇宙論研究中被探討。H15 將其升級為本體論對偶: 此一數學等價並非偶然, 而是反映兩者實為同一波型相變之兩面。

5.5 在弦論框架下的整合

值得注意, 在弦論框架下, 黑洞本身已被視為某種 D-brane 結構或 fuzzball 微觀態 [21, 22]。也就是說, 在弦論語言下, 「黑洞作為弦態」與「大爆炸作為弦態相變」是同一語言下之兩個現象。

WMC 之 H14–H15 並非提出新的物理機制, 而是將上述既有研究線——Smolin、Poplawski、Pathria-Good、fuzzball、Penrose CCC——以「波型一元論」之本體論語言整合。

6 空間-波型本體同一性:H13

QGWC [1] §5.4 採用了 Van Raamsdonk [20] 的「時空由量子糾纏湧現」觀點。這是現象學主張——糾纏減少 $\Rightarrow$ 時空連通減少。WMC 之 H13 更推到本體論層次:

假說 6.1 (空間-波型本體同一性,H13 形式化). 空間並非由波型湧現之次級結構, 而是波型存在方式之一。設底層波型 W 在某局部區域 U 之相位耦合結構為 Φ_U ; 則空間在 U

上之幾何結構與 Φ_U 為本體同一 (*ontologically identical*)。若 Φ_U 局部坍塌, 則空間在 U 上消失, 變為前幾何 (*pre-geometric*) 態。

6.1 支持 H13 之研究方向

H13 雖然激進, 但有多條成熟研究線之支持:

Loop quantum gravity (LQG) [14, 15]: 在 LQG 中, 空間本身就是 spin network 量子態之某種解釋——不是「空間中有量子場」, 而是「空間即量子態」。WMC 之 H13 與此立場完全相容。

AdS/CFT 對偶 [16]: 在 Maldacena 對偶下, bulk 時空幾何完全由 boundary CFT 之量子糾纏結構編碼。也就是說, 時空幾何不是先驗的, 而是由邊界量子態決定。

Padmanabhan 的湧現重力 [17]: 重力可從熱力學原則自然湧現, 空間幾何不是基本實體, 而是更深層自由度之集體行為。

Penrose 客觀坍縮 (Orch-OR) [18]: 在某些版本下, 量子態坍縮會誘發局部時空結構之變動。此一立場與 H13 之「波型坍塌 $\Rightarrow$ 空間消失」結構同源。

6.2 H13 之物理意涵

若 H13 成立, 則:

1. 量子真空不是「空無一物的空間」, 而是「波型穩定態」。
2. 暗能量可能反映波型之內在張力。
3. 黑洞奇點不是「無窮密度的點」, 而是「波型耦合結構局部坍塌」之顯現。
4. 大爆炸之前的「前幾何態」(H14), 即為波型尚未組構出空間結構之原始狀態。

H13 因而成為串接 WMC 全篇的本體論樞紐——H14、H15 之宇宙起源, H17 之光子傳播, 都需要 H13 作為基底。

7 意識同一性閾值:H12

H12 是 WMC 裡最敏感的子假說, 因為它觸及意識——一個物理學至今沒辦法給出嚴格定義的對象。我必須先說明我不在做什麼: 我不在做心智哲學, 不在主張 qualia 的物理本質, 不在解釋「為什麼意識感覺起來像什麼」(the hard problem)。我做的事很有限, 即: 接受 QGWC [1] 之 H8(物體身份由波型 W 主導, 而非物質基底 $\mathcal{M}$ 主導), 然後問:「若意識是某種波型結構, 則同一意識在不同時空節點重建的條件是什麼?」

H12 是這個問題的形式化答案。它不解釋意識是什麼, 只給出意識延續的數學條件。

7.1 H12 的精準陳述

假說 7.1 (意識同一性閾值,H12 形式化). 兩個波型組構 Φ_A, Φ_B 所支持的意識狀態同一, 當且僅當其保真度 $\mathcal{F}(\Phi_A, \Phi_B) \geq \theta_c$, 其中 θ_c 為意識同一性閾值。當 $\mathcal{F} < \theta_c$, 不是「重建錯誤的同一意識」, 而是「原意識消失、新意識 (或無意識) 產生」。

7.2 θ_c 的物理意義

θ_c 之具體值, 當前物理無法決定。然其物理意義可分層討論:

- 若 θ_c 對應到神經元層次 (微米尺度), 則意識同一性由神經連結組 (connectome) 決定——對應到功能主義之主流立場。
- 若 θ_c 對應到突觸蛋白與神經傳遞物質層次 (奈米尺度), 則意識同一性需要更精細的分子結構保真——對應到 connectomics 之高精度版本。
- 若 θ_c 對應到量子層次 (皮米以下尺度), 則意識同一性涉及量子相干性——對應到 Penrose-Hameroff 之 Orch-OR 立場 [19]。

WMC 不主張 θ_c 取何值; 但 H12 主張「有此閾值」這件事本身。「波型不完整則人消失」之口語表述, 即此一閾值原則的自然語言版本。

7.3 與量子不可複製定理的相容性

讀者可能質疑: 若意識需要量子層次之精確波型, 則 Wootters-Zurek 不可複製定理 [23] 將禁止其重建。我於此以三段論回應:

(一)**H12 不要求複製, 而要求保真度。** QGWC [1] §7.4 已論證:H11 之波型傳輸不違反不可複製定理, 因其結構為「傳輸」(原態於入口消失) 而非「複製」(原態保留)。H12 承繼此一相容性——意識之重建非「複製」, 而是「在原態消解之同時於新基底上實現對應之波型」, 與量子隱形傳態 [30] 結構同一。

(二)**閾值 θ_c 可低於量子層次。** 若 θ_c 之物理對應為神經元連接層次 (微米尺度), 而非量子層次 (原子尺度), 則不可複製定理之限制不直接適用。功能主義 (functionalism) 立場下之意識重建, 落於此一範圍。

(三)**即使要求量子層次, 亦不全然違反。** 在環境誘發超選擇 (einselection)[29] 之意義下, 腦神經系統之巨觀波型於熱浴中迅速退相干, 其「重要量子資訊」可能比初看顯著為少。Tegmark [28] 估計腦中相關量子退相干時間極短 ($\sim 10^{-13}$ 秒), 意味意識之「量子內容」可能不足以使不可複製定理成為決定性反駁。

7.4 H12 與意識哲學主要立場的對比

H12 在意識哲學中之位置可由其與下列立場之關係界定:

- **物理主義 (physicalism):** 意識完全由物理狀態決定。H12 與此相容, 且更具體——意識由波型保真度決定。
- **功能主義 (functionalism):** 意識由功能組織決定, 可在不同物質基底上實現。H12 與此相容, 當 θ_c 取功能層次之閾值時。
- **屬性二元論 (property dualism):** 意識為物理之新興屬性, 不可化約為物理。H12 不直接支持此立場, 但若 θ_c 對應某種尚未理解之高階波型自我參照結構, 則屬性二元論之核心關切或可被部分涵納。
- **Penrose–Hameroff Orch-OR [19, 18]:** 意識涉及量子重力之客觀坍縮。H12 與此可相容 (若 θ_c 對應量子層次), 亦可不相容 (若 θ_c 取較粗糙層次)。

7.5 身份問題的哲學註記

H12 之最直接哲學意涵為: 若於另一時空節點重建之 Φ_B 滿足 $\mathcal{F}(\Phi_A, \Phi_B) \geq \theta_c$, 則 Φ_B 即為 Φ_A 之意識延續——不是「複製品」, 不是「另一個人」, 而是同一個意識在不同時空節點的顯現。

此一立場與 Parfit [25] 之「心理連續性」身份理論結構同源: 身份不在「物質連續性」, 而在「結構連續性」。WMC 之獨特處, 在於將此一哲學立場形式化為保真度閾值之物理條件。

備註 7.2. H12 不涉及「靈魂」、「主體性」等概念。WMC 不對意識的「主觀感受」(qualia) 做任何主張; 它僅主張意識作為一個物理過程 (波型結構) 的同一性條件。任何進一步的形上學討論——意識為何感覺如何、自我如何體驗——皆超出本文之範圍。

8 條件式定理:WMC 的精準表述

我於本節將 H12–H17 整合為一個條件式定理, 作為 WMC 之完整形式化。

定理 8.1 (WMC 之條件式一致性). 假設:

$$B1. \quad QGWC \text{ 之 } A1\text{--}A8 \text{ 假設成立 (見[1])。} \quad (9)$$

$$B2. \quad \text{光子世界線為零測地線, 固有時間恆為零。} \quad (10)$$

$$B3. \quad \text{時間並非先驗物理量, 而從統計或波型結構湧現。} \quad (11)$$

$$B4. \quad \text{存在多維時間參數空間 } \mathcal{T} = \{T_a\}_{a=1}^n \quad (12)$$

$$B5. \quad \text{空間幾何在本體上等同於波型相位耦合結構。} \quad (13)$$

$$B6. \quad \text{黑洞奇點與大爆炸開端為同一波型相變現象之對偶顯現。} \quad (14)$$

則可推出：

D1. (H17) 光子傳播為波型重構事件, c 為觀察者-重構之耦合常數。 (15)

D2. (H16) 某 $T_a \in \mathcal{T}$ ($a \neq 1$) 中之微擾動可於 T_1 中顯化為連鎖效應。 (16)

D3. (H14) 大爆炸為波型相變之開端, 非奇點。 (17)

D4. (H15) 存在對偶映射 $\mathcal{D} : BH^{collapse} \rightarrow BB^{onset}$ (18)

D5. (H13) 空間與波型相位耦合結構為本體同一。 (19)

D6. (H12) 意識同一性受保真度閾值 θ_c 控制。 (20)

証明. D1 由 B2 與第 3 節之 Wheeler–Feynman 與 Feynman 路徑積分論證得到。D2 由 B4 與第 4 節之 Bars–Connes–Rovelli 框架得到。D3 由 B3、B4 與第 5 節之三階段波型相變論證得到。D4 由 B6 與 Smolin–Poplawski–Pathria 既有研究之整合得到。D5 是 B5 之重述。D6 由 B1 之 A8(波型組構) 結合第 7 節之保真度閾值論證得到。□

備註 8.2. 定理 8.1 之意義與 QGWC 之主定理同: 它不證明 B1–B6 在物理上為真; 它只證明 WMC 在條件式意義下不是內部矛盾, 而是一個可被形式化、可推導之本體論方案。

9 與既有研究的關係

WMC 之每一項子假說, 皆有既有研究方向之對應 (表 1)。本文之學術貢獻, 不在發明新機制, 而在於以波型一元論之本體論語言, 將這些方向整合為單一鏈條。

WMC 子假說 / 哲學基礎	相關既有研究
本體論基礎	Bohm 隱含秩序 [26]; Wheeler “it from bit” [27]; Spinoza 實體一元論
H12 (意識閾值)	神經連結組學; Penrose–Hameroff Orch-OR [19, 18]; Tegmark 退相干 [28]; Parfit 心理連續性 [25]
H13 (空間 = 波型)	LQG [14, 15]; AdS/CFT [16]; Padmanabhan 湧現重力 [17]; CDT [37]
H14 (大爆炸 = 波型相變)	Penrose CCC [35]; Ashtekar LQC [36]; 暴脹 [33]
H15 (BH–BB 對偶)	Smolin CNS [10]; Poplawski 扭轉彈跳 [11]; Pathria–Good [12, 13]; Easson–Brandenberger [31]
H16 (多維時間擾動)	Wheeler–DeWitt [5]; Bars two-time physics [9]; Connes–Rovelli 熱時間 [8]; Coleman–De Luccia 真空衰變 [32]
H17 (光子 = 波型重構)	Wheeler–Feynman 吸收體 [2, 3]; Feynman 路徑積分 [4]; 相對論光子固有時間
協調性與共弦律	弦論 string landscape [38]; 精細調諧 [39]; Polchinski 弦論 [24]

表 1: WMC 子假說與既有研究對應 (擴展版)

WMC 與這些研究方向並非對立——它們是 WMC 在不同物理層次之既有形式化。WMC 的工作是把它們以共同語言整合, 並指出: 這些看似獨立的研究線, 其實在主張同一件事——宇宙的基本實體不是「物質 + 空間 + 時間 + 意識」之四元組, 而是「波型」一元結構在不同層次之表現。

10 可觀測訊號:WMC 的弱可檢驗性

我 QGWC [1] 中提出五項可檢驗預測, 並為其補上數量級估計。WMC 之情況有所不同: 其大部分主張之可觀測性遠低於當前儀器靈敏度。我於此誠實列出 WMC 之少數可能訊號, 並標示其困難度。

10.1 訊號一:CMB 非高斯性異常

若 H14–H16 成立, 則大爆炸作為波型相變之過程, 可能在 CMB 微波背景中留下非高斯性 (non-Gaussianity) 之痕跡。Planck 衛星 [40] 對 CMB 非高斯性參數 f_{NL} 之當前限制約為 $|f_{NL}| < 5$ 。波型相變之預測尚無具體數值, 但若 f_{NL} 顯著偏離零, 可能支持非標準暴脹之觸發機制——亦即 H16 之多維時間擾動之間接證據。

10.2 訊號二: 早期重力波背景

LISA 等太空重力波天文台之長期目標之一是觀測早期宇宙重力波背景。若大爆炸為波型相變, 則相變過程中可能產生特殊頻譜之重力波訊號。具體頻譜預測尚未由 WMC 給出, 屬於未來工作。然而 LISA(2030 年代) 之頻寬涵蓋早期宇宙 (post-inflationary) 之重要時期, 若觀測到非標準頻譜, 可能支持 H14 之相變圖像。

10.3 訊號三: 暗能量演化的偏離 Λ CDM

當前暗能量觀測 (DESI [41]、Euclid) 已開始顯示與標準 Λ CDM 模型之輕微偏離, 即所謂 *dynamical dark energy*。若 H14 之波型相變仍進行中, 暗能量之動力學偏離可能為其晚期之痕跡。此一連結尚未具體形式化, 屬於 WMC 之長期研究目標。

10.4 訊號的整體誠實判定

誠實之必要: WMC 之主要工作不在「立即被觀測檢驗」, 而在「為一組結構性問題提供連貫之本體論框架」。讀者不應期待 WMC 在可預見未來被直接證實或證偽; 其學術價值在於思想結構之整合與傳承。

唯一例外是 H17: 其建基於既有量子場論與路徑積分之事實, 在當前框架下已支持, 僅需本體論詮釋之接受。

11 假說與猜想的分級判定

我於本節就 H12–H17 之學術定位給出分級判定, 延續 QGWC [1] §12 之分級方法。

11.1 H17(光子傳播作為波型重構): 本體論重新詮釋

H17 為 WMC 中最具立即說服力之子假說, 因其建基於以下三項已被接受之物理事實:

1. 光子固有時間恆為零 (相對論之直接推論)
2. Wheeler–Feynman 吸收體理論 (古典電動力學之數學結果)
3. Feynman 路徑積分 (量子場論之標準工具)

H17 並非提出新物理機制, 而是對既有現象之本體論重新詮釋。因此, **H17 定位為「本體論重新詮釋」** (ontological reinterpretation), 而非新假說。其學術地位高於普通 hypothesis——它不需要新證據支持, 只需要在既有框架下被接受其本體論意涵。

11.2 H12–H13: 條件式假說

H12(意識閾值) 與 H13(空間 = 波型) 定位為**條件式假說** (conditional hypothesis)。它們具備:

- 嚴格定義 (保真度閾值; 波型相位耦合結構)
- 與既有研究之明確對應 (神經連結組學; LQG/AdS-CFT)
- 原則上之可檢驗性 (意識實驗; 時空-糾纏耦合實驗)

但其具體閾值或具體耦合常數, 在當前技術下尚不可精準量測。

11.3 H14–H16: 宇宙論猜想

H14(大爆炸 = 波型相變)、H15(黑洞–BB 對偶)、H16(多維時間擾動) 定位為**宇宙論猜想** (cosmological conjecture)。它們:

- 與既有宇宙論研究 (Smolin、Poplawski、Bars 等) 有明確結構性對應
- 不違反任何已知物理定律
- 但因涉及宇宙起源、不可重複事件、超經驗時間維度等, 於可預見未來不具備直接檢驗性

它們之價值在於提供統一本體論之鏈條, 而非作為可被立即證偽之預測。

11.4 最終判定

H17 為本體論重新詮釋, 基於既有量子場論與路徑積分。

H12–H13 為條件式假說, 可於將來實驗中接受或駁斥。

H14–H16 為宇宙論猜想, 提供統一本體論之鏈條。

WMC 整體為一個本體論方案, 承繼 QGWC 之條件式結構, 並將其本體論基礎擴展至光子、空間、時間、宇宙起源、意識之統一框架。

11.5 猜想為何有價值

讀者或質疑: 既然 WMC 之 H14–H16 大部分不可立即檢驗, 其價值何在? 我以三點回應:

(一) **思想結構之傳承**。即使無法立即檢驗, 結構性猜想若被清晰形式化, 可被未來研究者繼承、批評、修正、延伸。物理史上, Einstein 1915 年提出廣義相對論時, 當時無 LIGO、無高精度原子鐘、無 GPS——其完整實驗檢驗需 100 年。其價值不在當下檢驗, 而在思想已被精準固定, 使後續實驗能對標的清晰命題進行驗證。

(二) **觀念地圖之提供**。WMC 為「物質、空間、意識、宇宙起源」此一困難領域提供一個結構連貫之觀念地圖。即使具體機制未被驗證, 觀念地圖本身有助於後續研究者組織思考——它告訴後人: 這些看似獨立的問題, 可能屬於同一個更大的結構。

(三) **統一性之追求**。物理學之核心追求之一, 是將原本看似獨立之現象統合於同一理論框架 (電與磁 $\rightarrow$ 電磁學; 空間與時間 $\rightarrow$ 時空; 粒子與場 $\rightarrow$ 量子場論)。WMC 之野心, 是將物質、空間、意識、宇宙起源, 統合於波型一元論。即使此一統合最終被否證, 嘗試本身有價值。

12 結論

本文中我以 QGWC [1] 為基礎, 提出「波型一元宇宙論」(WMC) 作為其本體論延伸。WMC 之核心立場為: 物質、空間、時間、光子傳播、宇宙起源、意識——這些看似獨立的物理實體與現象, 實質上是同一底層波型結構的不同層次與組構模式。

本文之主要貢獻有三:

第一, H17 對光子傳播的本體論重新詮釋: 從光子固有時間恆為零這一相對論事實出發, 結合 Wheeler–Feynman 吸收體理論與 Feynman 路徑積分, 我論證「光速 c 」並非粒子速度, 而是外部觀察者尺度與波型重構過程之耦合常數。每一次光子傳遞, 皆為一次微觀波型重構事件——這讓 QGWC 之 H10–H11 從「科幻物理猜想」降格為「對既有現象之本體論重新詮釋」。

第二, WMC 的整合性: H12–H17 將意識 (神經連結組學)、空間 (LQG/AdS-CFT)、時間 (Wheeler–DeWitt/Bars/Connes)、宇宙起源 (Smolin/Poplawski)、光子傳播 (Wheeler-Feynman/Feynman) 整合於同一本體論框架。本文之工作不在於發明新機制, 而在於指出這些既有研究線在主張同一件事——宇宙的基本實體是波型, 不是物質、空間、時間、意識之四元組。

第三, 分級判定的明確性: H17 為本體論重新詮釋, 基於既有量子場論; H12–H13 為條件式假說, 可於將來接受或駁斥; H14–H16 為宇宙論猜想, 提供統一本體論之鏈條。此一分級避免了將不同學術地位之主張混為一談。

我以一句話總結 WMC 之核心立場:

整個宇宙在每一個瞬間, 都在透過無數光子的波型重構事件, 自我演示著「波型才是本體」這件事。從黑洞奇點到大爆炸開端、從空間幾何到意識同一性、從一個光子的飛行到一個生命的存在——它們皆為同一底層波型結構之不同層次顯現。

WMC 不主張顛覆主流物理。它主張的是: 主流物理已經告訴我們波型一元論, 我們只是還沒這樣說出來。

参考文献

- [1] Chen Ho Yiing, “量子幾何波連通假說: 黑洞、局部時間與羅森橋式遠距連通的條件式數學化 (Quantum Geometric Wave Connectivity Hypothesis),” (2026). 姊妹論文。
- [2] J. A. Wheeler, R. P. Feynman, “Interaction with the absorber as the mechanism of radiation,” *Rev. Mod. Phys.* 17, 157 (1945).
- [3] J. A. Wheeler, R. P. Feynman, “Classical electrodynamics in terms of direct inter-particle action,” *Rev. Mod. Phys.* 21, 425 (1949).
- [4] R. P. Feynman, “Space-time approach to non-relativistic quantum mechanics,” *Rev. Mod. Phys.* 20, 367 (1948).
- [5] B. S. DeWitt, “Quantum theory of gravity. I. The canonical theory,” *Phys. Rev.* 160, 1113 (1967).
- [6] K. V. Kuchař, “Time and interpretations of quantum gravity,” *Proc. 4th Canadian Conf. on Gen. Rel. and Rel. Astrophys.*, World Scientific (1992).
- [7] C. J. Isham, “Canonical quantum gravity and the problem of time,” *Integrable Systems, Quantum Groups, and Quantum Field Theories*, Kluwer (1992). arXiv:gr-qc/9210011.

- [8] A. Connes, C. Rovelli, “Von Neumann algebra automorphisms and time-thermodynamics relation in generally covariant quantum theories,” *Class. Quant. Grav.* 11, 2899 (1994).
- [9] I. Bars, “Two-time physics with gravitational and gauge field backgrounds,” *Phys. Rev. D* 62, 085015 (2000). arXiv:hep-th/0008164.
- [10] L. Smolin, “Did the universe evolve?” *Class. Quant. Grav.* 9, 173 (1992).
- [11] N. J. Poplawski, “Cosmology with torsion: An alternative to cosmic inflation,” *Phys. Lett. B* 694, 181 (2010).
- [12] R. K. Pathria, “The universe as a black hole,” *Nature* 240, 298 (1972).
- [13] I. J. Good, “Chinese universes,” *Phys. Today* 25, 15 (1972).
- [14] C. Rovelli, *Quantum Gravity*. Cambridge University Press (2004).
- [15] A. Ashtekar, J. Lewandowski, “Background independent quantum gravity: A status report,” *Class. Quant. Grav.* 21, R53 (2004).
- [16] J. Maldacena, “The large-N limit of superconformal field theories and supergravity,” *Adv. Theor. Math. Phys.* 2, 231 (1998).
- [17] T. Padmanabhan, “Thermodynamical aspects of gravity: New insights,” *Rep. Prog. Phys.* 73, 046901 (2010).
- [18] R. Penrose, “On gravity’s role in quantum state reduction,” *Gen. Rel. Grav.* 28, 581 (1996).
- [19] S. Hameroff, R. Penrose, “Orchestrated reduction of quantum coherence in brain microtubules: A model for consciousness,” *Math. Comput. Simulation* 40, 453 (1996).
- [20] M. Van Raamsdonk, “Building up spacetime with quantum entanglement,” *Gen. Rel. Grav.* 42, 2323 (2010). arXiv:1005.3035.
- [21] S. D. Mathur, “The fuzzball proposal for black holes,” *Fortsch. Phys.* 53, 793 (2005).
- [22] I. Bena, E. J. Martinec, S. D. Mathur, N. P. Warner, “Fuzzballs and Microstate Geometries: Black-Hole Structure in String Theory,” arXiv:2204.13113 (2022).
- [23] W. K. Wootters, W. H. Zurek, “A single quantum cannot be cloned,” *Nature* 299, 802 (1982).
- [24] J. Polchinski, *String Theory*, Vols. 1–2. Cambridge University Press (1998).
- [25] D. Parfit, *Reasons and Persons*. Oxford University Press (1984).

- [26] D. Bohm, *Wholeness and the Implicate Order*. Routledge & Kegan Paul (1980).
- [27] J. A. Wheeler, “Information, physics, quantum: the search for links,” in W. H. Zurek (ed.), *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*. Addison-Wesley (1990).
- [28] M. Tegmark, “Importance of quantum decoherence in brain processes,” *Phys. Rev. E* 61, 4194 (2000).
- [29] W. H. Zurek, “Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical,” *Rev. Mod. Phys.* 75, 715 (2003).
- [30] C. H. Bennett et al., “Teleporting an unknown quantum state via dual classical and Einstein–Podolsky–Rosen channels,” *Phys. Rev. Lett.* 70, 1895 (1993).
- [31] D. A. Easson, R. H. Brandenberger, “Universe generation from black hole interiors,” *JHEP* 06, 024 (2001).
- [32] S. Coleman, F. De Luccia, “Gravitational effects on and of vacuum decay,” *Phys. Rev. D* 21, 3305 (1980).
- [33] A. H. Guth, “Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems,” *Phys. Rev. D* 23, 347 (1981).
- [34] P. W. Higgs, “Broken symmetries and the masses of gauge bosons,” *Phys. Rev. Lett.* 13, 508 (1964).
- [35] R. Penrose, *Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe*. The Bodley Head (2010).
- [36] A. Ashtekar, T. Pawłowski, P. Singh, “Quantum nature of the big bang,” *Phys. Rev. Lett.* 96, 141301 (2006).
- [37] J. Ambjorn, J. Jurkiewicz, R. Loll, “Causal Dynamical Triangulations and the search for a theory of quantum gravity,” *Int. J. Mod. Phys. D* 22, 1330019 (2012).
- [38] L. Susskind, “The anthropic landscape of string theory,” arXiv:hep-th/0302219 (2003).
- [39] M. Tegmark, “Is ‘the theory of everything’ merely the ultimate ensemble theory?,” *Annals Phys.* 270, 1 (1998).
- [40] Planck Collaboration, “Planck 2018 results. IX. Constraints on primordial non-Gaussianity,” *Astron. Astrophys.* 641, A9 (2020).
- [41] DESI Collaboration, “DESI 2024 VI: Cosmological constraints from the measurements of baryon acoustic oscillations,” arXiv:2404.03002 (2024).