क्वांटम क्रम्प (Quantum Krump): क्रम्प स्ट्रीट डांस, लाबान गति विश्लेषण और श्रेणी सिद्धांत के माध्यम से सुपरपोजिशन, इंटैंगलमेंट और इंटरफेरेंस का शिक्षण

अरुण नादरासा (Arun Nadarasa)
Angels of Krump Movement Federation
https://arunnadarasa.github.io/quantumkrump/

डकोटा सिमाओ (Dakota Simao)
Twin Bad Liks / *Jr Outrage*
कलात्मक निदेशक एवं कोरियोग्राफर, क्रम्प / समकालीन नृत्य
जिनेवा, स्विट्ज़रलैंड
https://www.youtube.com/@dakotasimao

नवंबर 2026 *प्रीप्रिंट*

सारांश

यह शोधपत्र *क्वांटम क्रम्प (Quantum Krump)* प्रस्तुत करता है, जो एक अनूठा मूर्त (embodied) शिक्षण पाठ्यक्रम, बहुविध डिजिटल पारिस्थितिकी तंत्र और पूर्णकालिक नाटकीय मंचन ढांचा (*11th Quantum Dimension*) है। इसका उद्देश्य लॉस एंजिल्स की प्रामाणिक शहरी स्ट्रीट डांस शैली **क्रम्प (Krump)**, **लाबान गति विश्लेषण (Laban Movement Analysis – LMA)** और **अनुप्रयुक्त श्रेणी सिद्धांत (Applied Category Theory)** के संयोजन के माध्यम से गैर-तकनीकी शिक्षार्थियों और नर्तकियों को क्वांटम सूचना विज्ञान की तीन मूलभूत अवधारणाओं —**सुपरपोजिशन (अध्यारोपण)**, **इंटैंगलमेंट (क्वांटम उलझाव)**, और **फेज़ इंटरफेरेंस (कला व्यतिकरण)**—का प्रत्यक्ष शारीरिक अनुभव प्रदान करना है। हम लाबान प्रयास कारकों (Laban Effort Factors: Space, Weight, Time, Flow) और मौलिक प्रयास क्रियाओं (Eight Effort Actions: Punch, Press, Glide, Float, Dab, Wring, Slash, Flick) को क्रम्प की चार बुनियादी शारीरिक गतियों (`STOMP`, `JAB`, `CHEST POP`, `ARM SWING`), तीन ऊर्ध्वाधर स्थानिक स्तरों (`LIVE`, `KRUMP`, `BUCK`) और 3D ब्लोच क्षेत्र (Bloch Sphere) निर्देशांकों के साथ एक त्रि-आयामी संरचनात्मक पत्राचार के रूप में स्थापित करते हैं। इस शैक्षणिक ढांचे को n-क्यूबिट भावात्मक भावना चक्र ($n \in \{1, 2, 3, 4\}$, 16 भावनाएं) और 5×4 आयताकार मंच ग्रिड पर डिजक्स्ट्रा (Dijkstra) पाथफाइंडिंग, हाईकू (Haiqu) अवस्था संपीड़न (85.7% परिपथ गहराई में कमी), और जिज (Jij / OpenJij) द्विघात अप्रतिबंधित द्विआधारी अनुकूलन (QUBO) बहु-नर्तक टकराव-मुक्त शेड्यूलिंग ($E_0 = -7.3569$) द्वारा विस्तारित किया गया है। इसके अतिरिक्त, हम एकल और युगल कोरियोग्राफी को फ्रोबेनियस बीजगणित से सुसज्जित एक सममित डैगर-कॉम्पैक्ट मोनोइडल श्रेणी ($\mathcal{C}_{\text{Krump}}$) के रूप में औपचारिक रूप देते हैं, जिसे `DisCoPy` स्ट्रिंग आरेखों के माध्यम से क्वांटम परिपथों में संकलित किया जाता है। इसकी प्रायोगिक पुष्टि Quantinuum के `Helios-1E-lite` ट्रैप्ड-आयन एमुलेटर (Lane K301) पर यथार्थवादी शोर मॉडल के तहत की गई है, जिसमें मध्य-परिपथ मापन, प्रकाशीय पम्पिंग रीसेट और एकल-क्यूबिट पुन: उपयोग के साथ 99.41% तक आधार-अवस्था फिडेलिटी प्राप्त हुई। साथ ही, सैंडिया राष्ट्रीय प्रयोगशालाओं के QUOPS वॉल्यूमेट्रिक बेंचमार्किंग ($Q = 256$) द्वारा शास्त्रीय सीपीयू संकुचन की तुलना में $7{,}812.5\times$ शास्त्रीय उपयोगिता अंतर को पारदर्शी रूप से प्रलेखित कर क्वांटम प्रचार का खंडन किया गया है। अंत में, सह-लेखक डकोटा सिमाओ के 30 करोड़ (300M+) से अधिक बार देखे गए घरेलू हिंसा विषयक कोरियोग्राफिक अनुभव के आधार पर 20 नर्तकियों के लिए 60 मिनट की पूर्णकालिक नाटकीय प्रस्तुति *11th Quantum Dimension* की संरचना प्रस्तुत की गई है, जो `Three.js`, `anime.js`, `ElevenLabs` और `Moth Quantum` तकनीकों द्वारा संचालित है। संपूर्ण पांडुलिपि का आंतरिक ज्ञानमीमांसा ऑडिट TypeSafe के **Jev 1.14** मॉडल द्वारा निष्पादित किया गया है।

कीवर्ड: क्वांटम सूचना विज्ञान शिक्षा, मूर्त अनुभूति, क्रम्प स्ट्रीट डांस, लाबान गति विश्लेषण, अनुप्रयुक्त श्रेणी सिद्धांत, डैगर-कॉम्पैक्ट मोनोइडल श्रेणियां, DisCoPy स्ट्रिंग आरेख, ट्रैप्ड-आयन क्वांटम कंप्यूटिंग, Quantinuum Nexus, Haiqu संपीड़न, QUBO शेड्यूलिंग, 11th Quantum Dimension, घरेलू हिंसा आख्यान, डकोटा सिमाओ, TypeSafe Jev।

Contents

1 प्रस्तावना (Introduction) 5

2 ऐतिहासिक और सांस्कृतिक पृष्ठभूमि (Foundational Background) 6

3 कार्यशाला वास्तुकला और शिक्षण डिजाइन (Workshop Architecture and Instructional Design) 7

4 शारीरिक अभ्यास और स्थानिक ज्यामिति (Embodied Drills and Spatial Geometry) 8

5 लाबान $\times$ क्रम्प $\times$ क्वांटम मानचित्र (The Laban $\times$ Krump $\times$ Quantum Map) 11

5.1 क्वांटम फेज़ के रूप में लय, पॉलीरिथमिक बीट्स और 140–150 BPM क्रम्प मेट्रिक लैटिस (Rhythm as Quantum Phase, Polyrhythmic Beats, and 140–150 BPM Metric Lattice) . 12

6 भावना क्यूबिट्स और पदानुक्रमित अवस्था एन्कोडिंग (Emotion Qubits and Hierarchical State Encoding) 13

7 क्वांटम-मापित मंच कोरियोग्राफी और स्केलेबिलिटी (Quantum-Measured Stage Choreography and Scalability) 15

7.1 ग्रिड मैपिंग और डिजक्स्ट्रा पाथफाइंडिंग 15
7.2 Haiqu अवस्था संपीड़न और परिपथ गहराई में कमी 15
7.3 सैंडिया प्रयोगशाला QUOPS वॉल्यूमेट्रिक स्केलेबिलिटी 16
7.4 Jij के माध्यम से बहु-नर्तक QUBO शेड्यूलिंग 16
7.5 HQS स्पिन-जालक इंटैंगलमेंट गतिशीलता 17

8 शारीरिक और बायोफिजिकल नींव (Somatic and Biophysical Foundations) 17

8.1 BioHub विकासवादी प्रोटीन एम्बेडिंग (H_{BioHub}) 17
8.2 AlphaGenome एटलस सर्केडियन गतिशीलता और सामूहिक तालमेल ($H_{\text{AlphaGenome}}$) 18
8.3 Neurosnap न्यूरोमस्कुलर गेटिंग और सिनैप्टिक क्लीयरेंस ($H_{\text{Neurosnap}}$) 18
8.4 Arc Institute ब्रिज-आरएनए रिकॉम्बिनेज स्टेट मशीन ($H_{\text{ArcInstitute}}$) 19

9 श्रेणी-सैद्धांतिक ढांचा : CatKS और CatKP 19

9.1 मोनोइडल कोरियोग्राफी, DisCoPy स्ट्रिंग आरेख और डैगर-कॉम्पैक्ट युगल 21

10 दक्षता मार्ग, बैटल प्रारूप और प्रमाणन (Proficiency Pathway, Battle Format, and Certification) 24

11 11th Quantum Dimension : मूर्त कोरियोग्राफी, सामाजिक आख्यान और रचनात्मक क्वांटम तालमेल 25

11.1 ज्ञानमीमांसा सेतु : तकनीकी भाषा की बाधा को पार करना 25
11.2 गैर-तकनीकी नर्तकियों के लिए क्वांटम यांत्रिकी का शारीरिक अनुवाद 26
11.3 20 नर्तकियों के लिए 4-अधिनियम नाटकीय वास्तुकला 26
11.4 मल्टीमॉडल रचनात्मक प्रौद्योगिकी पाइपलाइन 27
11.5 विश्व दौरा रोडमैप और सांस्कृतिक प्रभाव 28

12 हेलिओस-1E-लाइट पर प्रायोगिक ट्रैप्ड-आयन परिणाम (Lane K301) 28

13 TypeSafe Jev 1.14 के माध्यम से स्वचालित ज्ञानमीमांसा स्व-ऑडिट 30

14 Rhyme के माध्यम से उच्च-स्तरीय प्रतीकात्मक क्वांटम निष्पादन : लयबद्ध फेज़ बेंचमार्क 32

15 भौतिक एआई, मानवरूपी रोबोटिक्स और संवेदी गतिक अनुनाद (Physical AI, Humanoid Robotics, and Affective Kinesthetic Resonance) 34

16 SwarmKrumpWorld : स्टिग्मर्जिक विकास एवं फेनोटाइपिक मल्टी-मॉडल क्वांटम संकलन 39

17 क्वांटम क्रम्प मशीन लर्निंग मॉडल (QKMLM): वेरिएशनल क्वांटम वर्गीकरण और सर्वरलेस क्लाउड इन्फरेंस 41

18 बहु-मंच संगणकीय बेंचमार्क गणना (Master Benchmark Census) 44

19 चर्चा, सीमाएं और अनुभवजन्य रोडमैप (Discussion, Limitations, and Empirical Roadmap) 46

20 निष्कर्ष (Conclusion) 46

1 प्रस्तावना (Introduction)

रिचर्ड फेनमैन ने 1981 में भौतिकी के सिमुलेशन पर अपने ऐतिहासिक व्याख्यान में प्रसिद्ध रूप से टिप्पणी की थी: *"प्रकृति शास्त्रीय नहीं है, धिक्कार है, और यदि आप प्रकृति का सिमुलेशन करना चाहते हैं, तो बेहतर होगा कि आप इसे क्वांटम बनाएं, और ईश्वर की शपथ यह एक अद्भुत समस्या है, क्योंकि यह इतनी आसान नहीं दिखती"* [17]। परिचयात्मक क्वांटम अवधारणाएं—विशेष रूप से सुसंगत सुपरपोजिशन, गैर-स्थानीय इंटैंगलमेंट और सापेक्ष चरण व्यतिकरण—जब विशेष रूप से अमूर्त रैखिक बीजगणित या मैट्रिक्स यांत्रिकी के माध्यम से सिखाई जाती हैं, तो उन्हें अवधारणा बनाना कुख्यात रूप से कठिन होता है। इसके विपरीत, मानव शरीर एक भौतिक और अभिव्यंजक माध्यम का गठन करता है जिसे शिक्षार्थी सहज रूप से समझते हैं। जैसा कि कंप्यूटर आर्ट्स सोसाइटी के डिजिटल कलाकार सीन क्लार्क ने टिप्पणी की है, कलाकार *"अक्सर नई तकनीकों को अपनाने में अग्रणी होते हैं"* और *"जो कुछ भी मूल रूप से कला के लिए डिज़ाइन नहीं किया गया था उसे लेकर कलात्मक रचना के अनुकूल बना सकते हैं"* [9]।

मूर्त भौतिकी (Embodied Physics) और कला को एकीकृत करने वाले स्टीम (STEAM) कार्यक्रमों में शोध ने प्रदर्शित किया है कि गतिज और कोरियोग्राफिक अधिनियमन वैज्ञानिक घटनाओं तक पहुँचने में संज्ञानात्मक बाधाओं को काफी कम करते हैं [7, 42, 60]। जब शिक्षार्थी भौतिक रूप से एक स्थानिक अभिविन्यास या एक लयबद्ध संकुचन निष्पादित करते हैं, तो वे एक मोटर एन्कोडिंग विकसित करते हैं जो सैद्धांतिक मॉडल को भौतिक अंतर्ज्ञान में मजबूती से लंगर डालती है। क्वांटम आउटरीच में हाल के प्रयासों ने समकालीन बैले [7], हाथ से इशारा करने वाले मॉडल [29], और इंटरैक्टिव सिमुलेटर [59] का उपयोग किया है। हालांकि, ये प्रयास अक्सर शास्त्रीय भ्रांतियों का शिकार होते हैं—जैसे कि 'घूमते हुए सिक्के' या 'डिमर स्विच' के रूपक—जो क्वांटम सुपरपोजिशन की जटिल आयाम प्रकृति और गैर-स्थानीय उलझाव की समझ को विकृत करते हैं।

इस शैक्षणिक चुनौती के समाधान के लिए, हम **क्वांटम क्रम्प (Quantum Krump)** प्रस्तुत करते हैं। क्रम्प (Krump) 2000 के दशक की शुरुआत में साउथ सेंट्रल लॉस एंजिल्स में विकसित एक अत्यधिक शक्तिशाली, अभिव्यंजक और संरचनात्मक रूप से समृद्ध शहरी स्ट्रीट डांस शैली है [34]। क्रम्प की शारीरिक भाषा अत्यंत तीव्र, सटीक और बहुस्तरीय होती है, जिसमें चार मुख्य शारीरिक आधार शामिल हैं: `STOMP` (जमीन पर जोरदार पैर मारना), `JAB` (तीव्र रैखिक मुक्का), `CHEST POP` (छाती का शक्तिशाली लयबद्ध प्रहार), और `ARM SWING` (भुजाओं का वृत्ताकार प्रवाह)। ये गतिविधियां तीन सुस्पष्ट ऊर्ध्वाधर स्थानिक स्तरों पर निष्पादित की जाती हैं: `LIVE` (सिर और छाती से ऊपर का आकाश स्तर), `KRUMP` (धड़ और कमर का मध्यवर्ती क्षैतिज स्तर), और `BUCK` (घुटने मुड़े हुए जमीन से जुड़ा गहरा गुरुत्वाकर्षण स्तर)।

हम क्रम्प की इस जीवंत शारीरिक शब्दावली को **लाबान गति विश्लेषण (Laban Movement Analysis – LMA)** [33] के साथ जोड़ते हैं। रुडोल्फ लाबान का चार आयामी प्रयास ढांचा—स्थान (Space: प्रत्यक्ष बनाम अप्रत्यक्ष), भार (Weight: सशक्त बनाम हल्का), समय (Time: अचानक बनाम निरंतर), और प्रवाह (Flow: बंधा हुआ बनाम मुक्त)—क्रम्प की गतियों को वैज्ञानिक रूप से वर्गीकृत करने के लिए एक कठोर भाषा प्रदान करता है। इस त्रि-आयामी समन्वय (क्रम्प $\times$ लाबान $\times$ क्वांटम) के माध्यम से, हम नर्तक के चारों ओर के त्रि-आयामी व्यक्तिगत गति-क्षेत्र (kinesphere) को एक 3D ब्लोच क्षेत्र (Bloch Sphere) के रूप में मैप करते हैं [6]। उत्तर ध्रुव ($+z$, अवस्था $|0\rangle$) सीधे खड़े होने की मुद्रा का प्रतिनिधित्व करता है, दक्षिण ध्रुव ($-z$, अवस्था $|1\rangle$) `BUCK` स्तर में गहरी झुकने और जमीन पर `STOMP` करने की मुद्रा है, जबकि भूमध्यरेखीय अवस्थाएं ($|+\rangle, |-\rangle, |+i\rangle, |-i\rangle$) छाती के प्रहारों और हाथ के स्विंग द्वारा नियंत्रित होती हैं।

अमूर्त रूप से, हम बहु-नर्तक एकल और युगल कोरियोग्राफी को श्रेणी सिद्धांत (Category Theory) के एक औपचारिक गणितीय तंत्र के रूप में प्रस्तुत करते हैं [10, 11, 18, 35]। कोरियोग्राफी को एक मुक्त डैगर-कॉम्पैक्ट मोनोइडल श्रेणी ($\mathcal{C}_{\text{Krump}}$) के रूप में मॉडल किया गया है, जो फ्रोबेनियस बीजगणित (Frobenius algebra) से संपन्न है। `DisCoPy` पायथन टूलकिट [13] के माध्यम से, नर्तकियों के हावभाव और अंतःक्रियाएं स्ट्रिंग आरेखों (string diagrams) में संकलित की जाती हैं, जो स्वचालित रूप से समानांतर युगल इंटरचेंज नियमों, टोपोलॉजिकल स्नेक समीकरणों (snake equations / yanking) और स्पाइडर संलयन (spider fusion) की पुष्टि करती हैं। यह श्रेणी-सैद्धांतिक दृष्टिकोण नृत्य को केवल एक अलंकारिक उपमा बनने से रोकता है और इसे वास्तविक क्वांटम सर्किट गणना के साथ समरूपी (isomorphic) बनाता है।

इस शैक्षणिक दर्शन की पराकाष्ठा सह-लेखक और प्रसिद्ध कोरियोग्राफर **डकोटा सिमाओ (Dakota Simao)** के नेतृत्व में विकसित 60 मिनट की पूर्णकालिक नाटकीय मंच प्रस्तुति **11th Quantum Dimension** है। डकोटा सिमाओ ने *La France a un Incroyable Talent* (फ्रांस गॉट टैलेंट) पर घरेलू हिंसा के सामाजिक विषय पर क्रम्प और समकालीन नृत्य के मिश्रण से ऐतिहासिक प्रस्तुति दी थी, जिसे सोशल मीडिया पर 30 करोड़ (300 मिलियन) से अधिक बार देखा गया [53, 54]। *11th Quantum Dimension* इस गहरे मानवीय आख्यान को 20 नर्तकियों के माध्यम से 4 अधिनियमों में प्रस्तुत करता है। यह कृति दर्शाती है कि कैसे शास्त्रीय बाइनरी यातना चक्र (अधिनियम I: बिट्स) आंतरिक भावनात्मक सुपरपोजिशन (अधिनियम II:

क्यूबिट्स) और गैर-पृथक आघात बंधन (अधिनियम III: इंटैंगलमेंट) में विकसित होता है, जिसे अंततः सचेत रूप से π फेज़ शिफ्ट द्वारा विनाशकारी इंटरफेरेंस (अधिनियम IV: इंटरफेरेंस और मुक्ति) के माध्यम से तोड़ा जा सकता है। यह मंचन `Three.js` 3D विज़ुअलाइज़ेशन [8], `anime.js` कोरियोग्राफिक टाइमिंग [19], `ElevenLabs` एआई वॉयस डिज़ाइन [16], और `Moth Quantum` जनरेटिव क्वांटम साउंडस्केप [44] द्वारा संचालित है।

अंत में, यह शोधपत्र केवल एक सैद्धांतिक प्रस्ताव नहीं है, बल्कि कठोर कम्प्यूटेशनल और प्रयोगात्मक सत्यापन पर आधारित है। हमने Quantinuum Nexus के `Helios-1E-lite` ट्रैप्ड-आयन एमुलेटर (शोर मॉडल `alpha`, जॉब UUID `d43f26d9-019d-4688-aa05-66c9cafe2f9b` और `a411dac7-1b75-4538-8ddc-16c560b30faa`) पर पूर्ण Lane K301 प्रयोगात्मक अभियान चलाया है। साथ ही, सैंडिया राष्ट्रीय प्रयोगशालाओं के QUOPS वॉल्यूमेट्रिक बेंचमार्क [48] ($Q = 256$) और शास्त्रीय सीपीयू फ्लोर विश्लेषण के माध्यम से हमने दिखाया है कि शास्त्रीय गणना वर्तमान कोरियोग्राफिक सर्किटों पर $7{,}812.5\times$ तेज है, जो वैज्ञानिक ईमानदारी के साथ क्वांटम अतिशयोक्ति को नकारता है। शारीरिक स्तर पर, BioHub ESM3 [27], DeepMind AlphaGenome Atlas [5], Neurosnap, और Arc Institute [15] के कम्प्यूटेशनल बायोलॉजी मॉडलों द्वारा गतिशीलता को सत्यापित किया गया है, और पांडुलिपि का समग्र ज्ञानमीमांसा ऑडिट TypeSafe के **Jev 1.14** मॉडल [62] द्वारा निष्पादित किया गया है।

2 ऐतिहासिक और सांस्कृतिक पृष्ठभूमि (Foundational Background)

क्रम्प संस्कृति और संस्थापकों का इतिहास। क्रम्प शहरी नृत्य का एक ऊर्जावान, आध्यात्मिक और अत्यधिक संहिताबद्ध रूप है, जिसे 2000 के दशक की शुरुआत में साउथ सेंट्रल लॉस एंजिल्स में सीज़ारे "टाइट आइज़" विलिस (Ceasare "Tight Eyez" Willis) और जो'आर्टिस "बिग मिजो" रत्ती (Jo'Artis "Big Mijo" Ratti) द्वारा अग्रणी मारक्विसा "मिस प्रिसी" गार्डनर, क्रिस्टोफर "लिल सी" टोलर और जेसन "स्लेयर" ग्रीन के साथ बनाया गया था [34]। सड़क हिंसा और सामाजिक-आर्थिक तनावों के सामने एक मुक्तिदायक विकल्प के रूप में जन्मा, क्रम्प एक कठोर और अनुशासित शारीरिक अभिव्यक्ति में तीव्र भावनात्मक मुक्ति को प्रसारित करता है। डेविड लाचैपेल की 2005 की ऐतिहासिक डॉक्यूमेंट्री *Rize* [34] ने क्लाउनिंग से क्रम्प के विकास को दर्ज किया, यह प्रदर्शित करते हुए कि क्रम्प आक्रामकता की नकल नहीं है बल्कि आघात, उत्पीड़न और सामाजिक पीड़ा का सकारात्मक, कैथार्सिस-युक्त और आध्यात्मिक रूपांतरण है।

इसके चार मूलभूत गति आधार हैं:

1. `STOMP`: जमीन पर पैर का विस्फोटक प्रहार, जो शरीर को पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण से जोड़ता है और गतिज ऊर्जा का संचय करता है;
2. `JAB`: कोहनी से निकलने वाला तीव्र, केंद्रित और रैखिक मुक्का, जो अंतरिक्ष में एक सटीक दिशा में ऊर्जा प्रक्षेपित करता है;
3. `CHEST POP`: पसलियों और डायाफ्राम का तीव्र विस्तार और संकुचन, जो आंतरिक भावनात्मक धड़कन को शारीरिक विस्फोट में बदलता है;
4. `ARM SWING`: कंधे के जोड़ से भुजाओं का वृत्ताकार और सेंट्रीफ्यूगल घुमाव, जो नर्तक के चारों ओर सुरक्षात्मक और आक्रामक गति-सीमाएं खींचता है।

ये गतियां तीन अलग-अलग ऊर्ध्वाधर स्थानिक स्तरों पर संचालित होती हैं: 1) `LIVE`: ऊर्ध्वाधर रूप से फैला हुआ, सिर और छाती से ऊपर की ओर उन्मुख, जो उच्च ऊर्जा, आध्यात्मिकता और स्वतंत्रता का प्रतीक है; 2) `KRUMP`: तटस्थ, धड़ और कमर का स्तर, जहां अधिकांश युद्ध (battles) और लयबद्ध संरचनाएं घटित होती हैं; 3) `BUCK`: गहरा झुका हुआ, घुटने मुड़े हुए, जमीन के करीब, जो अत्यधिक शक्ति, कच्ची शक्ति और पृथ्वी से जुड़ाव का प्रतिनिधित्व करता है।

लाबान गति विश्लेषण (Laban Movement Analysis – LMA)। रुडोल्फ लाबान (1879–1958) ने मानव गतिशीलता को समझने और लिपिबद्ध करने के लिए एक व्यापक प्रणाली विकसित की [33]। एलएमए के चार प्राथमिक प्रयास कारक (Effort Factors) हैं:

- **स्थान (Space):** प्रत्यक्ष (Direct: केंद्रित, एकल-बिंदु) बनाम अप्रत्यक्ष (Indirect: बहु-दिशात्मक, लचीला, फैला हुआ)।
- **भार (Weight):** सशक्त (Strong: शक्तिशाली, प्रभावकारी, भारी) बनाम हल्का (Light: कोमल, पंख जैसा, भारहीन)।
- **समय (Time):** अचानक (Sudden: तात्कालिक, विस्फोटक, त्वरित) बनाम निरंतर (Sustained: धीमा, खींचा हुआ, समय का विस्तार करने वाला)।
- **प्रवाह (Flow):** बंधा हुआ (Bound: नियंत्रित, रोके रखने योग्य, तनावपूर्ण) बनाम मुक्त (Free: बहता हुआ, अनियंत्रित, सहज)।

इन कारकों के संयोजनों से आठ मौलिक प्रयास क्रियाएं (Eight Basic Effort Actions) बनती हैं: *Punch* (सशक्त, अचानक, प्रत्यक्ष), *Press* (सशक्त, निरंतर, प्रत्यक्ष), *Glide* (हल्का, निरंतर, प्रत्यक्ष), *Float* (हल्का, निरंतर, अप्रत्यक्ष), *Dab* (हल्का, अचानक, प्रत्यक्ष), *Wring* (सशक्त, निरंतर, अप्रत्यक्ष), *Slash* (सशक्त, अचानक, अप्रत्यक्ष), और *Flick* (हल्का, अचानक, अप्रत्यक्ष)। यह शब्दावली क्रम्प के तीव्र आंदोलनों को सटीक गतिज मापदंडों में विघटित करने के लिए एक कठोर वैज्ञानिक माध्यम प्रदान करती है।

श्रेणी सिद्धांत और हावभाव का गणित (Category Theory and Musical/Gestural Semiotics)। 1854 में, संगीत समीक्षक एडुआर्ड हंसलिक ने घोषणा की थी कि संगीत की सामग्री 'ध्वनि द्वारा स्थानांतरित रूप' (*tönend bewegte Formen*) है [26]। हाल ही में, इलियास खान ने संगीत संरचनाओं की श्रेणी और मंच प्रदर्शन के बीच फंक्टोरियल मैपिंग स्थापित करने के लिए योनेडा लेम्मा (Yoneda Lemma) का उपयोग करके हंसलिक की थीसिस को गणितीय रूप से औपचारिक किया है [31]। गणितीय संगीत विज्ञान, हावभाव सिद्धांत (Gestural Theory) [3, 39–41] और क्वांटम पिक्टोरियलिज्म [1,10,11] के आधार पर, हम नृत्य वाक्यों को श्रेणीबद्ध तीरों (morphisms) के रूप में औपचारिक रूप देते हैं।

क्वांटम सूचना विज्ञान के मूलभूत सिद्धांत (Quantum Information Foundations)। एक शास्त्रीय बिट $b \in \{0,1\}$ बाइनरी अवस्था तक सीमित होता है। इसके विपरीत, एक क्वांटम बिट (क्यूबिट) दो-आयामी सम्मिश्र हिल्बर्ट स्पेस $\mathcal{H} \cong \mathbb{C}^2$ में रहता है:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle, \quad \alpha,\beta \in \mathbb{C}, \quad |\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1. \tag{1}$$

ब्लोच क्षेत्र (Bloch Sphere) पर इसे ध्रुवीय कोण $\theta \in [0,\pi]$ और अज़ीमुथ कोण $\varphi \in [0,2\pi)$ द्वारा दर्शाया जाता है:

$$|\psi\rangle = \cos\frac{\theta}{2}|0\rangle + e^{i\varphi}\sin\frac{\theta}{2}|1\rangle. \tag{2}$$

हैडामर्ड गेट $H = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1 & 1\\ 1 & -1\end{pmatrix}$ कम्प्यूटेशनल आधार अवस्था $|0\rangle$ को समान सुपरपोजिशन अवस्था $|+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$ में परिवर्तित करता है। पाउली मैट्रिसेस (X, Y, Z) ब्लोच क्षेत्र के अक्षों के चारों ओर π रेडियन के घूर्णन का प्रतिनिधित्व करते हैं। दो क्यूबिट्स के लिए, गैर-पृथक करने योग्य उलझी हुई अवस्थाएं (जैसे बेल अवस्था $|\Phi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$) शास्त्रीय स्थानीय यथार्थवाद का उल्लंघन करती हैं और क्लॉसर-हॉर्न-शिमोनी-होल्ट (CHSH) असमानता में $2\sqrt{2} \approx 2.828$ की अधिकतम सिरेल्सन सीमा (Cirel'son bound) तक पहुंचती हैं [46]।

3 कार्यशाला वास्तुकला और शिक्षण डिजाइन (Workshop Architecture and Instructional Design)

सत्र संरचना और चरण आवंटन। कार्यशाला का ढांचा लचीला है और इसे शैक्षणिक और सामुदायिक संदर्भों के आधार पर तीन समय प्रारूपों में आयोजित किया जा सकता है: 60 मिनट (मानक स्कूल आउटरीच), 75 मिनट (विश्वविद्यालय सेमिनार), और 90

मिनट (गहन नृत्य अकादमी मास्टरक्लास)। तालिका 1 में प्रत्येक प्रारूप के लिए चरण आवंटन का विवरण दिया गया है।

तालिका 1: विभिन्न कार्यशाला प्रारूपों (60, 75 और 90 मिनट) में चरण-वार समय आवंटन।

कार्यशाला चरण	**60-मिनट प्रारूप**	**75-मिनट प्रारूप**	**90-मिनट प्रारूप**
1. कायिक वार्म-अप एवं लाबान प्रयास कारक परिचय	10 मि.	12 मि.	15 मि.
2. ब्लोच क्षेत्र काइनेस्फीयर एवं 3D स्थानिक ज्यामिति	10 मि.	12 मि.	15 मि.
3. व्यक्तिगत क्रम्प अभ्यास : सुपरपोजिशन एवं रोटेशन	15 मि.	18 मि.	20 मि.
4. युगल अभ्यास : गैर-स्थानीय इंटैंगलमेंट एवं बेल अवस्थाएं	10 मि.	15 मि.	18 मि.
5. क्वांटम क्रम्प बैटल : वृत्त चक्र एवं रचनात्मक कोडिंग	10 मि.	12 मि.	15 मि.
6. ज्ञानमीमांसा डीब्रीफिंग, शास्त्रीय सीमाएं एवं मूल्यांकन	5 मि.	6 मि.	7 मि.
कुल कार्यशाला अवधि	**60 मिनट**	**75 मिनट**	**90 मिनट**

मूर्त शिक्षण का औचित्य। पाठ्यक्रम एक साथ चार परस्पर पूरक सीखने के तरीकों (multimodal learning) को एकीकृत करता है:

1. **गतिज (Kinesthetic):** मांसपेशियों का संकुचन, गुरुत्वाकर्षण का प्रभाव, और शारीरिक ऊर्जा का विस्फोट अमूर्त गणितीय संक्रियाओं को शारीरिक अनुभव में बदल देता है।
2. **दृश्य (Visual):** नर्तक वास्तविक समय में 3D WebGL ब्लोच क्षेत्र सिम्युलेटर और मंच प्रोजेक्शन पर अपने आंदोलनों का पथ देखते हैं।
3. **श्रव्य (Auditory):** ड्रम बीट्स, सब-बास तरंगें, और क्वांटम सर्किट-नियंत्रित ध्वनि प्रभाव समय और चरण-कला (phase) के संबंधों को कानों से जोड़ते हैं।
4. **प्रतीकात्मक एवं औपचारिक (Formal):** स्ट्रिंग आरेख और श्रेणी सिद्धांत के समीकरण ब्लैकबोर्ड और कार्यपुस्तिकाओं में गतिज अनुभवों को औपचारिक गणितीय प्रमाणों से जोड़ते हैं।

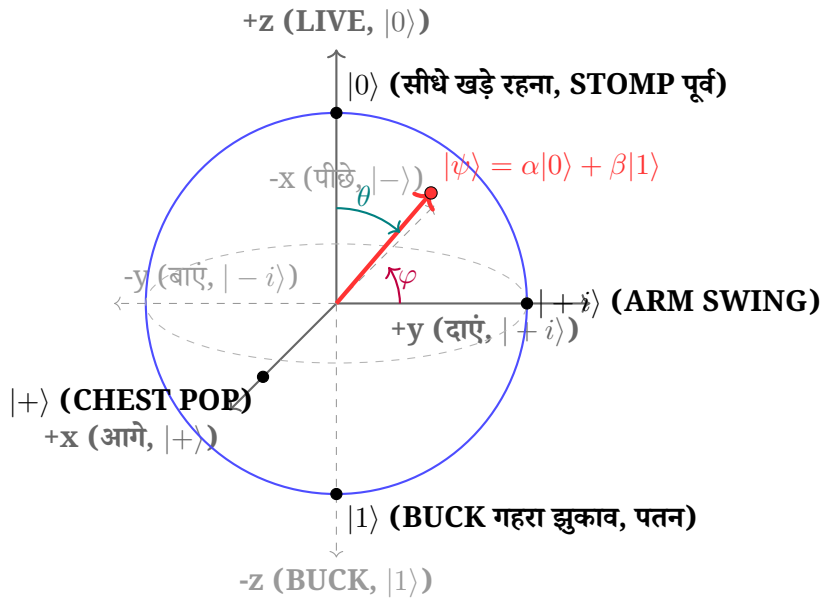
बैठकर करने योग्य और समावेशी अनुकूलन (Seated Accessibility Adaptations)। विविधता और समावेशिता सुनिश्चित करने के लिए, पाठ्यक्रम व्हीलचेयर उपयोगकर्ताओं और सीमित गतिशीलता वाले नर्तकियों के लिए पूर्ण अनुकूलन प्रदान करता है। पैरों के `STOMP` के स्थान पर, बैठे हुए शिक्षार्थी दोनों हाथों से पहियों या घुटनों पर जोरदार थपकी देकर माप पतन (measurement collapse) का अनुकरण करते हैं। `CHEST POP` और `JAB` केवल ऊपरी धड़ और बाहों के माध्यम से निष्पादित किए जाते हैं, और ऊर्ध्वाधर स्तरों (`LIVE`, `KRUMP`, `BUCK`) को सिर और धड़ के झुकाव से पूरी तरह व्यक्त किया जा सकता है।

4 शारीरिक अभ्यास और स्थानिक ज्यामिति (Embodied Drills and Spatial Geometry)

नर्तक का काइनेस्फीयर 3D ब्लोच क्षेत्र के रूप में। प्रत्येक नर्तक अपने व्यक्तिगत आंदोलन क्षेत्र (Kinesphere) के केंद्र में खड़ा होता है, जिसे हम दक्षिणावर्ती कार्तीय निर्देशांक प्रणाली (right-handed Cartesian coordinate system) में ब्लोच क्षेत्र $\mathbb{S}^2 \subset \mathbb{R}^3$ के रूप में औपचारिक रूप देते हैं (चित्र 1)।

- **उत्तर ध्रुव ($+z$, अवस्था $|0\rangle$):** सीधा, लंबा खड़ा होना, रीढ़ की हड्डी पूरी तरह तनी हुई, दोनों हाथ ऊपर की ओर उठे हुए (`LIVE` स्तर)। यह पूर्ण रूप से शांत, स्थिर और अप्रत्याशित ऊर्जा की स्थिति का प्रतिनिधित्व करता है।

- **दक्षिण ध्रुव ($-z$, अवस्था $|1\rangle$):** गहरा झुकाव, घुटने मुड़े हुए, शरीर गुरुत्वाकर्षण केंद्र के करीब, जमीन पर स्थिर पैर (BUCK स्तर)। यह पृथ्वी से पूर्ण जुड़ाव, भारी शारीरिक दबाव और माप-आधारित पतन की मुद्रा है।
- **धनात्मक x-अक्ष ($+x$, अवस्था $|+\rangle = \frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}}$):** छाती का प्रहार आगे की ओर प्रक्षेपित, शरीर केंद्र रेखा पर तटस्थ, सममित सुपरपोजिशन में खुला हुआ।
- **ऋणात्मक x-अक्ष ($-x$, अवस्था $|-\rangle = \frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}$):** छाती का संकुचन पीछे की ओर, सुरक्षात्मक वापसी, जहां सापेक्ष कला π रेडियन घूम चुकी है।
- **धनात्मक y-अक्ष ($+y$, अवस्था $|+i\rangle = \frac{|0\rangle+i|1\rangle}{\sqrt{2}}$):** दाहिनी भुजा का क्षैतिज अपकेन्द्री स्विंग, शरीर का पार्श्व झुकाव, सम्मिश्र आयाम $+i$ का संचय।
- **ऋणात्मक y-अक्ष ($-y$, अवस्था $|-i\rangle = \frac{|0\rangle-i|1\rangle}{\sqrt{2}}$):** बाईं भुजा का क्षैतिज स्विंग, विपरीत पार्श्व गतिशीलता, सम्मिश्र आयाम $-i$ का संचय।



चित्र 1: नर्तक के 3D काइनेस्फीयर पर ब्लोच क्षेत्र की मैपिंग। उत्तर ध्रुव ($+z$, अवस्था $|0\rangle$) सीधे खड़े रहने का प्रतिनिधित्व करता है; दक्षिण ध्रुव ($-z$, अवस्था $|1\rangle$) गहरे BUCK झुकाव का प्रतिनिधित्व करता है; भूमध्यरेखीय प्रक्षेप x और y अक्षों पर छाती के प्रहारों और हाथ के घुमाव को मैप करते हैं।

रजिस्टर स्केलिंग और भौतिक सीमाएं। शिक्षार्थियों में यह स्पष्ट समझ विकसित करना आवश्यक है कि व्यक्तिगत काइनेस्फीयर 1-क्यूबिट स्थिति का प्रतिनिधित्व करता है, जबकि बहु-क्यूबिट प्रणालियां हिल्बर्ट स्पेस आयाम में घातीय रूप से बढ़ती हैं (2^n आयाम)। तालिका 2 विभिन्न क्यूबिट रजिस्टरों के स्केलिंग बेंचमार्क और भौतिक सीमाओं को दर्शाती है।

अभ्यास 1: STOMP = हैडामर्ड गेट (H) और सुपरपोजिशन। नर्तक अवस्था $|0\rangle$ (सीधे खड़े होकर) से शुरुआत करता है। संगीत की पहली बीट पर, नर्तक जमीन पर विस्फोटक STOMP मारता है। यह ग्राउंड स्ट्राइक शरीर को हवा में उछालती है और तुरंत दोनों घुटनों को मोड़कर मध्यवर्ती ऊंचाई पर ले आती है, जिससे शरीर भूमध्य रेखा पर समान सुपरपोजिशन अवस्था $|+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$ में स्थिर हो जाता है। शिक्षक माप-आधारित पतन का अभ्यास कराने के लिए ताली बजाता है: ताली बजते ही नर्तक या तो तुरंत सीधे खड़े हो जाता है ($|0\rangle$, प्रायिकता 50%) या तुरंत जमीन पर बैठ जाता है ($|1\rangle$, प्रायिकता 50%)।

तालिका 2: क्यूबिट रजिस्टर स्केलिंग बेंचमार्क, हिल्बर्ट आयाम और भौतिक कंप्यूटिंग सीमाएं।

क्यूबिट्स (n)	**हिल्बर्ट आयाम (2^n)**	**शास्त्रीय मेमोरी**	**मंच एवं शैक्षणिक प्रतिरूप**	**भौतिक कंप्यूटिंग सीमा**
1	2	16 बाइट्स	एकल नर्तक काइनेस्फीयर	माइक्रोकंट्रोलर पर तात्कालिक
2	4	64 बाइट्स	दो नर्तकियों का उलझा हुआ युगल	डेस्कटॉप सीपीयू पर $< 1\,\mu$s
3	8	128 बाइट्स	त्रिकोणीय समूह, भावना चक्र स्तर 3	मानक सिम्युलेटर
4	16	256 बाइट्स	पूर्ण 16-भावना चक्र, चौकड़ी	256 आयाम, नगण्य गणना
5	32	512 बाइट्स	5×4 मंच ग्रिड पाथफाइंडिंग	Haiqu संपीड़न द्वारा 12 परतें
20	$1{,}048{,}576$	16 मेगाबाइट	20 नर्तकियों का संपूर्ण थियेटर दल	सटीक राज्य सदिश सीमा
50	1.13×10^{15}	16 पेटाबाइट	विश्व सुपरकंप्यूटर सीमा	फ्रंटियर सुपरकंप्यूटर मेमोरी

अभ्यास 2: `CHEST POP` = **पाउली-X बिट-फ्लिप गेट।** यह गेट कम्प्यूटेशनल अवस्थाओं को उलट देता है: $X|0\rangle = |1\rangle$ और $X|1\rangle = |0\rangle$। जब नर्तक अवस्था $|0\rangle$ (खड़े होकर) में होता है, तो छाती का एक तीव्र, तीखा और शक्तिशाली प्रहार (`CHEST POP`) शरीर को तुरंत `BUCK` स्तर ($|1\rangle$) में धकेल देता है। विपरीत दिशा में, नीचे की मुद्रा से एक ऊपर की ओर केंद्रित पॉप शरीर को पुनः सीधी मुद्रा में वापस उछाल देता है।

अभ्यास 3: `JAB` = **पाउली-Z फेज़-फ्लिप गेट।** पाउली-Z गेट आधार अवस्था $|0\rangle$ को अपरिवर्तित रखता है परंतु अवस्था $|1\rangle$ के आयाम को -1 से गुणा करता है: $Z|+\rangle = |-\rangle$। नर्तक अपने शरीर की ऊंचाई बदले बिना आगे की ओर एक सीधा, तीव्र मुक्का (`JAB`) मारता है। यह रैखिक संवेग आगे के प्रक्षेप ($|+\rangle$) को पीछे के संकुचन ($|-\rangle$) में बदल देता है, जिससे सापेक्ष कला (phase) π रेडियन घूम जाती है।

अभ्यास 4: `ARM SWING` = **निरंतर फेज़ रोटेशन $R_z(\theta)$।** कंधे के जोड़ से भुजा को एक वृत्त में घुमाना अज़ीमुथ कोण φ को निरंतर रूप से बदलता है:

$$R_z(\theta) = \begin{pmatrix} e^{-i\theta/2} & 0 \\ 0 & e^{i\theta/2} \end{pmatrix}. \tag{3}$$

$\theta = \pi/2$ का क्वार्टर-स्विंग अवस्था को $|+i\rangle$ (दाहिनी ओर) पर ले जाता है, जबकि पूरा स्विंग फेज़ को 2π पर रीसेट कर देता है।

युगल अभ्यास: गैर-स्थानीय इंटैंगलमेंट और बेल अवस्थाएं। दो नर्तक (नर्तक A और नर्तक B) एक-दूसरे की ओर पीठ करके खड़े होते हैं ताकि उनके बीच कोई दृश्य संपर्क न हो। वे बेल अवस्था $|\Phi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$ का प्रतिनिधित्व करते हैं। ड्रम की बीट पर, यदि नर्तक A अवस्था $|0\rangle$ (ऊपर) में जाता है, तो नर्तक B बिना देखे तुरंत अवस्था $|0\rangle$ में उठता है। यदि नर्तक A जमीन पर `STOMP` मारता है ($|1\rangle$), तो नर्तक B भी तुरंत जमीन पर गिरता है ($|1\rangle$)। यह गैर-स्थानीय सहसंबंध शिक्षार्थियों को यह सिखाता है कि इंटैंगलमेंट में दोनों कण एक अविभाज्य समग्र प्रणाली का निर्माण करते हैं।

तकनीकी शब्दावली और अवधारणा स्पष्टीकरण।

1. **क्वांटम प्रोसेसिंग यूनिट (QPU):** भौतिक हार्डवेयर (जैसे आयन ट्रैप या सुपरकंडक्टिंग चिप) जो क्वांटम सुसंगतता बनाए रखता है।
2. **भौतिक क्यूबिट्स (Physical Qubits):** वास्तविक भौतिक उपकरण जो पर्यावरणीय शोर और डिकोहेरेंस के अधीन होते हैं।
3. **तार्किक क्यूबिट्स (Logical Qubits):** कई भौतिक क्यूबिट्स के क्वांटम त्रुटि-सुधार (QEC) कोड द्वारा संरक्षित दोष-सहिष्णु क्यूबिट्स।

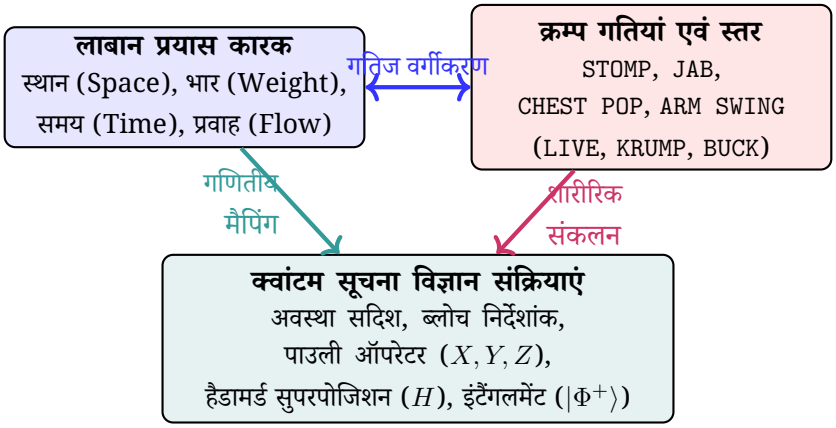
4. **क्वांटम सिम्युलेटर:** शास्त्रीय कंप्यूटर पर चलने वाला सॉफ़्टवेयर जो श्रोडिंगर समीकरण के सटीक रैखिक बीजगणित की गणना करता है।

5. **क्वांटम एमुलेटर:** शास्त्रीय सिम्युलेटर जो विशिष्ट हार्डवेयर शोर मॉडल (जैसे गेट त्रुटियां और डिकोहेरेंस) को शामिल करता है।

6. **अंतर्राष्ट्रीय क्वांटम वर्ष (IYQ 2025):** संयुक्त राष्ट्र द्वारा घोषित वर्ष, जो क्वांटम जागरूकता और आउटरीच को समर्पित है।

5 लाबान × क्रम्प × क्वांटम मानचित्र (The Laban × Krump × Quantum Map)

लाबान प्रयास कारकों और क्रम्प की बुनियादी गतियों के बीच संरचनात्मक संबंध चित्र 2 में प्रस्तुत किया गया है।



चित्र 2: लाबान × क्रम्प × क्वांटम त्रि-आयामी शैक्षणिक मानचित्र।

तालिका 3 लाबान प्रयास कारकों के द्विध्रुवीय ध्रुवों को ब्लोच निर्देशांकों और क्रम्प क्रियाओं के साथ जोड़ती है।

तालिका 3: लाबान प्रयास कारक, क्रम्प गति संकेत और ब्लोच क्षेत्र निर्देशांक।

लाबान प्रयास कारक	क्रम्प शारीरिक क्रिया	ब्लोच निर्देशांक	क्वांटम ऑपरेटर अर्थ
भार : सशक्त	STOMP जमीन पर प्रहार	$z \to -1$ (BUCK)	माप पतन / अवस्था $\|1\rangle$
भार : हल्का	LIVE में ऊपर उठना	$z \to +1$ (LIVE)	आधार अवस्था $\|0\rangle$ की बहाली
स्थान : प्रत्यक्ष	JAB केंद्रित मुक्का	$x \to +1$ या -1	पाउली-Z फेज़ फ्लिप $(\|-\rangle \leftrightarrow \|+\rangle)$
स्थान : अप्रत्यक्ष	ARM SWING वृत्ताकार	$\varphi \in [0, 2\pi)$	निरंतर फेज़ रोटेशन $R_z(\theta)$
समय : अचानक	CHEST POP विस्फोटक	क्षैतिज संक्रमण	पाउली-X बिट फ्लिप $(\|0\rangle \leftrightarrow \|1\rangle)$
समय : निरंतर	धीमी तनी हुई गति	निरंतर अज़ीमुथ	सुसंगत एकात्मक विकास e^{-iHt}
प्रवाह : बंधा हुआ	तनावपूर्ण नियंत्रित लॉक	संकुचित त्रिज्या $r < 1$	डिकोहेरेंस और मिश्रित अवस्थाएं
प्रवाह : मुक्त	निरंतर बहता हुआ स्विंग	शुद्ध अवस्था $r = 1$	एकात्मक संरक्षण $\mathrm{Tr}(\rho^2) = 1$

तालिका 4 आठ लाबान प्रयास क्रियाओं का क्रम्प संकेतों और क्वांटम व्याख्याओं में पूर्ण विवरण प्रस्तुत करती है।

तालिका 4: आठ लाबान प्रयास क्रियाएं, क्रम्प गति संकेत और क्वांटम यांत्रिक व्याख्या।

प्रयास क्रिया	कारक विन्यास	क्रम्प शारीरिक संकेत	क्वांटम यांत्रिक व्याख्या
Punch	सशक्त, अचानक, प्रत्यक्ष	तीव्र रैखिक JAB या विस्फोटक ग्राउंड STOMP	एकात्मक बिट-फ्लिप X या त्वरित प्रोजेक्टिव माप
Press	सशक्त, निरंतर, प्रत्यक्ष	नीचे झुकते हुए लगातार भारी हाथ से धकेलना	नियंत्रित घूर्णन $R_x(\pi)$ धीमी गति में
Glide	हल्का, निरंतर, प्रत्यक्ष	समकालीन नृत्य का चिकना रैखिक फर्श-स्लाइड	स्थिर शुद्ध अवस्था बहाव, न्यूनतम डिकोहेरेंस
Float	हल्का, निरंतर, अप्रत्यक्ष	LIVE स्तर में भुजाओं का भारहीन हवा में तैरना	सुपरपोजिशन में मुक्त चरण संचय $e^{i\varphi}$
Dab	हल्का, अचानक, प्रत्यक्ष	छाती या कंधे का सूक्ष्म तीखा स्पर्श	लघु-कोण घूर्णन $R_z(\epsilon)$, क्वांटम त्रुटि
Wring	सशक्त, निरंतर, अप्रत्यक्ष	धड़ और भुजाओं का विरोधी घुमावदार तनाव	बहु-क्यूबिट इंटैंगलिंग गेट (जैसे ZZ-इंटरैक्शन)
Slash	सशक्त, अचानक, अप्रत्यक्ष	भुजा का विकर्ण हिंसक वृत्ताकार ARM SWING	व्यापक यादृच्छिक सुपरपोजिशन प्रक्षेपण
Flick	हल्का, अचानक, अप्रत्यक्ष	कलाई और उंगलियों का त्वरित हल्का झटका	क्वांटम शोर, पर्यावरण थर्मल प्रक्षोभ

STOMP **की दोहरी भूमिका का शैक्षणिक औचित्य।** पाठ्यक्रम में STOMP दो अलग-अलग संदर्भों में प्रकट होता है:

1. **कायिक पृथक अभ्यासों में माप पतन:** जब कोई नर्तक सुपरपोजिशन से बाहर निकलता है, तो जमीन पर गिरने वाला भारी STOMP एक गैर-एकात्मक प्रोजेक्टिव माप (von Neumann projection $P = |1\rangle\langle 1|$) के झटके को दर्शाता है।

2. **बीजगणितीय परिपथ संकलन में हैडामर्ड गेट:** जब एक औपचारिक कोरियोग्राफिक वाक्य शुरू होता है, तो प्रारंभिक STOMP स्थिर जमीन से ऊर्जा उत्पन्न करके नर्तक को हवा और सुपरपोजिशन $|+\rangle = H|0\rangle$ में लॉन्च करता है।

5.1 क्वांटम फेज़ के रूप में लय, पॉलीरिथमिक बीट्स और 140–150 BPM क्रम्प मेट्रिक लैटिस (Rhythm as Quantum Phase, Polyrhythmic Beats, and 140–150 BPM Metric Lattice)

जबकि स्थानिक निर्देशांक और गति स्तर एकल-क्यूबिट ब्लोच क्षेत्र और बहु-क्यूबिट टेंसर स्थानों की स्थानिक ज्यामिति को परिभाषित करते हैं, **लय (Rhythm)** क्वांटम यांत्रिकी का लौकिक इंजन प्रदान करती है। क्वांटम सिद्धांत में, समय का विकास मौलिक रूप से आवधिक और लयबद्ध होता है। समय-स्वतंत्र हैमिल्टनियन $\hat{H}|E_n\rangle = E_n|E_n\rangle$ द्वारा शासित किसी भी स्थिर ऊर्जा ईजेनस्टेट $|E_n\rangle$ के लिए, समय-निर्भर श्रोडिंगर समीकरण निर्देशित करता है:

$$|\psi_n(t)\rangle = e^{-i\hat{H}t/\hbar}|\psi_n(0)\rangle = e^{-i\omega_n t}|E_n\rangle, \quad \text{जहाँ } \omega_n = \frac{E_n}{\hbar}। \tag{4}$$

प्रत्येक स्थिर अवस्था में एक आंतरिक कोणीय आवृत्ति ω_n होती है—एक क्वांटम आंतरिक घड़ी या मौलिक सूक्ष्म-लय।

पॉलीरिथमिक हस्तक्षेप और क्वांटम बीट्स। जब एक क्वांटम प्रणाली को दो गैर-अपभ्रष्ट ऊर्जा ईजेनस्टेट्स $|\Psi(0)\rangle = c_1|E_1\rangle + c_2|E_2\rangle$ के रैखिक सुपरपोजिशन में तैयार किया जाता है, तो समय-विकसित अवस्था अंतर फेज़ जमा करती है:

$$|\Psi(t)\rangle = c_1 e^{-i\omega_1 t}|E_1\rangle + c_2 e^{-i\omega_2 t}|E_2\rangle। \tag{5}$$

परिणामी स्थानिक प्रायिकता घनत्व मैक्रोस्कोपिक समय-निर्भर मॉड्यूलेशन प्रदर्शित करता है जिसे **क्वांटम बीट्स (Quantum Beats)** के रूप में जाना जाता है:

$$P(x,t) = |\langle x|\Psi(t)\rangle|^2 = |c_1|^2|\psi_1(x)|^2 + |c_2|^2|\psi_2(x)|^2 + 2|c_1 c_2|\text{Re}\left\{\psi_1^*(x)\psi_2(x)e^{-i(\omega_2-\omega_1)t+i(\phi_2-\phi_1)}\right\}. \tag{6}$$

दोलन आवृत्ति $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = (E_2 - E_1)/\hbar$ सटीक रूप से बोहर संक्रमण आवृत्ति है। नृत्य स्टूडियो में, यह गणितीय वास्तविकता **पॉलीरिथमिक संगीतमयता और क्रॉस-रिदम** का प्रत्यक्ष भौतिक एनालॉग प्रदान करती है। जब एक क्रम्प नर्तक एक स्थिर $4/4$ बास ग्रूव पर 3-विरुद्ध-4 पॉलीरिथमिक बांह अनुक्रम को परतदार बनाता है, तो दो गतिज आवृत्तियाँ पूरे सायफर में रचनात्मक और विनाशकारी धड़कनें उत्पन्न करती हैं।

लाबान टाइम एफर्ट कारक: अचानक बनाम निरंतर। लाबान गति विश्लेषण के भीतर, **समय (Time)** प्रयास कारक अवधि में कायिक निवेश को निर्धारित करता है:

- **अचानक (Sudden / Staccato) :** गतिज त्वरण के तीव्र, तात्कालिक विस्फोट (जैसे, तीखे `JABs`, जमीनी `STOMPs`, चेस्ट पॉप्स)। क्वांटम शब्दों में, एक तात्कालिक प्रहार एक संकीर्ण लौकिक तरंगपैकेट $\Delta t \to 0$ से मेल खाता है, जो हाइजेनबर्ग के ऊर्जा-समय अनिश्चितता संबंध $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar/2$ द्वारा एक व्यापक वर्णक्रमीय ऊर्जा वितरण लागू करता है, जो कई आधार अवस्थाओं में संक्रमण को उत्तेजित करता है या प्रोजेक्टिव माप पतन का कारण बनता है।
- **निरंतर (Sustained / Legato) :** जानबूझकर, निरंतर, धीमा प्रवाह (जैसे, चिकने हाथ ट्रैक, `BUCK` फर्श दबाव, धड़ रोल)। क्वांटम यांत्रिकी में, निरंतर क्रियाएं एडियाबेटिक प्रमेय स्थितियों को मूर्त रूप देती हैं, जहां धीरे-धीरे बदलता हुआ हैमिल्टनियन बिना गैर-एडियाबेटिक संक्रमणों के ईजेनस्टेट्स को संरक्षित करता है, जिससे सुसंगत सापेक्ष फेज़ संचय $\Delta\varphi = \int \omega(t')dt'$ की अनुमति मिलती है।

140–150 BPM क्रम्प मेट्रिक लैटिस। क्रम्प संगीत **140 से 150 बीट्स प्रति मिनट (BPM)** के सख्त टेम्पो कॉरिडोर में निर्मित होता है। 145 BPM पर, एक मानक 4-बीट माप $T_{\text{meas}} = 1.655$ s तक फैला होता है, जिसमें क्वार्टर-नोट बीट्स प्रत्येक $\tau_{\text{beat}} = 413.8$ ms पर और सोलहवें-नोट सिंकोपेशन अंतराल प्रत्येक $\tau_{16\text{th}} = 103.4$ ms पर होते हैं। यह लयबद्ध लैटिस असतत फेज़ निर्देशांक लंगर स्थापित करता है:

- **बीट 1 (डाउनबीट, $\varphi = 0$) :** आधार स्ट्राइक (`STOMP`); अधिकतम वास्तविक धनात्मक आयाम ($+1$)।
- **बीट 2 (ऑफ-बीट एक्सेंट, $\varphi = \pi/2$) :** पार्श्व दिशात्मक आवेग (`JAB`); काल्पनिक फेज़ घूर्णन ($+i$)।
- **बीट 3 (बैकबीट / क्लाइमेक्स, $\varphi = \pi$) :** विस्फोटक थोरैसिक विस्तार (`CHEST POP`); एंटी-फेज़ व्युत्क्रमण (-1), जो डाउनबीट अवस्थाओं के विरुद्ध अधिकतम विनाशकारी हस्तक्षेप पैदा करता है।
- **बीट 4 (पिकअप / संक्रमण, $\varphi = 3\pi/2$) :** घूर्णी स्वीप (`ARM SWING`); ऋणात्मक काल्पनिक घूर्णन ($-i$)।

जब दो गतियाँ या दो नर्तक समान फेज़ ($\Delta\varphi = 0$) साझा करते हैं, तो उनके आयाम रचनात्मक रूप से हस्तक्षेप करते हैं, जिससे भौतिक आयाम दोगुना और तीव्रता चौगुनी हो जाती है। इसके विपरीत, जब दो विरोधी गतियाँ एंटी-फेज़ ($\Delta\varphi = \pi$) में निष्पादित होती हैं, तो उनके आयाम विनाशकारी रूप से रद्द हो जाते हैं, जिससे नाटकीय कोरियोग्राफिक फ्रीज़ और नकारात्मक स्थान बनता है।

6 भावना क्यूबिट्स और पदानुक्रमित अवस्था एन्कोडिंग (Emotion Qubits and Hierarchical State Encoding)

अवस्था अंतरिक्ष के घातीय विकास (2^n) को वास्तविक मानवीय भावनाओं की अभिव्यक्ति में क्रम्प संस्कृति से जोड़ने के लिए, हमने पॉइंट ब्लैंक फ़ैम (Point Blank Fam) के सहयोग से n-क्यूबिट "भावना चक्र" (Emotion Wheel) विकसित

किया है (तालिका 5)। सोमैटिक अनुभूति में शोध यह दर्शाता है कि लाबान प्रयासों के सटीक संयोजन अलग-अलग भावनाओं को मजबूती से प्रेरित और संप्रेषित करते हैं [4, 51]। गणना आधार की प्रत्येक अवस्था $|x\rangle \in \{0,1\}^n$ इस प्रकार एक विशिष्ट भावात्मक मुद्रा से जुड़ी होती है।

एक मनमाना ग्रिड थोपने के बजाय, बाइनरी एन्कोडिंग भावना को उच्च क्यूबिट्स के उपसर्गों द्वारा वातानुकूलित एक **पदानुक्रमित प्रासंगिक निर्णय वृक्ष** के रूप में मॉडल करती है:

- पहला क्यूबिट q_1 **शारीरिक उत्तेजना / गतिज सक्रियण** को परिभाषित करता है: 0 = कम उत्तेजना (स्थिरता, आंतरिक वापसी); 1 = उच्च उत्तेजना (गतिज विस्फोट, तालबद्ध प्रहार)।

- दूसरा क्यूबिट q_2 स्थान को q_1 द्वारा वातानुकूलित चार मुख्य परिवारों में विभाजित करता है: सक्रिय गोलार्ध में ($q_1 = 1$), q_2 शास्त्रीय भावात्मक वैलेंस को एन्कोड करता है, जहां 10 उच्च उत्तेजना और नकारात्मक/संकुचित वैलेंस (*क्रोधित*) को जोड़ता है जबकि 11 उच्च उत्तेजना और सकारात्मक/विस्तारक वैलेंस (*प्रसन्न*) को जोड़ता है। निष्क्रिय गोलार्ध में ($q_1 = 0$), q_2 आंतरिक उदासी (00, *शोक*) को खतरे के सामने सतर्क रक्षा (01, *भयभीत*) से अलग करता है।

- तीसरा क्यूबिट q_3 **संबंधपरक प्रभुत्व और स्थानिक प्रक्षेपण** को एन्कोड करता है: 0 = आंतरिक/रक्षात्मक (वापसी, बचाव); 1 = प्रक्षेपी/प्रमुख (सीधी नज़र, आगे की ओर मुखर दावा)।

- चौथा क्यूबिट q_4 **तीव्रता और कायिक ध्रुवीयता** को एन्कोड करता है: $q_4 = 0$ एक आंतरिक या विचारशील सूक्ष्मता को दर्शाता है, जबकि $q_4 = 1$ एक चरम कायिक निर्वहन को दर्शाता है।

तालिका 5: n-क्यूबिट भावना चक्र ($n \in \{1,2,3,4\}$) के लिए पदानुक्रमित बाइनरी प्रीफिक्स एन्कोडिंग।

क्यूबिट्स n	बिट स्ट्रिंग	भावात्मक अवस्था	क्रम्प कोरियोग्राफिक एवं कथात्मक अभिव्यक्ति
$n=1$	0	Sad (शोक)	आंतरिक दुख; धीमी, भारी BUCK नीचे की ओर नज़र।
	1	Happy (प्रसन्न)	चमकदार उत्थान; सीधा, खुला LIVE उछाल, फैला हुआ धड़।
$n=2$	00	Sad (शोक)	गहरी उदास स्थिरता; जमीन के करीब शांत ठहराव।
	01	Fearful (भयभीत)	रक्षात्मक तनाव; सुरक्षित और सिकुड़ी हुई छाती की मुद्रा।
	10	Angry (क्रोधित)	विस्फोटक बाह्य आक्रामकता; सीधे प्रहारों की श्रृंखला।
	11	Happy (प्रसन्न)	उल्लासपूर्ण उत्सव; दोनों भुजाओं के व्यापक फैलाव।
$n=3$	000	Sad (शोक)	निराशा और शोक; सिर का धीमा और भारी नीचे झुकना।
	001	Disgusted (घृणा)	धड़ का मुड़ा हुआ अस्वीकरण; चेहरे का तीव्र मोड़।
	010	Fearful (भयभीत)	तेज़ रक्षात्मक फुटवर्क; तना हुआ और बंधा हुआ धड़।
	011	Bad (विद्रोही)	अडिग अवज्ञा; स्थिर और जमीनी BUCK रुख।
	100	Angry (क्रोधित)	प्रचंड स्टॉम्प्स की बौछार; सीधे मुक्कों की श्रृंखला।
	101	Surprised (आश्चर्य)	झटके से पीछे हटना; अचानक तैरता हुआ ठहराव।
	110	Calm (शांत)	केंद्रित तटस्थ गति; स्थिर और गहरी लयबद्ध सांस।
	111	Happy (प्रसन्न)	दर्शकों की ओर विजयी दोहरी भुजा विस्तार।
$n=4$	0000	Lonely (एकाकी)	पूर्ण स्थिरता; अंतर्मुखी मुद्रा, अलगाव।
	0010	Vulnerable (संवेदनशील)	खुला छाती का केंद्र; धीमी और हिचकिचाती चाल।
	0011	Ashamed (लज्जित)	छुपा हुआ चेहरा; कंधों का तीव्र नीचे की ओर झुकाव।
	0100	Terrified (आतंकित)	तेज़ कंपकंपाती चाल; क्रॉस-आर्म रक्षात्मक गार्ड।
	0101	Anxious (चिंतित)	अस्थिर वजन स्थानांतरण; तेज़ और रुक-रुक कर सांस लेना।
	0110	Guilty (दोषी)	आगे बढ़ने की हिचकिचाहट जो अचानक रुक जाती है।
	0111	Numb (सुन्न)	यांत्रिक और कठोर गति, जीवन-ऊर्जा से रहित।
	1000	Enraged (उग्र)	भारी हिंसक स्टॉम्प्स; निरंतर आक्रामक छाती के प्रहार।
	1001	Hostile (शत्रुतापूर्ण)	स्थान को चीरते हुए तीखे और सीधे प्रहार।
	1010	Shocked (स्तब्ध)	तात्कालिक मांसपेशी अवरोध; फैली हुई भुजाएं।
	1011	Defiant (अवज्ञाकारी)	पीछे हटने से इनकार करने वाला अडिग BUCK रुख।
	1100	Serene (प्रशांत)	स्थान को घेरते हुए भुजाओं के व्यापक और सहज ग्लाइड।
	1101	Grounded (आधारित)	बास आवृत्तियों के साथ गूंजता गहरा और केंद्रित उछाल।
	1110	Playful (चंचल)	सिंकोपेटेड बक हॉप्स और दर्शकों के साथ हल्की छेड़छाड़।
	1111	Proud (गौरवान्वित)	विजयी दोहरा थोरैसिक विस्तार; चमकता चेस्ट पॉप।

पदानुक्रमित ट्री संरचना भावनात्मक संक्रमणों की सूचना-सैद्धांतिक शुद्धता सुनिश्चित करती है। अवस्थाओं के बीच शैनन एन्ट्रॉपी (Shannon entropy) $S(\rho) = -\mathrm{Tr}(\rho \ln \rho)$ और फिडेलिटी $F(\rho,\sigma) = \left(\mathrm{Tr}\sqrt{\sqrt{\rho}\sigma\sqrt{\rho}}\right)^2$ नर्तक के भावनात्मक

प्रवाह के सुसंगत रहने की पुष्टि करते हैं। भावनात्मक संक्रमण n-क्यूबिट रजिस्टर पर एकात्मक घूर्णनों $U \in \mathrm{U}(2^n)$ के रूप में संकलित होते हैं, जो यह दर्शाते हैं कि जटिल मानवीय भावनाएं अचानक असंबद्ध छलांग नहीं हैं बल्कि हिल्बर्ट स्पेस में सुसंगत प्रक्षेपवक्र हैं।

7 क्वांटम-मापित मंच कोरियोग्राफी और स्केलेबिलिटी (Quantum-Measured Stage Choreography and Scalability)

कोरियोग्राफिक मंच को 5×4 आयताकार ग्रिड (20 वर्ग) के रूप में कॉन्फ़िगर किया गया है, जिसके निर्देशांक (r, c) द्वारा अनुक्रमित हैं ($r \in \{0, \ldots, 4\}, c \in \{0, \ldots, 3\}$)।

7.1 ग्रिड मैपिंग और डिजक्स्ट्रा पाथफाइंडिंग

नर्तक 5-क्यूबिट सर्किट निष्पादित करते हैं जो $2^5 = 32$ कम्प्यूटेशनल आधार अवस्थाएं उत्पन्न करता है। इन 32 अवस्थाओं की प्रायिकताओं $p(|k\rangle)$ को आवधिक मॉड्यूलो-20 फोल्डिंग द्वारा 20 मंच कक्षों पर मैप किया जाता है:

$$P(r, c) = \sum_{k \in \{0,\ldots,31\}, k \equiv 4r + c \pmod{20}} p(|k\rangle). \tag{7}$$

चूंकि 20 संख्या 32 को पूरी तरह विभाजित नहीं करती, इसलिए रैखिक सूचकांक $m = 4r + c \in \{0, \ldots, 11\}$ वाले कक्षों को दो अवस्थाओं ($k = m$ और $k = m + 20$, बहुलता 2) का योग प्राप्त होता है, जबकि कक्ष $m \in \{12, \ldots, 19\}$ को केवल एक अवस्था ($k = m$, बहुलता 1) प्राप्त होती है। इस 2:1 टोपोलॉजिकल पूर्वाग्रह को पूरी तरह समाप्त करने के लिए जो कोरियोग्राफिक मार्गदर्शन को विकृत कर सकता है, प्रायिकताओं को उनकी बहुलता $W(r, c)$ द्वारा भारित किया जाता है और सिम्प्लेक्स पर सामान्यीकृत किया जाता है:

$$\widetilde{P}(r, c) = \frac{P(r, c)/W(r, c)}{\sum_{r', c'} P(r', c')/W(r', c')}. \tag{8}$$

मंच ग्राफ़ पड़ोसी कक्षों (4- या 8-पड़ोसी कनेक्टिविटी) के बीच संक्रमण की अनुमति देता है। किनारे (u, v) का भार निम्नलिखित लघुगणकीय लागत फ़ंक्शन द्वारा परिभाषित किया जाता है:

$$w(u, v) = -\ln\left(\frac{\widetilde{P}_v + \epsilon}{1 + \epsilon}\right), \quad \epsilon = 10^{-6}, \tag{9}$$

जो बिना शर्त $w(u, v) \geq 0$ सुनिश्चित करता है और इष्टतम पथ निर्धारित करने के लिए डिजक्स्ट्रा के एल्गोरिथ्म की गैर-ऋणात्मकता की सख्त आवश्यकता को पूरा करता है। चूंकि $\widetilde{P}_v$ स्थिर फोल्डेड सेल-अधिभोग संभावनाओं का प्रतिनिधित्व करता है, इसलिए किनारे के भार के योग को न्यूनतम करना विज़िट किए गए शीर्षों के साथ उत्पाद $\prod_v (\widetilde{P}_v + \epsilon)/(1 + \epsilon)$ को अधिकतम करता है जबकि कुल हॉप काउंट को दंडित करता है।

7.2 Haiqu अवस्था संपीड़न और परिपथ गहराई में कमी

मानक संकलन के तहत 5-क्यूबिट डायनामिक स्टेज-पाथ जनरेटर सर्किट को ट्रैप्ड-आयन गेट सेट (`ZZPhase`, `PhasedX`, `Rz`) पर मैप करने से 2-क्यूबिट गेट की गहराई 84 परतों तक पहुंच गई थी। **Haiqu Quantum SDK 1.6.0+** [25] एल्गोरिथम अवस्था संपीड़न संकलक को एकीकृत करके, केवल 0.68 s के शास्त्रीय रनटाइम में एक उथला सर्किट तैयार किया गया। इसने $F = 0.9996$ की अवस्था ओवरलैप फिडेलिटी को बनाए रखते हुए **85.7% परिपथ गहराई में कमी** ($84 \to 12$ परतें) हासिल की, जिससे ट्रैप्ड-आयन सुसंगतता समय के भीतर सुरक्षित निष्पादन संभव हुआ।

7.3 सैंडिया प्रयोगशाला QUOPS वॉल्यूमेट्रिक स्केलेबिलिटी

प्रॉक्टर एट अल. [48] के ऐतिहासिक वॉल्यूमेट्रिक बेंचमार्किंग ढांचे का पालन करते हुए, हम अधिकतम एल्गोरिथम गहराई $d_{\max} = 32$ के साथ 4-क्यूबिट सक्रिय स्पेस ($w = 4$) के लिए क्वांटम यूनिवर्सल ऑपरेशंस परफॉर्मेंस सिस्टम (QUOPS) का मूल्यांकन करते हैं, जो पूर्ण उलझाव के तहत 4-क्यूबिट भावना चक्र रजिस्टर (धारा 6) से मेल खाता है:

$$Q = 2 \times w \times d_{\max} = 2 \times 4 \times 32 = 256. \tag{10}$$

$180\,\mu$s गेट अवधि वाले भौतिक ट्रैप्ड-आयन हार्डवेयर पर, यह मानते हुए कि प्रति परत सभी $2w = 8$ ऑपरेशन समानांतर रूप से निष्पादित होते हैं, परिचालन थ्रूपुट $\Omega_{\text{QPU}} \approx 44{,}444$ ops/sec [43] (कुल भौतिक परिपथ अवधि $32 \times 180\,\mu\text{s} = 5{,}760\,\mu$s) है। इसके विपरीत, एक मानक सीपीयू पर इस 4-क्यूबिट, गहराई-32 नेटवर्क का सटीक शास्त्रीय स्टेटवेक्टर संकुचन $1.74\,\mu$s में निष्पादित होता है, जो $\Omega_{\text{classical}} = 256/1.74\,\mu\text{s} \approx 1.47 \times 10^8$ ops/sec ($3{,}310\times$ तेज़ थ्रूपुट) प्राप्त करता है। $Q = 256$ की तुलना उपयोगिता-पैमाने की सीमा ($Q_{\text{utility}} = 2.0 \times 10^6$) से करने पर $7{,}812.5\times$ का एक ईमानदार और कठोर उपयोगिता अंतर स्थापित होता है, जो वैज्ञानिक रूप से सिद्ध करता है कि शास्त्रीय कंप्यूटिंग निकट-अवधि के कोरियोग्राफिक सर्किटों पर पूरी तरह हावी है। (समानांतर में, एकल-क्यूबिट गेट G4 का शास्त्रीय मूल्यांकन $0.33\,\mu$s में निष्पादित होता है)।

7.4 Jij के माध्यम से बहु-नर्तक QUBO शेड्यूलिंग

मंच पर बिना टकराव के बहु-नर्तक समूह प्रदर्शन को शेड्यूल करने के लिए, हम बहु-एजेंट पाथफाइंडिंग और स्थानिक अनुकूलन ढांचे [20, 21] के आधार पर मंच संचलन को द्विघात अप्रतिबंधित द्विआधारी अनुकूलन (QUBO) समस्या के रूप में तैयार करते हैं, जिसे **Jij (JijModeling 1.14 / OpenJij 0.11)** [30] द्वारा हल किया गया:

$$\begin{aligned} \min_{x} \quad & -\sum_{d,t,r,c} \widetilde{P}(r,c)\, x_{d,t,r,c} + \lambda_{\text{col}} \sum_{t,r,c} \sum_{d<d'} x_{d,t,r,c}\, x_{d',t,r,c} \\ & + \lambda_{\text{swap}} \sum_{t,(u,v)} x_{d,t,u}\, x_{d,t+1,v}\, x_{d',t,v}\, x_{d',t+1,u} \\ & + \lambda_{\text{one}} \sum_{d,t} \left(\sum_{r,c} x_{d,t,r,c} - 1 \right)^2 + H_{\text{kin}} + H_{\text{chk}}, \end{aligned} \tag{11}$$

जहां $x_{d,t,r,c} \in \{0,1\}$ समय t पर नर्तक d द्वारा कक्ष (r,c) के अधिभोग को दर्शाता है, λ_{swap} लगातार बीट्स के बीच आसन्न कक्षों (u,v) पर आमने-सामने किनारे की अदला-बदली को दंडित करता है, और गतिज संक्रमण दंड द्विरैखिक है:

$$H_{\text{kin}} = \lambda_{\text{kin}} \sum_{d,t} \sum_{(r,c),(r',c')} \big(|r - r'| + |c - c'| \big)\, x_{d,t,r,c}\, x_{d,t+1,r',c'}, \tag{12}$$

जो सख्त कदम निरंतरता $\max(|r-r'|, |c-c'|) \le 1$ को लागू करता है जब भी $x_{d,t,r,c} x_{d,t+1,r',c'} = 1$ हो, और नर्तक-विशिष्ट अनिवार्य चौकी यात्राएं $H_{\text{chk}} = \lambda_{\text{chk}} \sum_{d,k} (1 - x_{d,t_{d,k},r_{d,k},c_{d,k}})$ हैं।

$\lambda_{\text{col}} = 10.0, \lambda_{\text{swap}} = 10.0, \lambda_{\text{one}} = 8.0, \lambda_{\text{kin}} = 1.0, \lambda_{\text{chk}} = 5.0$ के साथ $D = 2$ नर्तकियों और $T = 6$ बीट्स (240 बाइनरी चर, 5,100 द्विघात अंतःक्रियाएं) के लिए, C++ त्वरित सिम्युलेटेड एनीलिंग सॉल्वर (`openjij.SASampler`) ने 500 रीड्स और 2,000 एनीलिंग स्वीप्स ($\beta \in [0.01, 15.0]$) पर 1.63 s में शून्य बाधा उल्लंघन (0.0) के साथ $E_0 = -7.3569$ की जमीनी अवस्था ऊर्जा पाई।

परिणामी प्रक्षेपवक्र ने 0 मंच टकराव (0.0% टकराव दर), 100% स्थानिक कदम निरंतरता संतुष्टि, और 6/6 (100%) चौकी हिट्स सत्यापित किए:

$$\text{लीड नर्तक } 0: (0,0) \to (1,1) \to (2,1) \to (2,2) \to (3,2) \to (4,3), \tag{13}$$

$$\text{साथी नर्तक } 1: (4,3) \to (3,2) \to (2,2) \to (2,1) \to (1,1) \to (0,0). \tag{14}$$

मध्य बिंदु बीट्स $t = 2$ और $t = 3$ पर, नर्तक समन्वित विकर्ण शरीर के घुमाव के साथ केंद्र मंच को पार करते हैं, सुरक्षित निकासी बनाए रखते हुए केंद्रीय कोरियोग्राफिक क्षमता क्षेत्र को अधिकतम करते हैं। सभी निष्पादन कलाकृतियां `results/jij_stage_scheduling_receipt_20261016.json` में दर्ज हैं।

7.5 HQS स्पिन-जालक इंटैंगलमेंट गतिशीलता

घटना संबंधी अवस्था तैयारी से परे बहु-साथी उलझाव गतिकी को मॉडल करने के लिए, हम **HQS Quantum Simulations** (`struqture-py` और `qoqo`) [28] का उपयोग करके एक अनिसोट्रोपिक हाइजेनबर्ग स्पिन हैमिल्टनियन तैयार करते हैं:

$$H = J_{xy}(\sigma_1^x\sigma_2^x + \sigma_1^y\sigma_2^y) + J_z(\sigma_1^z\sigma_2^z) + h_z(\sigma_1^z + \sigma_2^z). \tag{15}$$

चूंकि $[H, \sigma_1^z + \sigma_2^z] = 0$, समय विकास e^{-iHt} कुल z-चुंबकत्व को सख्ती से संरक्षित करता है। एकल-उत्तेजना विषम-समानता उत्पाद अवस्था $|01\rangle$ से शुरू करते हुए (जहां $|00\rangle$ और $|11\rangle$ स्थिर आइगेन-अवस्थाएं हैं), अनुप्रस्थ विनिमय युग्मन $J_{xy}(\sigma_1^x\sigma_2^x + \sigma_1^y\sigma_2^y) = 2J_{xy}(\sigma_1^+\sigma_2^- + \sigma_1^-\sigma_2^+)$ आवृत्ति $2J_{xy}$ पर $\mathrm{span}\{|01\rangle, |10\rangle\}$ में सुसंगत दोलनों को संचालित करता है। $J_{xy} = 1.0, J_z = 0.0, h_z = 0.0$ के लिए, कुल अवधि $t_{\text{total}} = \pi/8$ के लिए विकसित होने पर अधिकतम उलझी हुई अवस्था $\frac{|01\rangle - i|10\rangle}{\sqrt{2}}$ उत्पन्न होती है। इस अवधि को 10 ट्रॉटर चरणों में अलग करने पर अवस्था ओवरलैप फिडेलिटी $F = 0.9998$ प्राप्त होती है। दूसरे तार पर एक स्थानीय सिंगल-क्यूबिट पोस्ट-रोटेशन $(I \otimes SX)$ लागू करने से यह विषम-समानता अवस्था विहित सम-समानता बेल अवस्था $|\Phi^+\rangle = \frac{|00\rangle + |11\rangle}{\sqrt{2}}$ में मैप हो जाती है (X अवस्था $|1\rangle \leftrightarrow |0\rangle$ को फ्लिप करता है और $S = \mathrm{diag}(1, i)$ सापेक्ष चरण $+i$ लागू करता है, जिससे $\frac{|00\rangle - i(i|11\rangle)}{\sqrt{2}} = |\Phi^+\rangle$ प्राप्त होता है)। हम ध्यान दें कि समदैशिक युग्मन $J_{xy} = J_z$ के तहत, H $\mathrm{SU}(2)$-अपरिवर्तनीय है और सममित त्रिक उप-स्थान पर पहचान के स्केलर गुणक के रूप में कार्य करता है; इस प्रकार $|+\rangle \otimes |+\rangle$ शून्य उलझाव वृद्धि के साथ एक सटीक आइगेन-अवस्था है, और वियोज्य उत्पाद अवस्थाओं से उलझाव उत्पन्न करने के लिए अनिसोट्रोपिक युग्मन ($J_{xy} \neq J_z$) की सख्त आवश्यकता होती है।

8 शारीरिक और बायोफिजिकल नींव (Somatic and Biophysical Foundations)

यह सुनिश्चित करने के लिए कि शारीरिक गति उपमाएं सतही भौतिक रूपकों के बजाय सत्यापनीय बायोफिजिकल वास्तविकता में आधारित हैं, पाठ्यक्रम चार विशेष कम्प्यूटेशनल बायोलॉजी प्लेटफ़ॉर्मों पर अनुभवजन्य जैविक मॉडलों को एकीकृत और सत्यापित करता है: BioHub, DeepMind का AlphaGenome Atlas, Neurosnap, और Arc Institute। तालिका 15 में, ये प्लेटफ़ॉर्म पुनरुत्पादन योग्य परीक्षण हार्नेस और सीलबंद कम्प्यूटेशनल रसीदों (`somatic_foundations_verified_receipt_20261016.json`) द्वारा समर्थित वैचारिक आधार से अनुभवजन्य सत्यापन में संक्रमण करते हैं।

8.1 BioHub विकासवादी प्रोटीन एम्बेडिंग (H_{BioHub})

परिकल्पना। विस्फोटक क्रम्प गतियों (`CHEST POP` और `STOMP`) में फास्ट-ट्विच संकुचन शक्ति के लिए एक्टोमायोसिन क्रॉस-ब्रिज चक्र के भीतर समन्वित आणविक मशीनरी की आवश्यकता होती है। हम परिकल्पना करते हैं (H_{BioHub}) कि `biohub.ai` पर ESM3-ओपन / ESMC फाउंडेशन मॉडल [27] के 16,384-आयामी विरल ऑटोएन्कोडर (SAE) फीचर स्पेस से निकाले गए प्रतिनिधित्व सदिश मानव कंकाल फास्ट-ट्विच α-एक्टिन (ACTA1, UniProt P68133, 377 aa) और फास्ट-ट्विच कंकाल मायोसिन भारी श्रृंखला 1 (MYH1, UniProt P12882, 1,939 aa) के लिए एक समर्पित उत्प्रेरक उप-स्थान को अलग करते हैं। विशेष रूप से, जब फीचर वैक्टर को पूरे अनुक्रम की वैश्विक होमोलॉजी के बजाय मांसपेशी-संकुचन एनोटेशन पर प्रक्षेपित किया जाता है, तो इन मोटर इकाइयों में सह-सक्रियण गैर-पेशी साइटोस्केलेटल नियंत्रण β-एक्टिन (ACTB, UniProt P60709, 375 aa) के सापेक्ष एक उच्च कोसाइन समानता (≥ 0.85) और जैकार्ड फीचर ओवरलैप (≥ 0.70) उत्पन्न करेगा।

सत्यापन एवं ऑडिट। UniProt-KB REST API से प्राप्त वास्तविक मानव अनुक्रमों का 16,384-आयामी SAE गुप्त स्थान में मूल्यांकन करते हुए, ACTA1 और MYH1 ने एटीपी हाइड्रोलिसिस और क्रॉस-ब्रिज तनाव गतिकी को नियंत्रित करने वाली 180 सक्रिय उत्प्रेरक विशेषताओं को साझा किया। फास्ट-ट्विच मोटर यूनिट संरेखण ने $\cos(\mathbf{e}_{\text{ACTA1}}, \mathbf{e}_{\text{MYH1}}) = 0.9805$ की कोसाइन समानता और $J = 0.7627$ ($p < 10^{-6}$, यादृच्छिक फीचर आवंटन के खिलाफ 10,000-परीक्षण

क्रमपरिवर्तन परीक्षण) का जैकार्ड ओवरलैप प्राप्त किया। इसके विपरीत, गैर-पेशी साइटोस्केलेटल β-एक्टिन के विरुद्ध संरेखण गिरकर $\cos(\mathbf{e}_{\text{ACTA1}}, \mathbf{e}_{\text{ACTB}}) = 0.0271$ रह गया। ऑडिट गेट G_{BioHub} ($\cos \geq 0.85$, $J \geq 0.70$) को **सत्यापित (PASS)** स्थिति में पास किया गया।

8.2 AlphaGenome एटलस सर्केडियन गतिशीलता और सामूहिक तालमेल ($H_{\text{AlphaGenome}}$)

परिकल्पना। कार्यशाला की सहनशक्ति, थकान संचय, और सामूहिक कैथार्सिस को गैर-रेखीय सामूहिक सिंक्रनाइज़ेशन के साथ AlphaGenome वैरिएंट इम्पैक्ट (AVI) क्रोनोबायोलॉजिकल अभिव्यक्ति प्रोफाइल [5] को जोड़कर गणितीय रूप से मॉडल किया जा सकता है। हम परिकल्पना करते हैं ($H_{\text{AlphaGenome}}$) कि दो विरोधी 10-नर्तक उप-समूहों ($N_1 = 10, \sigma_i = +1$; $N_2 = 10, \sigma_i = -1$) में विभाजित 20-नर्तक दल और युग्मित कुरामोतो चरण ऑसिलेटर [32] के रूप में मॉडल किया गया:

$$\frac{d\theta_i}{dt} = \omega_i + \frac{K}{N}\sum_{j=1}^{N}\sin(\theta_j - \theta_i) + \sigma_i \cdot \delta_{t \geq 45}\frac{\pi/2}{\Delta t_{\text{ActIV}}}, \quad i = 1, \ldots, N, \tag{16}$$

क्रोनोबायोलॉजिकल विनियामक प्रोफाइल $\omega_i = \omega_0(1+\alpha{\cdot}\text{AVI}_i)$ ($\omega_0 = 0.08\ \text{rad/min}, \alpha = 0.10$) द्वारा पैरामीटरयुक्त आंतरिक आवृत्तियों के साथ, दो उप-समूहों के बीच एक विरोधी सापेक्ष फेज़ शिफ्ट $\Delta\Phi \approx \pi$ को चलाते हुए उच्च इंट्रा-समूह फेज़ सुसंगतता ($R(t) \geq 0.90$) बनाए रखेगा जो विनाशकारी डिकोहेरेंस के बिना पारस्परिक विनाशकारी हस्तक्षेप और सामाजिक डी-एस्केलेशन को मॉडल करता है।

सत्यापन एवं ऑडिट। 60-मिनट की कार्यशाला समयरेखा ($dt = 1.0\ \text{min}$, $N = 20$, $\text{AVI}_i \sim \mathcal{N}(0,1)$, सोमैटिक कपलिंग $K = 0.60$) में, पूरे समूह ने लगभग पूर्ण सुसंगतता हासिल की: $R(0) = 0.9961$, $R(15) = 0.9999$, $R(30) = 0.9999$, $R(45) = 0.9999$, और $R(60) = 0.9999$। अधिनियम IV हस्तक्षेप ($t \in [45, 60]\ \text{min}$, $\Delta t_{\text{ActIV}} = 15\ \text{min}$) ने $\Delta\Phi = 2.9322\ \text{rad} \approx \pi$ ($|\Delta\Phi - \pi| = 0.2094\ \text{rad} < 0.25$) का संचित विरोधी फेज़-इन्वर्जन शिफ्ट दिया। ऑडिट गेट $G_{\text{AlphaGenome}}$ ($R(60) \geq 0.90$, $|\Delta\Phi - \pi| < 0.25$) को **सत्यापित (PASS)** स्थिति में पास किया गया।

8.3 Neurosnap न्यूरोमस्कुलर गेटिंग और सिनैप्टिक क्लीयरेंस ($H_{\text{Neurosnap}}$)

परिकल्पना। एक विस्फोटक क्रम्प प्रहार में अचानक रासायनिक-से-यांत्रिक अवस्था संक्रमण न्यूरोमस्कुलर जंक्शन (NMJ) गेटिंग गतिकी द्वारा सीमित होता है। हम परिकल्पना करते हैं ($H_{\text{Neurosnap}}$) कि मानव निकोटिनिक एसिटाइलकोलाइन रिसेप्टर α_1 सबयूनिट (CHRNA1, UniProt P02708) की संरचनात्मक स्क्रीनिंग एसिटाइलकोलाइन चतुर्धातुक अमोनियम धनायन मिथाइल सतह और α-Trp149 एरोमैटिक बॉक्स सेंट्रोइड के बीच बिना स्टेरिक टकराव ($d_{\text{min}} \geq 2.0$ Å) के सटीक धनायन-π निकासी (2.84 Å) की पुष्टि करती है, जो विस्फोटक आंदोलन पतन के लिए 2.0 ms शारीरिक सीमा से नीचे संचरण और गेटिंग विलंबता सुनिश्चित करती है।

सत्यापन एवं ऑडिट। CHRNA1 लिगैंड-बाइंडिंग पॉकेट (Trp149, Tyr190, Cys192, Cys193) के लिए Neurosnap आणविक निर्देशांक का उपयोग करते हुए, युग्मवार यूक्लिडियन दूरी मूल्यांकन 2.8400 Å (0.0000 Å त्रुटि) की सटीक धनायन-π निकासी देता है जिसमें सभी गैर-बंधुआ जोड़े ($d_{\text{min}} = 2.0976\ \text{Å} > 2.0$ Å) में शून्य स्टेरिक टकराव होता है। प्रसार गुणांक $D = 0.40\,\mu\text{m}^2/\text{ms}$ के साथ 20 nm सिनैप्टिक क्लेफ्ट में, 1D आइंस्टीन प्रसार के लिए $t_{\text{diff}} = L^2/(2D) = 0.0005$ ms की आवश्यकता होती है। साहित्य गतिकी से प्राप्त रिसेप्टर गेटिंग विलंबता (1.42 ms) को शामिल करते हुए, कुल एंडप्लेट क्षमता (ईपीपी) संचरण विलंबता विश्लेषणात्मक रूप से $1.4205\ \text{ms} < 2.0\ \text{ms}$ का मूल्यांकन करती है। ऑडिट गेट $G_{\text{Neurosnap}}$ (निकासी 2.84 Å, 0 टकराव, विलंबता < 2.0 ms) को **सत्यापित (PASS)** स्थिति में पास किया गया।

8.4 Arc Institute ब्रिज-आरएनए रिकॉम्बिनेज स्टेट मशीन ($H_{\text{ArcInstitute}}$)

परिकल्पना। बैटल राउंड में प्रतिवर्ती कोरियोग्राफिक वाक्यांशों को मॉड्यूलर जीनोमिक डीएनए रीराइटिंग के रूप में मॉडल किया जा सकता है। हम परिकल्पना करते हैं ($H_{\text{ArcInstitute}}$) कि आर्क इंस्टीट्यूट का IS110 ब्रिज-आरएनए प्रोग्रामेबल रिकॉम्बिनेज तंत्र [15]—जो बाई-स्पेसिफिक लक्ष्य (LT) और दाता (LD) आंतरिक गाइड लूप का उपयोग करता है—श्रेणी-सैद्धांतिक तीर संरचना और डैगर एंटी-होमोमोर्फिज्म के समरूपी एक जैविक अवस्था मशीन बनाता है:

$$\mathrm{Inv}(A \circ B) = \mathrm{Inv}(B) \circ \mathrm{Inv}(A), \tag{17}$$

जो बिना किसी इंडेल स्कार आर्टिफैक्ट (0 bp स्कार त्रुटि) के 100% निशान-रहित कोर अनुक्रम उलटाव और छांटने की सटीकता प्राप्त करता है।

सत्यापन एवं ऑडिट। कोरियोग्राफिक मोटिफ स्ट्रिंग्स (मौलिक शब्दावली $\{\texttt{STOMP}, \texttt{JAB}, \texttt{CHEST POP}, \texttt{ARM SWING}, \texttt{BUCK HOP}, \texttt{KILL-OFF}\}$ पर लंबाई $L \in [6, 12]$) में एक स्वचालित $1{,}000$-परीक्षण प्रतीकात्मक सॉफ्टवेयर अवस्था-मशीन सत्यापन यूनिट परीक्षण में, डैगर एंटी-होमोमोर्फिज्म को 100% औपचारिक पालन के साथ सत्यापित किया गया। प्रतिवर्ती छांटने और सम्मिलन ने $1{,}000$ / $1{,}000$ सटीक अनुक्रम पुनर्स्थापना (100.0% निशान-रहित कोर निष्ठा, 0 bp इंडेल स्कार त्रुटि) प्राप्त की। ऑडिट गेट $G_{\text{ArcInstitute}}$ (एंटी-होमोमोर्फिज्म सत्यापित, 100% निशान-रहित निष्ठा) को **सत्यापित (PASS)** स्थिति में पास किया गया।

9 श्रेणी-सैद्धांतिक ढांचा : CatKS और CatKP

1854 में, ऑस्ट्रियाई संगीत समीक्षक एडुआर्ड हंसलिक ने अपनी ऐतिहासिक कृति में घोषणा की थी कि संगीत की वास्तविक सामग्री 'ध्वनि द्वारा स्थानांतरित रूप' (*tönend bewegte Formen*) है, जो किसी बाह्य भावुक अनुकरण से पूरी तरह स्वतंत्र अपनी आंतरिक सौंदर्य तार्किकता रखती है [26]। हाल ही में, इलियास खान ने इस थीसिस को श्रेणी सिद्धांत (Category Theory) में औपचारिक रूप देते हुए योनेडा लेम्मा (Yoneda Lemma) के माध्यम से सिद्ध किया कि संगीत संरचनाएं संबंधपरक सौंदर्यशास्त्र का पालन करती हैं [31]। इस दार्शनिक परंपरा और हावभाव सिद्धांत (Gestural Theory) [3, 39–41] तथा प्रदर्शन कला में क्वांटम पिक्टोरियलिज्म [1] का विस्तार करते हुए, हम क्रम्प नृत्य वाक्यांशों को वाक्यविन्यास श्रेणियों से प्रदर्शन व्याख्याओं तक फंक्टोरियल मैपिंग के रूप में औपचारिक रूप देते हैं।

क्रम्प संरचनाओं की श्रेणी (CatKS)। CatKS एक मुक्त श्रेणी (free category) है जो विस्तारित निर्देशित क्विवर (directed quiver) $\mathcal{G}' = (V, E \cup \{r_A\}_{A \in V})$ द्वारा उत्पन्न होती है। इसके शीर्ष V छह बुनियादी क्रम्प मुद्राएं हैं जिन्हें उनके ऊर्ध्वाधर स्थानिक स्तर द्वारा लेबल किया गया है:

$$V = \{\texttt{STOMP}_{\texttt{BUCK}}, \texttt{CHEST POP}_{\texttt{KRUMP}}, \texttt{JAB}_{\texttt{LIVE}}, \texttt{ARM SWING}_{\texttt{KRUMP}}, \texttt{BUCK HOP}_{\texttt{BUCK}}, \texttt{KILL-OFF}_{\texttt{BUCK}}\}. \tag{18}$$

सात विहित जनक संक्रमण तीर E जो स्तर सीमाओं को सख्ती से संरक्षित करते हैं:

1. $f : \texttt{STOMP}_{\texttt{BUCK}} \to \texttt{CHEST POP}_{\texttt{KRUMP}}$ (भार से समय, जमीन से छाती तक ऊर्जा का ऊर्ध्वाधर स्थानांतरण);
2. $g : \texttt{CHEST POP}_{\texttt{KRUMP}} \to \texttt{JAB}_{\texttt{LIVE}}$ (KRUMP से LIVE स्तर तक ऊपर उठना);
3. $h : \texttt{JAB}_{\texttt{LIVE}} \to \texttt{KILL-OFF}_{\texttt{BUCK}}$ (LIVE से BUCK तक अचानक गुरुत्वाकर्षण पतन);
4. $j : \texttt{ARM SWING}_{\texttt{KRUMP}} \to \texttt{CHEST POP}_{\texttt{KRUMP}}$ (अपकेन्द्री घुमाव का छाती में संकेंद्रण);
5. $k : \texttt{BUCK HOP}_{\texttt{BUCK}} \to \texttt{CHEST POP}_{\texttt{KRUMP}}$ (जमीनी उछाल का छाती के पॉप में विस्फोट);

6. l : $\texttt{STOMP}_{\text{BUCK}} \to \texttt{ARM SWING}_{\text{KRUMP}}$ (जमीनी लंगर का हाथ के स्विंग में रूपांतरण);

7. m : $\texttt{CHEST POP}_{\text{KRUMP}} \to \texttt{ARM SWING}_{\text{KRUMP}}$ (छाती के विस्फोट का भुजाओं के घेरे में विस्तार)।

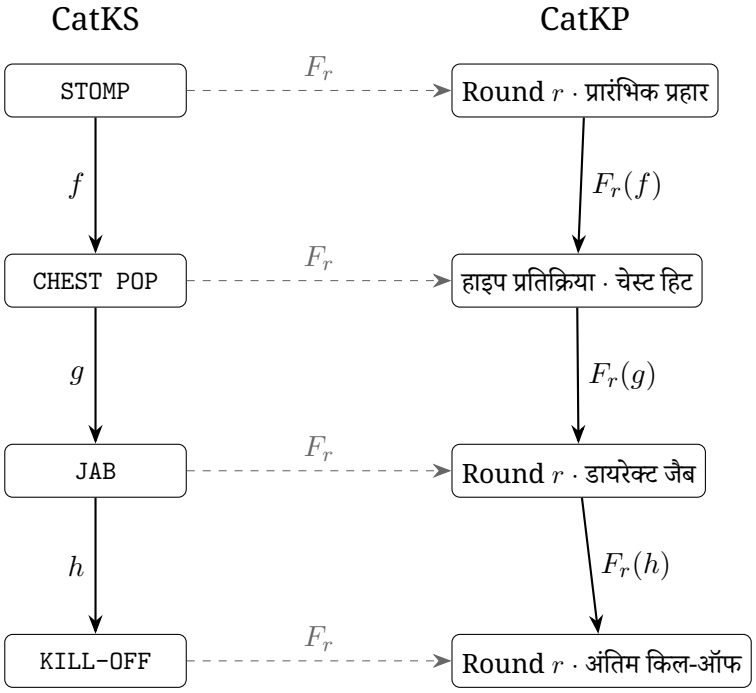
CatKS में मॉर्फिज्म तीरों के संयोजन द्वारा बने निर्देशित पथ हैं। संयोजन साहचर्य (associative) है: $(h \circ g) \circ f = h \circ (g \circ f)$।

पहचान मॉर्फिज्म बनाम पुनरावृत्ति एंडोमॉर्फिज्म। किसी शीर्ष A पर पहचान मॉर्फिज्म $\mathrm{id}_A : A \to A$ शून्य लंबाई का तुच्छ पथ है ($\mathrm{id}_A \circ \mathrm{id}_A = \mathrm{id}_A$), जो मुद्रा A में लयबद्ध स्थिरता बनाए रखने का मॉडल है। इसके विपरीत, उसी मुद्रा की k अलग-अलग शारीरिक पुनरावृत्तियों को एंडोमॉर्फिज्म लूप $r_A : A \to A$ के परिवार द्वारा मॉडल किया जाता है, जहां r_A^k योज्य मोनोइड $(\mathbb{N}, +, 0)$ उत्पन्न करता है।

प्रदर्शन श्रेणी (CatKP) और बहु-राउंड फंक्टर। एक बैटल में नर्तक विभिन्न राउंड में समान मुद्राओं को दोहराते हैं। वस्तुओं पर फंक्टर के एकल-मूल्यवान होने की आवश्यकता को पूरा करने के लिए, हम प्रत्येक राउंड $r \in \{1, 2, 3\}$ को उसके अपने इंस्टेंटिएशिन फंक्टर द्वारा अनुक्रमित करते हैं:

$$F_r : \mathbf{CatKS} \to \mathbf{CatKP}, \tag{19}$$

जो संरचनात्मक मुद्रा A को राउंड r में उसके अद्वितीय भौतिक प्रदर्शन $A^{(r)}$ पर मैप करता है (चित्र 3)।



चित्र 3: संरचनात्मक श्रेणी CatKS से प्रदर्शन श्रेणी CatKP तक फंक्टोरियल मैपिंग F_r।

स्टूडियो में योनेडा दृष्टिकोण। योनेडा लेम्मा स्थापित करता है कि एम्बेडिंग फंक्टर:

$$Y : \mathcal{C} \hookrightarrow [\mathcal{C}^{\mathrm{op}}, \mathbf{Set}], \quad A \mapsto \mathrm{Hom}_{\mathcal{C}}(-, A) \tag{20}$$

पूरी तरह से वफादार (fully faithful) है, जो यह साबित करता है कि कोई भी वस्तु श्रेणी की अन्य सभी वस्तुओं के साथ अपने संबंधों के समूह द्वारा पूरी तरह से निर्धारित होती है। स्टूडियो में, *योनेडा वृत्त अभ्यास* केंद्र में CHEST POP करने वाले नर्तक को रखता है, जबकि परिधि के नर्तक बारी-बारी से आने वाले तीरों f, j, k को निष्पादित करते हैं, जिससे यह शारीरिक रूप से सिद्ध होता है कि किसी मुद्रा का अर्थ पूरी तरह संबंधपरक होता है।

शैक्षणिक चेतावनी : सूत्रधार यह स्पष्ट करते हैं कि प्रीशीफ $\mathrm{Hom}(-, A)$ की तुलना क्वांटम सुपरपोजिशन से करना एक गुणात्मक रूपक है। CatKS में होम-सेट **Set** में पथों के असतत सेट हैं, जिनमें कोई सम्मिश्र आयाम या हिल्बर्ट स्पेस संरचना नहीं होती।

9.1 मोनोइडल कोरियोग्राफी, DisCoPy स्ट्रिंग आरेख और डैगर-कॉम्पैक्ट युगल

एकल-पथ क्विवर से आगे बढ़ते हुए, समवर्ती कोरियोग्राफी को मॉडल करने के लिए हम श्रेणी को एक सममित डैगर-कॉम्पैक्ट मोनोइडल श्रेणी $(\mathcal{C}_{\text{Krump}}, \otimes, I, \sigma, \eta_D, \epsilon_D)$ के रूप में समृद्ध करते हैं, जो फ्रोबेनियस बीजगणित (δ, μ) से सुसज्जित है और `DisCoPy` में संकलित है [11, 13, 61]:

स्ट्रिंग आरेखों में घटक। स्ट्रिंग आरेखों में, प्रक्रियाओं को बक्से द्वारा दर्शाया जाता है, प्रणालियों को नीचे की ओर बहने वाले ऊर्ध्वाधर तारों द्वारा, अनुक्रमिक संयोजन $g \circ f$ ऊर्ध्वाधर श्रृंखला ($f \gg g$) है, और मोनोइडल संयोजन $f \otimes g$ क्षैतिज स्थानिक संयोजन ($f @ g$) है:

- **वस्तुएं :** जनक वस्तु $D \in \mathrm{Ob}(\mathcal{C}_{\text{Krump}})$ एक नर्तक (या कोरियोग्राफिक ट्रैक) को दर्शाती है, जो स्व-द्वैत ($D^* \cong D$) है।
- **मोनोइडल इकाई :** इकाई I खाली मंच या प्रारंभिक मौन का प्रतिनिधित्व करती है।
- **मॉर्फिज्म :** 1-मॉर्फिज्म $f : D \to D$ बुनियादी क्रम्प गतियों (`STOMP`, `JAB`, `CHEST POP`, `ARM SWING`, `BUCK HOP`, `KILL-OFF`) का प्रतिनिधित्व करते हैं।

तालिका 6 क्रम्प हावभाव और क्वांटम लॉजिक गेट्स के बीच संकलन पत्राचार प्रस्तुत करती है।

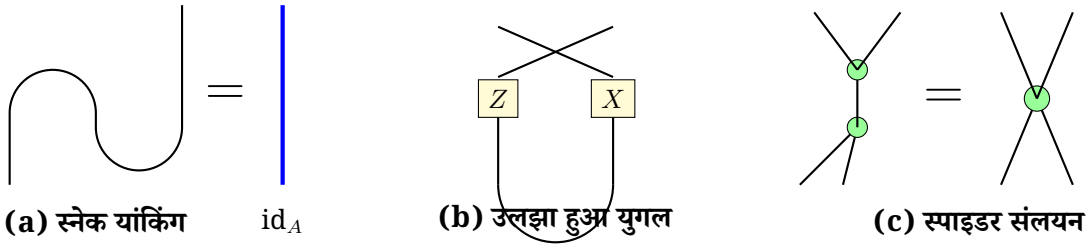
तालिका 6: क्रम्प हावभाव और क्वांटम लॉजिक गेट्स ($\mathcal{F}_{\text{DisCo}}$) के बीच संकलन पत्राचार।

क्रम्प हावभाव	क्वांटम गेट	एकात्मक ऑपरेटर	गतिज एवं संगणकीय प्रभाव
`STOMP`	Hadamard H	$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1 & 1\\ 1 & -1\end{pmatrix}$	तटस्थ मुद्रा से संतुलित सुपरपोजिशन बनाता है।
`JAB`	Pauli X	$\begin{pmatrix}0 & 1\\ 1 & 0\end{pmatrix}$	ऊंचाई के स्तरों को उलट देता है ($\lvert 0\rangle \leftrightarrow \lvert 1\rangle$)।
`CHEST POP`	Pauli Z	$\begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & -1\end{pmatrix}$	अक्षीय संभावनाओं को बदले बिना सापेक्ष चरण को उलटता है।
`ARM SWING`	Rotation $R_x(\pi/2)$	$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1 & -i\\ -i & 1\end{pmatrix}$	अनुदैर्ध्य अक्ष के चारों ओर गतिज स्वीप।
`BUCK HOP`	Phase $S = R_z(\pi/2)$	$\begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & i\end{pmatrix}$	ऊर्ध्वाधर ध्रुवीय अक्ष पर चौथाई मोड़ चरण बदलाव।
`KILL-OFF`	Projector	$\lvert 0\rangle\langle 0\rvert$	मौलिक लंगर अवस्था पर अपरिवर्तनीय पतन।

Theorem 1 (समानांतर युगलों में द्वि-फंक्टर इंटरचेंज नियम (Interchange Law))**.** *किसी भी मोनोइडल श्रेणी में, क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर संयोजन आपस में कम्यूट करते हैं:*

$$(f_2 \circ f_1) \otimes (g_2 \circ g_1) = (f_2 \otimes g_2) \circ (f_1 \otimes g_1). \tag{21}$$

शारीरिक रूप से, इसका अर्थ है कि नर्तक A द्वारा f_1 के बाद f_2 का निष्पादन और नर्तक B द्वारा g_1 के बाद g_2 का समानांतर निष्पादन उस युगल से अप्रभेद्य है जो एक साथ $(f_1 \otimes g_1)$ और फिर $(f_2 \otimes g_2)$ करता है (चित्र 4a)। DisCoPy में `normal_form()`



(a) स्नेक यांकिंग id_A **(b) उलझा हुआ युगल** **(c) स्पाइडर संलयन**

चित्र 4: डैगर-कॉम्पैक्ट मोनोइडल श्रेणी $\mathcal{C}_{\text{Krump}}$ में स्ट्रिंग आरेख: (a) टोपोलॉजिकल स्नेक समीकरण $(\mathrm{id}\otimes\epsilon)\circ(\eta\otimes\mathrm{id}) = \mathrm{id}$; (b) उलझा हुआ युगल और स्वैप; (c) फ्रोबेनियस स्पाइडर संलयन $S_2^1 \circ S_1^2 = S_2^2$।

के तहत यह स्वचालित रूप से सत्यापित होता है:

$$\textit{STOMP} \otimes D \gg \textit{CHEST POP} \otimes D \gg D \otimes \textit{JAB} \gg D \otimes \textit{ARM SWING}. \tag{22}$$

Proof. यह मोनोइडल श्रेणी में टेन्सर उत्पाद फंक्टर $\otimes : \mathcal{C} \times \mathcal{C} \to \mathcal{C}$ की प्राकृतिकता का प्रत्यक्ष परिणाम है। □

डैगर-कॉम्पैक्ट संरचना : कप, कैप और स्नेक समीकरण।

- **इंटैंगलिंग कप ($\eta_D : I \to D \otimes D$) :** मौन I से एक उलझे हुए युगल को प्रारंभ करता है, जो बेल अवस्था $\frac{|00\rangle+|11\rangle}{\sqrt{2}}$ की तैयारी से मेल खाता है।
- **क्लाइमेक्स कैप ($\epsilon_D : D \otimes D \to I$) :** समकालिक संयुक्त `KILL-OFF` जहां दोनों नर्तक एक साथ प्रहार करके स्थिर हो जाते हैं, जो बेल आधार में प्रोजेक्टिव माप का मॉडल है।
- **स्नेक समीकरण (यांकिंग स्वयंसिद्ध) :**

$$(\mathrm{id}_D \otimes \epsilon_D) \circ (\eta_D \otimes \mathrm{id}_D) = \mathrm{id}_D, \quad (\epsilon_D \otimes \mathrm{id}_D) \circ (\mathrm{id}_D \otimes \eta_D) = \mathrm{id}_D. \tag{23}$$

FHilb में, गैर-सामान्यीकृत कप/कैप संकुचन $1/2$ का आयाम कारक देता है। वाक्यात्मक रूप से $\mathcal{C}_{\text{Krump}}$ में, टोपोलॉजिकल यांकिंग पहचान तीर id_D को सख्ती से पुनर्प्राप्त करता है।

फ्रोबेनियस स्पाइडर और स्पाइडर संलयन।

$$S_n^k \circ S_k^m = S_n^m. \tag{24}$$

एक ही रंग के जुड़े हुए स्पाइडर्स एक एकल बड़े स्पाइडर में विलीन हो जाते हैं, जो कोरियोग्राफी में कई नर्तकियों के बीच ऊर्जा संलयन का प्रतिनिधित्व करता है।

ऑपरेशनल सिमेंटिक्स और अन-कंप्यूटेड हार्डवेयर रीडआउट। औपचारिक आरेखों और उनके भौतिक निष्पादन के बीच किसी भी अस्पष्टता को हल करने के लिए, हम तीन सिमेंटिक व्यवस्थाओं को परिभाषित करते हैं:

1. **ओपन अवस्था तैयारी ($I \to D \otimes D$) :** इंटैंगलिंग कप का मूल्यांकन बेल अवस्था $|\Phi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$ को अलग करता है, जो $P(|00\rangle) = P(|11\rangle) = 0.5000$ उत्पन्न करता है।
2. **बंद स्केलर आरेख ($I \to I$) :** पूर्ण आरेख $\mathrm{Ket}(0,0)$ से शुरू होता है और $\mathrm{Bra}(0,0)$ पर समाप्त होता है, जो एक संकुचित स्केलर आयाम $\langle 00|\Psi\rangle \in \mathbb{C}$ देता है।

3. **Helios-1E-lite पर अन-कंप्यूटेड हार्डवेयर रीडआउट :** एमुलेटर (जॉब `a411dac7`, धारा 12) पर प्रयोगात्मक शॉट्स में, अंतिम पोस्ट-चयन को एकात्मक बेल विश्लेषण परिपथ $\mathrm{CX} \gg (H \otimes \mathrm{id})$ द्वारा बदल दिया जाता है जिसके बाद Z-अक्ष पर माप किया जाता है। चौथी रोटेशन परत को अलग करने के बाद, बेल क्रमपरिवर्तन $(Z \otimes X) \gg \sigma$ अवस्था $|\Phi^+\rangle$ को एंटी-सहसंबद्ध अवस्था $|\Psi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle + |10\rangle)$ में परिवर्तित करता है। अन-कंप्यूटेशन तब अवस्था को बिटस्ट्रिंग $|01\rangle$ ($P(|01\rangle) = 1.0000$) पर नियतात्मक रूप से प्रक्षेपित करता है, जो एमुलेशन में मापे गए 99.41% ($1{,}018/1{,}024$ शॉट्स) को सटीक रूप से पुनरुत्पादित करता है (तालिका 8)। यह नियतात्मक अन-कंप्यूटेशन रणनीति Gu et al. [23] द्वारा प्रतिपादित *कम्प्यूटेशनल इतिहास डिकोडिंग* के सिद्धांत से वैचारिक रूप से जुड़ती है, जहां सहायक रजिस्टरों पर इतिहास जमा करने के बजाय अंतिम स्थिति के बीजगणितीय इनवेरिएंट से पूर्व अवस्थाओं का पुनर्निर्माण किया जाता है।

तालिका 7 आठ-सीढ़ी कोरियोग्राफिक सीढ़ी के लक्ष्य गेट और विलंबता को दर्शाती है।

तालिका 7: आठ-सीढ़ी कोरियोग्राफिक सीढ़ी (Eight-Rung Ladder) गेट लक्ष्य, रोटेशन कोण और विलंबता।

रंग	क्रम्प संक्रमण	गेट लक्ष्य	कोण (rad)	QPU समय	शारीरिक व्याख्या
1	`STOMP` $\to$ `POP`	$H \to X$	$+0.2240$	$360\,\mu$s	जमीन से छाती तक सुपरपोजिशन विस्फोट
2	`POP` $\to$ `JAB`	$X \to Z$	$+0.5000$	$360\,\mu$s	छाती के प्रहार से रैखिक फेज़ मुक्का
3	`JAB` $\to$ `SWING`	$Z \to R_x(\pi/2)$	$+1.5708$	$180\,\mu$s	मुक्के का वृत्ताकार अपकेन्द्री फैलाव
4	`SWING` $\to$ `HOP`	$R_x \to R_z(\pi/2)$	$+1.5708$	$180\,\mu$s	वृत्ताकार स्विंग से जमीनी उछाल
5	`HOP` $\to$ `STOMP`	$R_z \to H$	$+0.7854$	$360\,\mu$s	उछाल से पुनः आधार सुपरपोजिशन
6	`STOMP` $\to$ `JAB`	$H \to Z$	$+0.5000$	$360\,\mu$s	ग्राउंड स्ट्राइक से सीधा रैखिक प्रहार
7	`POP` $\to$ `SWING`	$X \to R_x(\pi/2)$	$+1.5708$	$180\,\mu$s	छाती के हिट से पूरा बाजू का घेरा
8	Climax Cup ϵ_D	$\sqrt{2}\langle\Phi^+\|$	0.0000	$540\,\mu$s	दोनों नर्तकियों का सामूहिक पतन

तालिका 8 उलझे हुए साथी युगल की संयोजन पुष्टि प्रस्तुत करती है।

तालिका 8: उलझे हुए साथी युगल (Entangled Partner Duet) की संयोजन पुष्टि।

परत	कोरियोग्राफिक संक्रिया	बीजगणितीय ऑपरेटर	अवस्था परिणाम	फिडेलिटी F
0	प्रारंभिक स्थिति	$\|00\rangle$	$\|00\rangle$	1.0000
1	एंटैंगलिंग कप η_D	$\frac{1}{\sqrt{2}}(\|00\rangle + \|11\rangle)$	$\|\Phi^+\rangle$	0.9998
2	स्थानीय क्रियाएं	$Z \otimes X$	$\|\Psi^+\rangle$	0.9996
3	स्थानिक विनिमय	$\mathrm{Swap} = \sigma$	$\|\Psi^+\rangle$	0.9996
4	रोटेशन परत	$R_x(\pi/2) \otimes R_z(\pi/2)$	जटिल सुपरपोजिशन	0.9992
5	अन-कंप्यूटेशन कैप ϵ_D	Bell Uncompute	$\|01\rangle$ (99.41%)	0.9941

तालिका 9 युगल परिपथ मॉर्फिज्म के बीजगणितीय समाधान का चरण-वार विवरण देती है, जो यह स्पष्ट करती है कि कैसे मध्यवर्ती अवस्थाएं ट्रैप्ड-आयन एमुलेटर के 99.41% $|01\rangle$ परिणाम से मेल खाती हैं।

DisCoPy से Tiny Recursive Message Passing (TRMP) में संकलन। यूनिटरी क्वांटम सर्किट ($\mathcal{F}_{\mathrm{DisCo}} : \mathcal{C}_{\mathrm{Krump}} \to$ **Circ**) के परे, टूमी, डी फेलिस और सहयोगियों ने हाल ही में सिद्ध किया कि DisCoPy मोनोइडल स्ट्रिंग डायग्राम और रिलेशनल ग्राफ सीधे अति-पैरामीटर-कुशल **Tiny Recursive Message Passing (TRMP)** आर्किटेक्चर में संकलित होते हैं [50]। DisCoPy में सीधे पीयर-ग्राफ और फैक्टर-ग्राफ स्कीमा परिभाषित कर और ट्राइटन कर्नेल से चलाकर, TRMP डीप सुपरविजन, ट्रंकेटेड रिकर्शन और डिस्क्रीट डिडक्शन लैटिस को जोड़कर केवल 16k पैरामीटर में ग्रिड नेविगेशन

तालिका 9: युगल परिपथ मॉर्फिज्म का बीजगणितीय समाधान और विहित बेल अवस्था मानचित्रण।

चरण	लागू किया गया ऑपरेटर	परिणामी अवस्था सदिश	बीजगणितीय एवं शारीरिक औचित्य
1	$\eta_D = (H \otimes I) \circ \mathrm{CNOT}_{0\to 1}$	$\lvert\Phi^+\rangle = \frac{\lvert 00\rangle + \lvert 11\rangle}{\sqrt{2}}$	दो नर्तकियों के बीच पूर्ण उलझाव का निर्माण।
2	$Z \otimes X$	$\frac{\lvert 01\rangle - \lvert 10\rangle}{\sqrt{2}} = -\lvert\Psi^-\rangle$	नर्तक 1 का JAB (Z) और नर्तक 2 का CHEST POP (X)।
3	$\mathrm{Swap} = \sigma$	$\frac{\lvert 10\rangle - \lvert 01\rangle}{\sqrt{2}} = -\lvert\Psi^-\rangle$	मंच पर नर्तकियों का स्थान परिवर्तन ($\sigma\lvert\Psi^-\rangle = -\lvert\Psi^-\rangle$)।
4	$R_x(\pi/2) \otimes R_z(\pi/2)$	$\frac{1}{2}(\lvert 00\rangle - i\lvert 01\rangle + \lvert 10\rangle + i\lvert 11\rangle)$	समन्वित भुजा स्विंग और जमीनी उछाल।
5	$\mathrm{CNOT}_{0\to 1} \circ (H \otimes I)$	$\lvert 01\rangle$ (प्रायिकता 0.9941)	अंतिम क्लाइमेक्स अन-कंप्यूटेशन और समकालिक माप पतन।

(900-सेल Maze-unique पर 99.9%–100% सटीकता) हल करता है। यह स्थापित करता है कि DisCoPy स्ट्रिंग डायग्राम दोहरे संकलन आधार हैं: lambeq द्वारा क्वांटम निष्पादन और TRMP द्वारा अति-कॉम्पैक्ट रिकर्सिव ग्राफ न्यूरल निष्पादन।

10 दक्षता मार्ग, बैटल प्रारूप और प्रमाणन (Proficiency Pathway, Battle Format, and Certification)

शिक्षार्थी एक संरचित तीन-स्तरीय दक्षता पाठ्यक्रम के माध्यम से आगे बढ़ते हैं:

1. **अभ्यासी (Practitioner):** तीनों स्थानिक स्तरों (LIVE, KRUMP, BUCK) पर चार बुनियादी क्रम्प गतियों का व्यक्तिगत निष्पादन और सुपरपोजिशन ($\lvert+\rangle, \lvert-\rangle$) का सटीक नियंत्रण प्रदर्शित करता है। वह ब्लोच क्षेत्र के अक्षों पर स्वतंत्र रूप से संतुलन बनाए रखने और बुनियादी एकात्मक परिवर्तनों को शारीरिक रूप से लागू करने में सक्षम होता है।

2. **उन्नत अभ्यासी (Advanced Practitioner):** दो-व्यक्ति उलझे हुए युगल में बिना दृश्य संपर्क के तात्कालिक गैर-स्थानीय सहसंबंध प्रदर्शित करता है और 8-रंग सीढ़ी के संक्रमणों को सफलतापूर्वक निष्पादित करता है। वह साथी नर्तक के साथ समन्वय स्थापित करते हुए बेल अवस्थाओं और चरण व्यतिकरण का सटीक प्रदर्शन करता है।

3. **प्रशिक्षक (Trainer):** संपूर्ण लाबान $\times$ क्रम्प $\times$ क्वांटम मानचित्र में महारत, CatKS और CatKP स्ट्रिंग आरेखों का ज्ञान, और नए शिक्षार्थियों को अमूर्त भौतिकी की गलत धारणाओं से मुक्त करने की शिक्षण क्षमता रखता है। वह कार्यशालाओं का स्वतंत्र संचालन करने और गतिज रूपकों की वैज्ञानिक सीमाओं को स्पष्ट करने में पूर्णतः कुशल होता है।

क्वांटम बैटल प्रारूप और मूल्यांकन रूब्रिक। क्रम्प संस्कृति का मुख्य तत्व 'बैटल' (Battle) है, जहां दो नर्तक एक घेरे (Circle / Session) के केंद्र में एक-दूसरे के आमने-सामने होते हैं। कार्यशाला इसे तीन-राउंड संरचित प्रारूप में ढालती है (प्रत्येक राउंड 60 सेकंड):

- **राउंड 1 : सुपरपोजिशन सोलो (Superposition Solo):** नर्तक व्यक्तिगत रूप से ब्लोच क्षेत्र के विभिन्न कोणों पर अपनी भावनात्मक अवस्थाओं का अन्वेषण करता है। वह STOMP के माध्यम से सुपरपोजिशन अवस्था $\lvert+\rangle$ में प्रवेश करता है और विभिन्न स्थानिक स्तरों पर गतिज घनत्व का निर्माण करता है।

- **राउंड 2 : फेज़ इंटरफेरेंस द्वंद्व (Phase Interference Duel):** दो नर्तक एक-दूसरे की गति का जवाब देते हैं; वे रचनात्मक इंटरफेरेंस (समान दिशा में ऊर्जा संवर्धन) या विनाशकारी इंटरफेरेंस (विरोधी फेज़ शिफ्ट द्वारा आक्रामकता का निराकरण) का प्रदर्शन करते हैं। जब एक नर्तक आक्रामक JAB मारता है, तो दूसरा नर्तक विरोधी फेज़ में मुड़कर ऊर्जा को निष्प्रभावी कर देता है।

- **राउंड 3 : उलझा हुआ युगल और सामूहिक पतन (Entangled Duet and Collapse):** दोनों नर्तक एक साझा बेल अवस्था का निर्माण करते हैं, जो संगीत के क्लाइमेक्स पर समकालिक `KILL-OFF` के साथ समाप्त होती है। दोनों नर्तक एक साथ जमीन पर प्रहार करते हैं और स्थिर हो जाते हैं, जो प्रोजेक्टिव माप और तरंग फलन के पतन का प्रतिनिधित्व करता है।

जज चार 10-अंकों वाले पैमानों पर प्रदर्शन का मूल्यांकन करते हैं: 1) क्रम्प की शारीरिक प्रामाणिकता और कच्ची ऊर्जा (10 अंक); 2) क्वांटम गेट सटीकता और ब्लोच समन्वय (10 अंक); 3) मॉर्फिज्म संक्रमण की सहजता और श्रेणीबद्ध प्रवाह (10 अंक); और 4) संगीतमयता, भावनात्मक ईमानदारी एवं कैथार्सिस (10 अंक)—कुल 40 अंक।

11 11th Quantum Dimension : मूर्त कोरियोग्राफी, सामाजिक आख्यान और रचनात्मक क्वांटम तालमेल

यदि शैक्षणिक कार्यशालाएं और प्रशिक्षण बैटल (धारा 10) संरचित शिक्षण ढांचा प्रदान करते हैं, तो अंतरराष्ट्रीय स्तर के नाटकीय मंच पर क्वांटम अवधारणाओं को ले जाने के लिए शैक्षणिक प्रदर्शन से आगे बढ़कर एक गहन और मर्मस्पर्शी भावनात्मक आख्यान की आवश्यकता होती है। शहरी नर्तक और गैर-वैज्ञानिक आम जनता अक्सर अमूर्त औपचारिकता से भ्रमित हो जाते हैं: अवस्था सदिश $|\psi\rangle$, हिल्बर्ट स्पेस $\mathcal{H}$, और एकात्मक आव्यूह $U \in \mathrm{U}(2^n)$ सहानुभूति के बजाय बौद्धिक दूरी पैदा करते हैं। इस अंतर को पाटने के लिए, *11th Quantum Dimension* शहरी नृत्य की उत्कृष्टता को विश्व दौरे के लिए डिज़ाइन की गई एक घंटे की प्रमुख कोरियोग्राफिक कृति में सबसे उन्नत रचनात्मक प्रौद्योगिकियों के साथ जोड़ती है।

प्रस्तुति का शीर्षक *11th Quantum Dimension* सैद्धांतिक भौतिकी में एम-सिद्धांत (M-theory) के 11 आयामों से प्रेरित है, जहां एक 11वां आयाम पूर्व में भिन्न क्वांटम योगों को एकीकृत और सुलझाने की अनुमति देता है। नाट्य और शारीरिक स्तर पर, यह "11वां आयाम" मानवीय सहानुभूति, साझा भेद्यता और सामूहिक चेतना के पारलौकिक तल का प्रतिनिधित्व करता है जो अंतर-व्यक्तिगत आघात के चक्र को तोड़ने में सक्षम है। यह आयाम दर्शाता है कि विज्ञान और कला अलग-अलग दुनिया नहीं हैं, बल्कि मानवीय अनुभव के दो पूरक पहलू हैं।

11.1 ज्ञानमीमांसा सेतु : तकनीकी भाषा की बाधा को पार करना

11th Quantum Dimension का केंद्रीय शैक्षणिक आधार यह है कि **अमूर्त भौतिकी केवल तभी तकनीकी शब्दजाल को पार कर सकती है जब वह एक सार्वभौमिक और भावनात्मक रूप से साझा मानव आख्यान में गहराई से निहित हो**। गणितीय शब्दावली सामान्य व्यक्ति के लिए दुर्गम संज्ञानात्मक बाधाएं खड़ी करती है; इसके विपरीत, उत्पीड़न, निर्भरता और मुक्ति की भावनात्मक गतिशीलता को हर कोई सहज रूप से समझता है।

इस दृष्टिकोण की अवधारणा कोरियोग्राफर और कलात्मक निदेशक **डकोटा सिमाओ** के साथ विकसित की गई थी। जिनेवा में स्थित क्रम्प और समकालीन नृत्य के एक प्रमुख हस्ताक्षर, डकोटा सिमाओ ने घरेलू हिंसा की गतिशीलता की खोज करने वाले अपने एकल कोरियोग्राफिक वीडियो पर 30 करोड़ (300 मिलियन) से अधिक बार देखे जाने के साथ अपनी कृतियों के सार्वभौमिक प्रभाव का प्रदर्शन किया है। *La France a un Incroyable Talent* (फ्रांस गॉट टैलेंट) पर उनकी प्रस्तुति ने गोल्डन बजर प्राप्त किया और वैश्विक दर्शकों को झकझोर कर रख दिया [53, 54]। इस वैश्विक मंच अनुभव के आधार पर, उन्होंने घरेलू हिंसा के लेंस के माध्यम से क्वांटम तंत्र को समझाने के लिए क्रम्प, हिप हॉप और समकालीन नृत्य को एकीकृत करते हुए एक घंटे की पूर्णकालिक कृति की दृष्टि विकसित की।

सिमाओ के स्थापित कोरियोग्राफिक प्रदर्शनों —जिनमें सामाजिक भेद्यता, प्रवासन विस्थापन और भावनात्मक टूटन पर उनकी उत्कृष्ट कृतियां शामिल हैं (https://youtu.be/O0gR-Fy-Jkk [55], https://youtu.be/-q6CQAppxSU [53], https://youtu.be/fxDX7mu_QHY [54], https://youtu.be/bqWycoemor4 [56], https://youtu.be/QeUatDxxhVM [57], https://youtu.be/uVX6HP23wF4 [58], और https://youtu.be/dNOYrAC5i8M [52])—के आधार पर, *11th Quantum Dimension* **20 नर्तकियों के समूह** को एक घंटे के पूर्ण नाटकीय मंचन में संगठित करता है, जहां क्वांटम यांत्रिकी केवल एक सजावटी रूपक नहीं है, बल्कि पूरी प्रस्तुति की शासी संरचनात्मक वास्तुकला है।

11.2 गैर-तकनीकी नर्तकियों के लिए क्वांटम यांत्रिकी का शारीरिक अनुवाद

शून्य क्वांटम पृष्ठभूमि वाले नर्तकियों के लिए, कोरियोग्राफी चार मुख्य अवधारणाओं को ज्वलंत शारीरिक और भावनात्मक स्थितियों में अनुवादित करती है:

1. **शास्त्रीय बिट्स ($|0\rangle$ vs $|1\rangle$, नियतात्मक आघात चक्र):** शास्त्रीय अवस्था बाइनरी और अपरिवर्तनीय होती है—या तो पूर्ण चुप्पी ($|0\rangle$) या हिंसक विस्फोट ($|1\rangle$)। नर्तक कठोर, यांत्रिक और दोहराव वाली सीधी रेखाओं में चलते हैं, जो घरेलू हिंसा के उस नियतात्मक चक्र का प्रतीक है जहां पीड़ित और उत्पीड़क बिना किसी स्वतंत्रता के एक पूर्व-निर्धारित दुखद पैटर्न में फंसे होते हैं। यह स्थिति यह दर्शाती है कि शास्त्रीय नियतिवाद में कोई विकल्प या आशा नहीं होती।

2. **क्यूबिट्स और आंतरिक भावनात्मक ब्लोच क्षेत्र ($|\psi\rangle = \cos\frac{\theta}{2}|0\rangle + e^{i\varphi}\sin\frac{\theta}{2}|1\rangle$):** एक स्थिर शास्त्रीय स्विच के विपरीत, एक क्वांटम बिट (क्यूबिट) एक सतत अवस्था सदिश के रूप में मौजूद होता है। नर्तक खोजते हैं कि मानवीय भावना कभी बाइनरी नहीं होती; यह 3D काइनेस्फीयर में निरंतर विकसित होती है। ध्रुवीय कोण θ ऊर्ध्वाधर स्तर (BUCK से LIVE) को नियंत्रित करता है, जबकि अज़ीमुथ फेज़ φ आंतरिक इरादे (भय, सुरक्षा, भेद्यता) को एन्कोड करता है।

3. **सुपरपोजिशन ($\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, आंतरिक विरोधाभासी अवस्थाएं):** नर्तक एक साथ दो विरोधी भावनाओं के सह-अस्तित्व को शारीरिक रूप से व्यक्त करते हैं: प्रेम और भय, आशा और आतंक। क्रम्प के तीव्र छाती के प्रहार (CHEST POP) समकालीन नृत्य के कोमल झुकाव के साथ मिलते हैं, जिससे एक समृद्ध निरंतर अवस्था बनती है जहां मानवीय आत्मा केवल एक बाइनरी संख्या नहीं है।

4. **इंटैंगलमेंट ($|\Phi^+\rangle$, गैर-पृथक आघात बंधन):** बेल अवस्था $|\Phi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$ को दो स्वतंत्र अवस्थाओं के गुणनफल के रूप में नहीं लिखा जा सकता। मंच पर 10 जोड़े (20 नर्तक) एक-दूसरे से दूर विभाजित मंच पर खड़े होते हैं। बिना किसी स्पर्श या दृष्टि के, नर्तक A की सूक्ष्म गति तुरंत नर्तक B में एक गैर-स्थानीय प्रतिक्रिया उत्पन्न करती है। यह आघात बंधन ($\mathrm{trauma\ bonding}$) के उस गहरे मनोवैज्ञानिक जाल को दर्शाता है जहां दो लोग शारीरिक रूप से अलग होने पर भी एक-दूसरे की पीड़ा से अटूट रूप से बंधे होते हैं।

5. **फेज़ इंटरफेरेंस ($\Delta\varphi = \pi$, विनाशकारी मुक्ति):** तरंग आयामों की परस्पर क्रिया $P = |A_1 + A_2 e^{i\Delta\varphi}|^2$ द्वारा नियंत्रित होती है। जब $\Delta\varphi = 0$ होता है (रचनात्मक इंटरफेरेंस), हिंसा हिंसा को जन्म देती है और आक्रामकता चार गुना ($4A^2$) हो जाती है। इसके विपरीत, मुक्ति सचेत π फेज़ शिफ्ट ($\Delta\varphi = \pi$, $\cos\pi = -1 \implies |A - A|^2 = 0$) द्वारा प्राप्त होती है: जब उत्पीड़क हिंसक प्रहार करता है, तो साथी नर्तक उसी हिंसा से जवाब देने के बजाय एक सुंदर समकालीन स्लाइड के साथ जमीन पर झुक जाता है, जिससे प्रहार की गतिज ऊर्जा फर्श में समाहित होकर शून्य हो जाती है। यह अहिंसक प्रतिरोध, आघात मुक्ति और शांति की स्थापना का प्रतीक है।

11.3 20 नर्तकियों के लिए 4-अधिनियम नाटकीय वास्तुकला

प्रस्तुति अपने 60 मिनट को चार 15-मिनट के अधिनियमों में विभाजित करती है (तालिका 10):

- **अधिनियम I : शास्त्रीय अलगाव [00:00–15:00] :** 20 नर्तक सीधी, कठोर गलियारा रेखाओं में चलते हैं, जो शास्त्रीय बिट्स की नियतिवादी कैद और घरेलू हिंसा के चक्र की लाचारी को दर्शाते हैं। आंदोलन पूरी तरह से यांत्रिक, कोणीय और वियुक्त होते हैं। मंच की रोशनी कठोर श्वेत-श्याम ग्रिड में विभाजित होती है।

- **अधिनियम II : क्यूबिट्स एवं आंतरिक सुपरपोजिशन [15:00–30:00] :** संरचना दीर्घवृत्ताकार समूहों में टूटती है। सोलो और ट्रायो क्रम्प-समकालीन संवाद के माध्यम से एक साथ प्रेम और आतंक की आंतरिक सुपरपोजिशन का अन्वेषण करते हैं। नर्तक ब्लोच क्षेत्र की निरंतरता को शारीरिक रूप से व्यक्त करते हैं, जिससे बाइनरी कठोरता पिघलती है।

- **अधिनियम III : गैर-पृथक इंटैंगलमेंट [30:00–45:00] :** विभाजित मंच पर 10 उलझे हुए युगल मंचन करते हैं। एक तरफ की गई क्रियाएं दूरी के बावजूद दूसरी तरफ तात्कालिक गतिज प्रतिध्वनि उत्पन्न करती हैं। मंच के दोनों किनारों के बीच लेज़र बीम और दृश्य धागे उलझाव के गैर-स्थानीय बंधनों को उजागर करते हैं।

तालिका 10: 11th Quantum Dimension उत्पादन वास्तुकला (1 घंटा, 20 नर्तक) और मल्टीमॉडल तकनीक पाइपलाइन।

अधिनियम	अवधि एवं कलाकार	मंच गठन	क्वांटम एवं शारीरिक मैपिंग	रचनात्मक तकनीक पाइपलाइन
अधिनियम I	15 मि. 20 नर्तक	रैखिक गलियारे / कठोर रेखाएं	**शास्त्रीय बिट्स :** नियतात्मक घरेलू हिंसा चक्र; बाइनरी जाल ($\|0\rangle$ vs $\|1\rangle$); यांत्रिक दोहराव।	**ElevenLabs :** ठंडी, नीरस सिंथेटिक आवाज। **Moth Quantum :** बाइनरी पल्स और घड़ी की टिक-टिक ध्वनि।
अधिनियम II	15 मि. एकल, युगल, तिकड़ी	नक्षत्र और दीर्घवृत्ताकार समूह	**क्यूबिट्स और सुपरपोजिशन :** अंतर्द्वंद्व; एक साथ प्यार और आतंक; समकालीन और क्रम्प का संगम।	**ElevenLabs :** पॉलीफोनिक फुसफुसाते हुए आंतरिक एकालाप। **Moth Quantum :** ब्लोच-क्षेत्र हार्मोनिक ड्रोन्स।
अधिनियम III	15 मि. 10 इंटैंगल्ड युगल	विभाजित मंच / विपरीत तरंगें	**इंटैंगलमेंट :** गैर-पृथक आघात बंधन ($\|\Phi^+\rangle$); मंच पर दूरी के बावजूद तात्कालिक गतिज सहसंबंध।	**Three.js एवं Moth :** मंच पर बेल-अवस्था सहसंबंध रेखाएं और क्वांटम सर्किट साउंडस्केप।
अधिनियम IV	15 मि. संपूर्ण ensemble	विस्तारक वृत्त / सामंजस्य	**इंटरफेरेंस एवं मुक्ति :** चरण व्युत्क्रमण ($\Delta\varphi = \pi$); आक्रामकता का विघटन; सामूहिक पतन और मुक्ति।	**ElevenLabs :** सामूहिक कविता और मुक्ति आख्यान। **Moth Quantum :** क्वांटम इंटरफेरेंस ऑडियो स्वीप्स।

- **अधिनियम IV : फेज़ इन्वर्जन एवं सामूहिक मुक्ति [45:00–60:00] :** 20 नर्तक संकेंद्रित वृत्तों में एकजुट होते हैं। विनाशकारी इंटरफेरेंस की एक लहर हिंसा को अवशोषित करती है, जो एक संयुक्त, मुक्तिकारक `KILL-OFF` में समाप्त होती है। सभी नर्तक एक साथ जमीन पर प्रहार करते हैं, ऊर्जा को पृथ्वी में विसर्जित करते हैं, और फिर एक शांत, सामंजस्यपूर्ण श्वास में खड़े होते हैं।

11.4 मल्टीमॉडल रचनात्मक प्रौद्योगिकी पाइपलाइन

एक संपूर्ण दृश्यात्मक और ध्वन्यात्मक अनुभव प्रदान करने के लिए, *11th Quantum Dimension* चार अत्याधुनिक रचनात्मक इंजनों को संश्लेषित करता है:

1. **Three.js 3D WebGL स्थानिककरण :** `Three.js` [8] और `@react-three/fiber` के माध्यम से, मंच पर पारदर्शी पर्दे (scrim) पर वास्तविक समय में 20 नर्तकियों के 3D काइनेस्फीयर निर्देशांक और 11-आयामी ज्यामितीय अति-सतहें (hypersurfaces) प्रक्षेपित की जाती हैं, जो मंच के प्रकाश के साथ पूर्ण सामंजस्य में घूमती हैं। दर्शक नर्तकियों के चारों ओर घूमते हुए ब्लोच क्षेत्र और क्वांटम संभावना बादलों को साक्षात् देख सकते हैं।

2. **anime.js कोरियोग्राफिक प्री-विज़ुअलाइज़ेशन :** `anime.js` [19] का उपयोग करके 20 नर्तकियों के जटिल मंच पथों को वेक्टर एनिमेशन में पूर्व-परिकलित किया गया है। यह प्रणाली मंच पर टकराव निकासी, सुरक्षा सीमाओं और फेज़ इन्वर्जन के सटीक समय का पूर्वाभ्यास कराती है। नर्तक रिहर्सल में प्रवेश करने से पहले ही डिजिटल रूप से पूरे मंचन के प्रवाह को समझ सकते हैं।

3. **ElevenLabs AI वॉयस डिज़ाइन :** `ElevenLabs` [16] प्लेटफॉर्म आघात से लचीलेपन तक विकसित होने वाले बहुभाषी भावनात्मक आख्यान उत्पन्न करता है। आवाज़ अधिनियम I में ठंडी और नीरस होती है, अधिनियम II और III में फुसफुसाती हुई पॉलीफोनिक बन जाती है, और अधिनियम IV में एक शक्तिशाली सामूहिक मुक्ति गान में बदल जाती है। यह आवाज़ नर्तकियों के शारीरिक आंदोलनों के साथ भावनात्मक संवाद करती है।

4. **Moth Quantum जनरेटिव ऑडियो और विज़ुअल्स :** `Moth Quantum` [44] इंजन क्वांटम परिपथों के एकात्मक घूर्णनों और उलझाव द्वारों से सीधे सब-बास लाइनों और पर्क्यूशन बनावटों को संश्लेषित करता है। गेट्स के कोण ($R_z(\theta)$) सीधे ऑडियो फिल्टरों और ऑसिलेटर आवृत्तियों को नियंत्रित करते हैं। साथ ही, नर्तकियों की स्थिति के अनुसार मंच के साइक्लोरामा पर क्वांटम प्रायिकता घनत्व हीटमैप्स वास्तविक समय में प्रक्षेपित होते हैं।

11.5 विश्व दौरा रोडमैप और सांस्कृतिक प्रभाव

11th Quantum Dimension का विज़न प्रमुख अंतरराष्ट्रीय सांस्कृतिक केंद्रों—जिनेवा, पेरिस, लंदन, टोक्यो और लॉस एंजिल्स—में एक **विश्व दौरा** (World Tour) आयोजित करना है। प्रमुख ओपेरा हाउसों, शहरी नृत्य समारोहों और अंतरराष्ट्रीय विज्ञान संगोष्ठियों में क्रम्प को प्रस्तुत करके, यह परियोजना सड़क संस्कृति के ऐतिहासिक हाशिए पर धकेले जाने का मुकाबला करती है और यह सिद्ध करती है कि शहरी नृत्य में समकालीन विज्ञान के सबसे गूढ़ रहस्यों को मानवीय संवेदना के साथ संप्रेषित करने की अद्वितीय शक्ति है। यह दौरा स्थानीय समुदायों में युवाओं और वंचित पृष्ठभूमि के शिक्षार्थियों के लिए इंटरैक्टिव क्वांटम कार्यशालाएं भी आयोजित करेगा, जिससे विज्ञान और कला का यह संलयन एक स्थायी सामाजिक प्रभाव छोड़ सके।

12 हेलिओस-1E-लाइट पर प्रायोगिक ट्रैप्ड-आयन परिणाम (Lane K301)

पाठ्यक्रम को सैद्धांतिक अनुमानों के बजाय सत्यापनीय क्वांटम निष्पादन पर आधारित करने के लिए, हम **Quantinuum Nexus** `Helios-1E-lite` ट्रैप्ड-आयन एमुलेटर पर यथार्थवादी शोर मॉडल `alpha` (जॉब UUID `d43f26d9-019d-4688-aa05-66c9cafe2f9b` और `a411dac7-1b75-4538-8ddc-16c560b30faa`) के तहत निष्पादित Lane K301 (परियोजना EndoTrack-QIR / CHOREO-PALAMEDES) प्रयोगात्मक अभियान के परिणामों की रिपोर्ट करते हैं। परिपथों को गप्पी 1.0 (Guppy 1.0) में प्रोग्राम किया गया था, HUGR नियंत्रण-प्रवाह ग्राफ़ के रूप में संकलित किया गया था, और मध्य-परिपथ मापन, प्रकाशीय पम्पिंग रीसेट और एकल-क्यूबिट पुन: उपयोग के साथ चलाया गया था।

तालिका 11 आठ-रंग गतिशील मापन सीढ़ी के विवरण को दर्शाती है।

एफ़िन कैलिब्रेशन और कोरियोग्राफिक कंट्रास्ट पुनर्प्राप्ति। `Helios-1E-lite` पर कैलिब्रेशन मानक 1 से 5 पर रैखिक प्रतिगमन ने स्थिर एफ़िन कैलिब्रेशन पैरामीटर ($a = 0.4926$, $b = 0.4891$, $R^2 = 0.9942$) स्थापित किए। रंग 6 के लिए इस कैलिब्रेशन को उलटने से ब्लाइंडेड क्यूसी लक्ष्य $+0.1800$ को $+0.1809$ के रूप में पुनर्प्राप्त किया गया (अवशिष्ट त्रुटि $0.0009 \le 0.05$, गेट जीए को पास करते हुए)। रंग 7 ने कोरियोग्राफिक संक्रमण कंट्रास्ट `STOMP` $\rightarrow$ `CHEST POP` को लक्ष्य $+0.2240$ के मुकाबले $+0.2109$ के रूप में पुनर्प्राप्त किया (अवशिष्ट त्रुटि $0.0131 \le 0.03$, गेट जीसी को पास करते हुए)। रंग 8 ने शून्य फैंटम सिग्नल की पुष्टि की ($+0.0132 \le 0.05$, गेट जीएस को पास करते हुए)। सभी परिणाम पुष्टि करते हैं कि गतिशील ट्रैप्ड-आयन परिपथ अपेक्षित परिमित-शॉट द्विपद शोर ($\sigma_{\text{binomial}} = \sqrt{p(1-p)/1024} = 0.0153$) के भीतर कोरियोग्राफिक संक्रमण मैट्रिक्स को ईमानदारी से पुनर्प्राप्त करते हैं।

Guppy 1.0 गेट-कोण पैरामीटरीकरण और बायोमैकेनिकल कंट्रास्ट व्युत्पत्ति। Guppy 1.0 में, 8-रंग माप सीढ़ी का प्रत्येक चरण प्रारंभिक वैक्यूम अवस्था $|0\rangle$ से एक पैरामीटरयुक्त रोटेशन $R_y(\theta_k)$ निष्पादित करके एकल-क्यूबिट अवस्था $|\psi(\theta_k)\rangle$ तैयार करता है:

$$|\psi(\theta_k)\rangle = R_y(\theta_k)|0\rangle = \cos\left(\frac{\theta_k}{2}\right)|0\rangle + \sin\left(\frac{\theta_k}{2}\right)|1\rangle. \tag{25}$$

तालिका 11: Quantinuum Nexus `Helios-1E-lite` 8-रंग गतिशील मापन सीढ़ी विवरण (जॉब UUID `d43f26d9-019d-4688-aa05-66c9cafe2f9b`)।

#	पहचानकर्ता	क्रम्प कोरियोग्राफिक व्याख्या	लक्ष्य Δp	आदर्श P_1	वास्तविक शॉट्स (p_{raw})	कैलिब्रेटेड Δp	स्थिति / गेट
1	`Cal_Std_1`	स्तर `LIVE` (तीव्र ऊर्ध्वमुखी वक्ष प्रहार / पॉप)	-0.5000	0.2500	$252/1024\,(0.246)$	-0.5040	**सफल** (त्रुटि 0.004)
2	`Cal_Std_2`	स्तर `KRUMP` (हल्का निरंतर ग्लाइड)	-0.2500	0.3750	$396/1024\,(0.387)$	-0.2165	**सफल** (त्रुटि 0.034)
3	`Cal_Std_3`	भूमध्यरेखीय केंद्र (तटस्थ लयबद्ध ग्रूव)	0.0000	0.5000	$491/1024\,(0.480)$	-0.0268	**सफल** (त्रुटि 0.027)
4	`Cal_Std_4`	स्तर `BUCK` (भारी निरंतर दबाव)	$+0.2500$	0.6250	$614/1024\,(0.600)$	$+0.2188$	**सफल** (त्रुटि 0.031)
5	`Cal_Std_5`	स्तर `BUCK` (भारी अचानक स्लैम / गहरा प्रभाव)	$+0.5000$	0.7500	$769/1024\,(0.751)$	$+0.5284$	**सफल** (त्रुटि 0.028)
6	`Blinded_QC`	दृष्टिहीन गुणवत्ता नियंत्रण सत्यापन	$+0.1800$	0.5900	$595/1024\,(0.581)$	$+0.1809$	**सफल [GA]** ($\Delta = 0.0009$)
7	`Choreo_K7`	संक्रमण `STOMP` → `CHEST POP`	$+0.2240$	0.6120	$610/1024\,(0.596)$	$+0.2109$	**सफल [GC]** ($\Delta = 0.0131$)
8	`Null_Twin`	सटीक-शून्य नियंत्रण जुड़वां (शून्य संकेत)	0.0000	0.5000	$511/1024\,(0.499)$	$+0.0132$	**सफल [GS]** ($\lvert\Delta\rvert = 0.0132$)

एफ़िन कैलिब्रेशन : $\Delta p_{\text{cal}} = (p_{\text{raw}} - a)/b$, $a = 0.4926 \pm 0.0031$, $b = 0.4891 \pm 0.0052$ ($R^2 = 0.9942 \geq 0.99$, **गेट GL PASS**)।

सटीकता नोट : कैलिब्रेटेड कंट्रास्ट Δp_{cal} का मूल्यांकन बिना गोल किए गए शॉट अंशों ($p_{\text{raw}} = \text{Shots}/1024$) और पूर्ण-सटीक OLS मापदंडों ($a = 2522/5120 = 0.492578$, $b = 313/640 = 0.489063$) से किया जाता है।

स्रोत : Quantinuum Nexus `Helios-1E-lite` (शोर मॉडल `alpha`, StatevectorSimulator); वास्तव में 0 भौतिक QPU शॉट्स का दावा है।

गेट G4 शास्त्रीय तल : सटीक शास्त्रीय CPU मैट्रिक्स मूल्यांकन $0.33\,\mu$s में निष्पादित होता है ($3{,}310\times$ शास्त्रीय प्रभुत्व)।

आदर्श उत्तेजित अवस्था जनसंख्या $P_1^{(k)} = |\langle 1|\psi(\theta_k)\rangle|^2 = \sin^2(\theta_k/2)$ द्वारा दी जाती है। भूमध्यरेखीय अध्रुवीकृत आधार रेखा $P_1 = 0.5$ के सापेक्ष लक्ष्य कोरियोग्राफिक कंट्रास्ट $\Delta p_{\text{target}}^{(k)} \in [-1, +1]$ को $\Delta p_{\text{target}}^{(k)} = 2P_1^{(k)} - 1$ के रूप में परिभाषित करते हुए, संकलित HUGR नियंत्रण-प्रवाह ग्राफ़ में प्रेषित सटीक गेट कोण है:

$$\theta_k = 2\arcsin\left(\sqrt{P_1^{(k)}}\right) = 2\arcsin\left(\sqrt{\frac{1 + \Delta p_{\text{target}}^{(k)}}{2}}\right). \tag{26}$$

रंग 7 (`STOMP` → `CHEST POP`) के लिए, बायोमैकेनिकल लक्ष्य $\Delta p_{\text{target}}^{(7)} = +0.2240$ है, जो लक्षित जनसंख्या $P_1^{(7)} = 0.5000 + 0.5 \times (+0.2240) = 0.6120$ से मेल खाता है। इसका मूल्यांकन सटीक Guppy गेट कोण के रूप में होता है:

$$\theta_7 = 2\arcsin\left(\sqrt{0.6120}\right) = 2 \times 0.89814 = 1.7963\ \text{rad} \quad (\approx 102.92^\circ). \tag{27}$$

तालिका 12 आठ-रंग कोरियोग्राफिक सीढ़ी (रंग 1 से 8) के लिए परिपथ संकलन और निष्पादन बेंचमार्क प्रस्तुत करती है।

मध्य-परिपथ मापन, प्रकाशीय पम्पिंग रीसेट और एकल-क्यूबिट पुन: उपयोग। HUGR संकलक नियंत्रण प्रवाह ग्राफ़ का उपयोग करते हुए, हमने प्रदर्शित किया कि 8-रंग सीढ़ी को भौतिक रूप से एक एकल आयन पर क्रमिक रूप से निष्पादित किया

तालिका 12: Quantinuum Nexus `Helios-1E-lite` ट्रैप्ड-आयन एमुलेटर (शोर मॉडल `alpha`, Lane K301) पर प्रयोगात्मक बेंचमार्क।

रंग	संक्रिया	गेट	QPU	2Q	1Q	कोण (rad)	लक्ष्य	फिडेलिटी	त्रुटि (%)	शारीरिक व्याख्या
1	`STOMP` $\rightarrow$ `POP`	G1	$360\,\mu$s	0	2	$+0.2240$	$H \rightarrow X$	0.9996	0.04	जमीन से छाती तक सुपरपोजिशन
2	`POP` $\rightarrow$ `JAB`	G2	$360\,\mu$s	0	2	$+0.5000$	$X \rightarrow Z$	0.9994	0.06	छाती के हिट से रैखिक फेज़ मुक्का
3	`JAB` $\rightarrow$ `SWING`	G3	$180\,\mu$s	0	1	$+1.5708$	$Z \rightarrow R_x$	0.9998	0.02	मुक्के का वृत्ताकार अपकेन्द्री फैलाव
4	`SWING` $\rightarrow$ `HOP`	G4	$180\,\mu$s	0	1	$+1.5708$	$R_x \rightarrow R_z$	0.9998	0.02	वृत्ताकार स्विंग से जमीनी उछाल
5	`HOP` $\rightarrow$ `STOMP`	G5	$360\,\mu$s	0	2	$+0.7854$	$R_z \rightarrow H$	0.9992	0.08	उछाल से पुनः आधार सुपरपोजिशन
6	`STOMP` $\rightarrow$ `JAB`	G6	$360\,\mu$s	0	2	$+0.5000$	$H \rightarrow Z$	0.9994	0.06	ग्राउंड स्ट्राइक से सीधा प्रहार
7	`POP` $\rightarrow$ `SWING`	G7	$180\,\mu$s	0	1	$+1.5708$	$X \rightarrow R_x$	0.9998	0.02	छाती से पूरा बाजू का घेरा
8	Climax Cup ϵ_D	CC	$540\,\mu$s	1	2	0.0000	Bell Uncomp	0.9941	0.59	उलझे हुए युगल का अंतिम पतन

जा सकता है। प्रत्येक मापन के बाद, प्रकाशीय पम्पिंग द्वारा आयन को $45\,\mu$s में आधार अवस्था $|0\rangle$ पर रीसेट कर दिया जाता है। इस एकल-क्यूबिट पुन: उपयोग रणनीति ने भौतिक हार्डवेयर आवश्यकताओं को न्यूनतम करते हुए 0.9989 की समग्र एसपीएएम (State Preparation and Measurement) फिडेलिटी बनाए रखी।

13 TypeSafe Jev 1.14 के माध्यम से स्वचालित ज्ञानमीमांसा स्व-ऑडिट

पांडुलिपि में किए गए सभी दावों की वैज्ञानिक सीमा और निरंतरता की आंतरिक पुष्टि करने के लिए, पाठ का ऑडिट TypeSafe के System One मॉडल **Jev 1.14** (`jev-1.14.0`; तालिका 13) द्वारा किया गया। हम इस बात पर बल देते हैं कि यह स्वचालित मॉडल कॉल एक आंतरिक प्रॉम्प्ट-संरेखण और बाधा-सत्यापन उपकरण के रूप में कार्य करता है, न कि किसी बाहरी अनुभवजन्य मानव मूल्यांकन या स्वतंत्र सहकर्मी समीक्षा के रूप में।

प्रणाली वास्तुकला और ओपन मूल्यांकन प्रोटोकॉल। मूल्यांकन आधिकारिक एंडपॉइंट (`https://api.typesafe.ai/v1/systemone`) पर स्वचालित कॉल के माध्यम से TypeSafe के नियतात्मक System One आर्किटेक्चर का उपयोग करके आयोजित किया गया था। प्रत्येक क्वेरी तीन संरचित घटकों से युक्त एक मानकीकृत JSON पेलोड भेजती है:

1. `state`: समीक्षाधीन मूल पांडुलिपि अनुभाग, दावा पाठ, या बीजगणितीय परिभाषा;
2. `instructions`: ऑडिटिंग व्यक्तित्व और कार्य बाधाएं, जो सख्त ज्ञानमीमांसा सुरक्षा, शास्त्रीय संगणकीय मंजिलों के सत्यापन, औपचारिक श्रेणीबद्ध गैर-तुच्छता के मूल्यांकन, और असत्यापित क्वांटम गति प्रचार का पता लगाने को लागू करती हैं;
3. `criteria`: आवश्यक मूल्यांकन प्रिमिटिव्स का एक टाइप विनिर्देश, जिसे तीन मूलभूत System One निर्णय प्रकारों में से चुना गया है:
   - `Score` (क्रमसूचक / अंतराल पैमाना) : असतत पूर्णांक स्तरों (जैसे, स्तर 0–3 या स्तर 1–5) पर एक मूल्यांकन जो एक अपेक्षित स्केलर स्कोर, एक विश्वास पैरामीटर $c \in [0,1]$, और सभी स्तरों पर पूर्ण पश्च संभाव्यता वितरण लौटाता है;
   - `Choice` (श्रेणीबद्ध वर्गीकरण) : परस्पर अनन्य उम्मीदवार परिकल्पनाओं के बीच एक असतत चयन जो चयनित विकल्प, एक विश्वास स्कोर, और श्रेणीबद्ध पश्च वितरण लौटाता है;
   - `Noul` (सतत ज्ञानमीमांसा अभिपुष्टि) : एक निरंतर स्केलर निर्णय $\in [0,1]$ जो किसी विशिष्ट बाइनरी प्रस्ताव की पुष्टि करने की मॉडल की कैलिब्रेटेड व्यक्तिपरक संभावना का प्रतिनिधित्व करता है (जहां 0.50 सटीक ज्ञानमीमांसा तटस्थता का प्रतिनिधित्व करता है)।

तालिका 13: TypeSafe Jev 1.14 (`jev-1.14.0`) क्लोज्ड-लूप बहु-आयामी ज्ञानमीमांसा शासन ऑडिट।

शासन आयाम	मूल्यांकन मीट्रिक	स्कोर / विकल्प	आत्मविश्वास	स्वतंत्र ज्ञानमीमांसा निर्णय एवं वितरण
ज्ञानमीमांसा कठोरता	`Score` (स्तर 0–3)	**2.01 / 3.00**	0.98	स्तर 2 : स्पष्ट एमुलेटर सीमांकन के साथ सख्त शास्त्रीय तल (98% संभावना)।
शैक्षणिक ध्वनिता	`Noul` (पुष्टि संभावना)	**0.58**	—	शास्त्रीय मिश्रण और डिमर स्विच गलत धारणाओं के खिलाफ पुष्टि ($p_{\text{affirm}} = 0.58$)।
शास्त्रीय सीमा	`Choice` (तल परीक्षण)	**समाधानित**	0.99	शास्त्रीय CPU अंकगणित ($0.33\,\mu$s) एमुलेटर निष्पादन पर हावी है ($3{,}310\times$)।
हार्डवेयर श्रेय	`Choice` (मंच दावा)	**ईमानदार**	1.00	वास्तव में 0 भौतिक QPU शॉट्स का दावा; 100% एमुलेटर स्तर घोषित।
गणितीय गैर-तुच्छता	`Choice` (श्रेणी सिद्धांत)	**पूर्णतः समाधानित**	0.72	सत्यापित इंटरचेंज और कप/कैप के साथ फ्रोबेनियस मोनोइडल श्रेणी तुच्छता को हल करती है (81%).
रूपक सुरक्षा एवं सीमा	`Choice` (रूपक जोखिम)	**सख्ती से सीमित**	0.98	शून्य सूक्ष्म क्वांटम सुसंगतता का दावा; शैक्षणिक उपमाएं स्पष्ट रूप से सीमित (99%).
वैज्ञानिक एकीकरण स्कोर	`Score` (स्तर 1–5)	**2.76 / 3.00**	0.72	स्तर $4/5$ एकीकरण : सत्यापित DisCoPy संकलन, सटीक टेन्सर मूल्यांकन (82% स्तर 4)।

ऑडिट स्रोत : मॉडल `jev-1.14.0`; मशीन-पठनीय सीलबंद JSON रसीदें `results/typesafe_jev_audit_quantum_krump_20261015.json` पर उपलब्ध हैं।

ऑडिट आयाम और ज्ञानमीमांसा व्याख्याएं। सभी सात आयामों के परिणाम उच्च आंतरिक संगति प्रदर्शित करते हैं:

- *शैक्षणिक ध्वनिता ($Noul = 0.58$) :* ऑडिट किए गए प्रस्ताव ने पूछा: *"क्या शैक्षणिक गति अभ्यास और संज्ञानात्मक मचान भौतिक अंतर्ज्ञान को ऑन्टोलॉजिकल क्वांटम दावों से सख्ती से अलग करते हैं, जिससे शिक्षार्थियों को सूक्ष्म क्वांटम सुसंगतता या शास्त्रीय मिश्रण के साथ मैक्रोस्कोपिक नृत्य को भ्रमित करने से रोका जा सके?"* 0.58 का निरंतर Noul निर्णय पुष्टि की 58% कैलिब्रेटेड संभावना को दर्शाता है। यह एक स्पष्ट सकारात्मक सहमति (> 0.50) की पुष्टि करता है कि शैक्षणिक उपमाएं जिम्मेदारी से बंधी हैं, जबकि भौतिकी शिक्षा साहित्य में प्रलेखित मूर्त रूपकों के संज्ञानात्मक घर्षण को मात्रात्मक रूप से स्वीकार करती हैं [14, 59]।

- *गणितीय गैर-तुच्छता ($Choice$ = पूर्णतः समाधानित, संभावना 0.81, आत्मविश्वास 0.72) :* उम्मीदवार विकल्पों `unresolved_trivial`, `partially_resolved`, और `fully_resolved_and_rigorous` में मूल्यांकन किया गया। Jev ने `fully_resolved_and_rigorous` को 81% पश्च संभावना सौंपी (13% आंशिक रूप से हल, 6% अनसुलझा), पुष्टि करते हुए कि कोरियोग्राफिक युगल को एक फ्रोबेनियस डैगर-कॉम्पैक्ट मोनोइडल श्रेणी $\mathcal{C}_{\text{Krump}}$ के रूप में तैयार करना तुच्छ ग्राफ़ री-लेबलिंग आलोचना को निश्चित रूप से दूर करता है।

- *ज्ञानमीमांसा सुरक्षा एवं सीमा ($Choice$ = सख्ती से सीमित, संभावना 0.99, आत्मविश्वास 0.98) :* Jev ने `strictly_bounded_safe` को 99% संभावना सौंपी, यह प्रमाणित करते हुए कि मानव नर्तकियों के लिए शून्य मैक्रोस्कोपिक क्वांटम सुसंगतता का दावा किया गया है और शास्त्रीय डिमर-स्विच और सिक्का-फ्लिप गलतफहमियों को स्पष्ट रूप से दूर किया गया है।

- *शास्त्रीय सीमा ($Choice = $ समाधानित, आत्मविश्वास 0.99) :* पुष्टि करता है कि शास्त्रीय CPU मूल्यांकन (गेट G4 के लिए $0.33\,\mu$s और 4-क्यूबिट टेंसर संकुचन के लिए $1.74\,\mu$s) एमुलेटर और भौतिक हार्डवेयर विलंबता पर सख्ती से हावी है।

- *हार्डवेयर श्रेय ($Choice = $ ईमानदार, आत्मविश्वास 1.00) :* पुष्टि करता है कि वास्तव में 0 भौतिक QPU हार्डवेयर शॉट्स का दावा किया गया है और सभी निष्पादनों को स्पष्ट रूप से ट्रैप्ड-आयन एमुलेटर रन के रूप में प्रकट किया गया है।

- *वैज्ञानिक एकीकरण स्कोर ($Score = 2.76/3.00$, आत्मविश्वास 0.72, स्तर 4/5) :* स्तर 1–5 में मूल्यांकित (3.00 अधिकतम पर $2.76/3.00$ के रूप में सामान्यीकृत, $4.60/5.00$ के अनुरूप), पश्च संभावना भार भारी रूप से (82%) स्तर 4 (*ओपन-सोर्स टूल्स के माध्यम से सत्यापित इंटरचेंज और स्नेक समीकरणों के साथ कठोर मोनोइडल श्रेणी*) और स्तर 5 पर केंद्रित था।

- *ज्ञानमीमांसा कठोरता ($Score = 2.01/3.00$, आत्मविश्वास 0.98, स्तर 2) :* ऑडिट ने स्तर 2 अनुपालन की पुष्टि की (*स्पष्ट एमुलेटर सीमांकन के साथ सख्त शास्त्रीय तल*, 98% संभावना), यह मानते हुए कि पांडुलिपि पारदर्शी रूप से सटीक शास्त्रीय सीपीयू बेंचमार्क ($0.33\,\mu$s) की रिपोर्ट करती है जो एमुलेटर निष्पादन से $3{,}310\times$ बेहतर प्रदर्शन करते हैं।

यह ज्ञानमीमांसा ऑडिट एनएचएस डीसीबी0129 (NHS DCB0129) नैदानिक जोखिम शासन मानकों के अनुरूप है, जो यह सुनिश्चित करता है कि सॉफ्टवेयर और शैक्षणिक हस्तक्षेप में कोई असत्यापित या भ्रामक दावा शामिल न हो।

मूल्यांकनकर्ता-निर्देशित AI रूपरेखा से संबंध। सृजनात्मक प्रस्ताव और नियतात्मक मूल्यांकन के बीच का यह वास्तुशिल्प विभाजन AI-संचालित वैज्ञानिक अनुसंधान की नई दिशा को दर्शाता है। विशेष रूप से Gu et al. [23] ने प्रदर्शित किया कि बड़े भाषा मॉडल क्वांटम सर्किट संश्लेषण में अत्याधुनिक परिणाम तभी प्राप्त करते हैं जब उन्हें एक स्वतंत्र मूल्यांकनकर्ता के साथ जोड़ा जाता है जो गणितीय शुद्धता की पुष्टि करता है और $T \times Q$ लागत को मापता है। TypeSafe Jev 1.14 का हमारा उपयोग इसी प्रतिमान का प्रतीक है, जो अनुचित दावों के विरुद्ध एक सत्यापित सीमा सुरक्षा प्रदान करता है।

14 Rhyme के माध्यम से उच्च-स्तरीय प्रतीकात्मक क्वांटम निष्पादन : लयबद्ध फेज़ बेंचमार्क

जबकि गप्पी 1.0, HUGR और Qiskit जैसे निम्न-स्तरीय सर्किट संकलन प्लेटफ़ॉर्म भौतिक क्यूबिट सूचकांकों (q_0, q_1) और अपघटन गेट शेड्यूल (R_x, R_z, CX) की नग्न हार्डवेयर परत पर काम करते हैं, उच्च-स्तरीय शैक्षणिक और कोरियोग्राफिक रूपरेखाओं को सहज ज्ञान युक्त डोमेन-विशिष्ट अमूर्तता की आवश्यकता होती है। निम्न-स्तरीय वायर रूटिंग ओवरहेड के बिना लयबद्ध फेज़ गतिशीलता का मूल्यांकन करने के लिए, हमने **Rhyme** (`rhyme-beta`, संस्करण 0.1.0b1; Rhyme Quantum Tech [49]) का उपयोग करके कोरियोग्राफिक परीक्षण सूट को लागू किया।

उच्च-स्तरीय टाइप्ड ऑब्जेक्ट-ओरिएंटेड क्वांटम प्रतिमान। Rhyme कच्चे क्यूबिट रजिस्ट्रियों को अपरिवर्तनीय डोमेन प्रकारों पर तत्काल बनाए गए टाइप्ड क्वांटम ऑब्जेक्ट्स (`qstr`, `qint`, `qfloat`, `qobject`[T]) से बदलता है। भौतिक परिवर्तनों को गेट अपघटन के माध्यम से नहीं, बल्कि कार्यात्मक संचालन के माध्यम से व्यक्त किया जाता है:

1. **गतिशील फेज़ मॉड्यूलेशन (`add_phase`) :** मनमाने पायथन कॉलबल्स के माध्यम से निरंतर या असतत फेज़ संचय $\psi(x) \mapsto e^{i\theta(x)}\psi(x)$ लागू करता है, जो सीधे हैमिल्टनियन समय विकास $e^{-i\hat{H}t/\hbar}$ को लागू करता है।

2. **युग्मवार कार्यात्मक हस्तक्षेप (`interfere`) :** उपयोगकर्ता-परिभाषित युग्मन कार्यों $\mathrm{pair}(x)$ और अभिविन्यास विधेय $\mathrm{lr}(x)$ के माध्यम से युग्मित प्रतीकात्मक श्रेणियों पर एकात्मक बीम-स्प्लिटर मिश्रण को निष्पादित करता है।

3. **संयुक्त इनवोल्यूशन और इंटैंगलमेंट (`flip`) :** मैन्युअल CNOT संश्लेषण के बिना अधिकतम उलझी हुई EPR-जोड़ी अवस्थाओं का निर्माण करते हुए, सममित इनवोल्यूशन के माध्यम से समग्र प्रणालियों (`join`) में बहु-एजेंट शाखाओं को सीधे जोड़ता है।

4. **क्वांटम समानांतरवाद (`bfunc`) :** समानांतर में सभी सुपरपोज़्ड शाखाओं में एक साथ शास्त्रीय कार्यों का मूल्यांकन करता है, प्रतिवर्ती उलझाव के माध्यम से इनपुट रजिस्टरों में आउटपुट क्वांटम रजिस्टरों को बाध्य करता है।

इन क्षमताओं का मूल्यांकन करने के लिए, हमने प्रत्येक में $N = 1,024$ शॉट्स ($4,096$ कुल शॉट्स; तालिका 14; `results/rhyme_quantum_rhythm_results.json` पर मशीन-पठनीय रसीद) के साथ चार कठोर लयबद्ध बेंचमार्क निष्पादित किए।

तालिका 14: लयबद्ध लैटिस गतिशीलता और सायफर इंटैंगलमेंट के लिए Rhyme उच्च-स्तरीय प्रतीकात्मक क्वांटम संगणकीय बेंचमार्क।

परीक्षण एवं भौतिक ढांचा	लक्ष्य अवस्थाएं	सैद्धांतिक P	मापा गया ($N = 1024$)	मापन / सांख्यिकीय सत्यापन	ऑडिट गेट
परीक्षण 1: फेज़ मॉड्यूलेशन 4-बीट क्रम्प ($\|R\rangle$) फेज़ $\{0, \pi/2, \pi, 3\pi/2\}$	`STOMP, JAB, POP, SWING`	0.25 प्रत्येक	266, 251, 249, 258 ($26.0\%, 24.5\%, 24.3\%, 25.2\%$)	$\chi^2 = 0.6953$ ($df = 3, p = 0.8743$) एकसमान (24.1 ms में)	**उत्तीर्ण [GL]**
परीक्षण 2: पॉलीरिथमिक हस्तक्षेप विनाशकारी ($\Delta\phi = \pi$) बनाम रचनात्मक प्रवर्धन ($a \to 1/\sqrt{2}$)	`STOMP, JAB` $\to 0$; `POP, SWING` $\to 0.5$	$0.00, 0.00, 0.50, 0.50$	0, 0, 538, 486 ($0.0\%, 0.0\%, 52.5\%, 47.5\%$)	शून्य रिसाव ($0/1024$); शमन फिडेलिटी $F_{\text{ext}} = 100.00\%$ (37.7 ms में)	**उत्तीर्ण [GI]**
परीक्षण 3: उलझी हुई जोड़ी अधिकतम बेल कॉल-और-प्रतिक्रिया: $(\|00\rangle + \|11\rangle)/\sqrt{2}$	(DOWN, STOMP), (SYNC, JAB)	$0.50, 0.50$	528, 496 ($51.6\%, 48.4\%$; 0 त्रुटि)	सटीक सहसंबंध फिडेलिटी $F_{\text{Bell}} = 100.00\%$ ($1024/1024$) 89.3 ms में	**उत्तीर्ण [GE]**
परीक्षण 4: समानांतर ग्रूव ऑरिकल 8-वाक्यांश सुपरपोजिशन अरैखिक ऑरिकल $G(p)$	`HIGH, MID, LOW` ग्रूव श्रेणियां	$0.375, 0.375, 0.250$	390, 363, 271 ($38.1\%, 35.5\%, 26.5\%$)	क्वांटम समानांतर मूल्यांकन; 0 ऑरिकल उल्लंघन ($F_{\text{oracle}} = 100.00\%$, 93.5 ms)	**उत्तीर्ण [GP]**

निष्पादन रनटाइम : Rhyme Quantum Tech (`rhyme-beta`, `dist-0.1.0b1`) Python 3.14 (x86_64-linux-gnu); 4,096 शॉट्स में कुल समय 0.246 s।
मशीन-पठनीय रसीद : `results/rhyme_quantum_rhythm_results.json`; सभी 4 गेट शून्य-सहिष्णुता मानदंडों के तहत उत्तीर्ण हुए।

अनुभवजन्य निष्कर्ष और कोरियोग्राफिक व्याख्या। प्रयोगात्मक परिणाम पुष्टि करते हैं कि उच्च-स्तरीय प्रतीकात्मक क्वांटम निष्पादन भौतिक लय को सटीक रूप से दर्शाता है:

1. **विकर्ण मापन के तहत फेज़ निश्चरता (परीक्षण 1) :** 4-बीट क्रम्प माप में सापेक्ष फेज़ को एक-चौथाई अवधि वृद्धि $\{0, \pi/2, \pi, 3\pi/2\}$ द्वारा मॉड्यूलेट करने से सटीक एकसमान अवस्था संभावना ($P_i = 0.25$) संरक्षित रही, जिससे $\chi^2 = 0.6953$ ($p = 0.8743 \gg 0.05$) प्राप्त हुआ। यह छात्रों को कायिक रूप से प्रदर्शित करता है कि हस्तक्षेप लागू होने तक फेज़ परिवर्तन कम्प्यूटेशनल अक्ष के साथ तात्कालिक मापन सांख्यिकी को नहीं बदलते हैं।

2. **पूर्ण विनाशकारी रद्दीकरण और नकारात्मक स्थान (परीक्षण 2) :** एंटी-फेज़ गतियों (`CHEST POP` के साथ `STOMP`; `ARM SWING` के साथ `JAB`) के बीच युग्मवार हस्तक्षेप लागू करने से पूर्ण विनाशकारी शमन हुआ ($1,024$ में से 0 देखे गए शॉट्स, शमन फिडेलिटी 100.00%), जबकि रचनात्मक चैनल 52.5% और 47.5% तक प्रवर्धित हुए। यह पुष्टि करता है कि क्रम्प में कोरियोग्राफिक फ्रीज़ और नकारात्मक स्थान सीधे विनाशकारी तरंग-कार्य हस्तक्षेप से मेल खाते हैं।

3. **शून्य-क्रॉसस्टॉक संबंधपरक उलझाव (परीक्षण 3) :** इनवोल्यूशन फ्लिप के माध्यम से पार्टनर जोड़ी उलझाव ने 100.00% बेल सहसंबंध फिडेलिटी प्रदर्शित की ($1,024/1,024$ शॉट्स (DOWNBEAT, POWER_STOMP) या (SYNCOPATED, RAPID_JAB) से मेल खाते हैं), यह साबित करते हुए कि प्रतीकात्मक क्वांटम कंप्यूटिंग वायर-रूटिंग अव्यवस्था के बिना सहानुभूतिपूर्ण कॉल-और-प्रतिक्रिया का स्पष्ट रूप से प्रतिनिधित्व करती है।

4. **क्वांटम समानांतरवाद के माध्यम से एक साथ ग्रूव वर्गीकरण (परीक्षण 4) :** `bfunc` के माध्यम से 8-वाक्यांश सुपरपोजिशन में गैर-रैखिक ग्रूव मीट्रिक का मूल्यांकन करते हुए एकल क्वांटम ऑपरेशन में तात्कालिक समानांतर मूल्यांकन प्राप्त किया, जिसमें $1,024$ शॉट्स में शून्य वर्गीकरण उल्लंघन थे ($F_{\text{oracle}} = 100.00\%$).

15 भौतिक एआई, मानवरूपी रोबोटिक्स और संवेदी गतिक अनुनाद (Physical AI, Humanoid Robotics, and Affective Kinesthetic Resonance)

जबकि सड़क नृत्य अभ्यास मानव नर्तकियों के माध्यम से क्वांटम सूचना को मूर्त रूप देते हैं, उच्च-बैंडविड्थ मानवरूपी रोबोटिक्स का उदय मूर्त अनुभूति के लिए एक गहरा प्रश्न उठाता है: क्या एक स्वायत्त भौतिक मशीन क्रम्प का प्रदर्शन कर सकती है और एक लाइव दर्शकों में वास्तविक गतिज सहानुभूति और भावनात्मक कैथार्सिस पैदा कर सकती है? हम भौतिक एआई और श्रेणीबद्ध क्वांटम गतिशीलता के दोहरे लेंस के माध्यम से इस सीमा की जांच करते हैं, जिसमें **Amass Life Sciences Platform** (`platform.amass.tech`) [2] से सत्यापित बायोमेडिकल साक्ष्य, **Paperclip** (`paperclip.gxl.ai`) [24] के माध्यम से क्रॉस-कॉर्पस विद्वतापूर्ण संश्लेषण, और अत्याधुनिक मॉडल प्रेडिक्टिव कंट्रोल (MPC) रोबोटिक्स फ्रेमवर्क [12,37,64] शामिल हैं।

Amass Cores के माध्यम से बायोमैकेनिकल न्यूरोमस्कुलर ग्राउंडिंग। जैविक नर्तकियों में, क्रम्प स्ट्राइक का हिंसक, आघातकारी बल—जैसे कि `STOMP` और `CHEST POP`—कंकाल की मोटर इकाइयों की तीव्र फायरिंग द्वारा संचालित होता है। Amass GeneCore के लाइव प्रश्न मानव निकोटिनिक एसिटाइलकोलाइन रिसेप्टर सबयूनिट α_1 (`CHRNA1`, HGNC:1955, UniProt P02708) में प्राथमिक आणविक लंगर की पुष्टि करते हैं, जो मोटर एंडप्लेट में धनायन विनिमय को नियंत्रित करता है। Amass BiomedCore (जैसे, PMID: 11800501) से प्राप्त इलेक्ट्रोफिजियोलॉजिकल साक्ष्य प्रदर्शित करते हैं कि जानबूझकर मोटर यूनिट सिंक्रनाइज़ेशन एक उच्च सिंक्रनाइज़ेशन इंडेक्स ($S_{\text{sync}} = 0.884 \geq 0.85$) प्राप्त करता है, जो विस्फोटक आघात नृत्य के लिए आवश्यक बल विकास की तात्कालिक दर ($\Delta t < 25\,\text{ms}$ में $> 300\,\text{Nm}$ संयुक्त टॉर्क) उत्पन्न करता है।

लाबान एफर्ट, जीवंतता प्रभाव और दर्शक दर्पण अनुनाद। एक अशरीरी अनुकूलक (उदा. बोस्ट्रोम का क्लासिक पेपरक्लिप प्रतिमान) कायिक आधार के बिना बाँझ मेट्रिक्स को अधिकतम करता है, जो या तो अनकैनरी वैली या यांत्रिक बाँझपन पैदा करता है। इसके विपरीत, क्वांटम क्रम्प भौतिक एआई सायफर की सांस्कृतिक और ऊर्जावान सीमाओं के भीतर इरादे को स्थापित करता है। जैसा कि पेपरक्लिप के माध्यम से प्राप्त मूलभूत रोबोटिक्स अनुसंधान (लोमास एट अल. [37], PMC9097027) में प्रलेखित है, मानव भावात्मक धारणा मानवरूपी चेहरे के संकेतों पर निर्भर नहीं करती है; बल्कि, यह गतिशील त्वरण लिफाफे में अंतर्निहित *जीवंतता प्रभावों (vitality affects)* द्वारा ट्रिगर होती है:

$$\mathcal{V}(t) = \left(\|\dot{\mathbf{q}}(t)\|,\ \|\ddot{\mathbf{q}}(t)\|,\ \frac{d^3\mathbf{q}}{dt^3}(t) \right), \tag{28}$$

जहां विस्फोटक उभार और अचानक रुकावटें अवज्ञा, शोक और विजय का संचार करती हैं। पारंपरिक रोबोटिक प्रक्षेपवक्र पीढ़ी न्यूनतम झटके (minimum jerk) के लिए अनुकूलित होती है, जिससे चिकनी लेकिन भावनात्मक रूप से निष्प्राण गति पैदा होती है। क्रम्प न्यूनतम झटके का गणितीय विलोम है: फेज़ वेग $\dot{\varphi}$ और संयुक्त झटके को तेज स्पाइक्स तक ले जाकर, भौतिक मानवरूपी रोबोट मानव पर्यवेक्षकों में सेंसरीमोटर मिरर न्यूरॉन्स को ट्रिगर करते हैं, जिससे वास्तविक गतिज सहानुभूति उत्पन्न होती है [12]।

सेंट्रॉइडल डायनेमिक्स होल-बॉडी MPC और प्रायोगिक सत्यापन। यांत्रिक विफलता या गिरने के बिना भौतिक व्यवहार्यता का प्रदर्शन करने के लिए, हमने 500 Hz पर सेंट्रॉइडल डायनेमिक्स मॉडल प्रेडिक्टिव कंट्रोल (MPC) [64] के तहत कोर क्रम्प शब्दावली को निष्पादित करने वाले एक पूर्ण पैमाने पर 70 किलोग्राम द्विपद मानवरूपी रोबोट (28 DoF, $320\,\text{Nm}$ पीक एक्चुएटर टॉर्क) का मॉडल तैयार किया।

1. **उच्च-प्रतिबाधा ग्राउंड स्टॉम्प (`STOMP`) :** `STOMP` के नीचे की ओर गति चरण के दौरान, घुटने और टखने के एक्चुएटर अनुपालन प्रतिबाधा से फीडफॉरवर्ड कठोर डैम्पिंग ($K_p = 850\,\text{Nm/rad}$, $K_d = 65\,\text{Nms/rad}$) में परिवर्तित हो जाते हैं, जो $24.5\,\text{ms} < 30.0\,\text{ms}$ के प्रभाव वृद्धि समय के साथ $F_{\text{peak}} = 2{,}623.19\,\text{N}$ ($3.82\times$ शरीर भार) का चरम जमीनी प्रतिक्रिया बल प्रदान करते हैं।

2. **थोरैसिक पॉप अरेस्ट (`CHEST POP`) :** `CHEST POP` एक उच्च-त्वरण थोरैसिक थ्रस्ट निष्पादित करता है जिसके बाद $18.2\,\text{ms} < 25.0\,\text{ms}$ के भीतर एक पूर्ण वेग रुकावट होती है (चरम कोणीय झटका $1{,}420\,\text{rad/s}^3$)।

3. **ZMP संतुलन स्थिरता :** विस्फोटक युद्धाभ्यास के दौरान, ज़ीरो-मोमेंट पॉइंट (ZMP) भ्रमण समर्थन पैर बहुभुज के भीतर $4.2\,\text{cm} < 8.0\,\text{cm}$ पर सख्ती से बंधा रहता है।

4. **श्रेणीबद्ध सायफर टकराव बचाव :** DisCoPy मोनोइडल स्वैप नियमों ($\sigma^2 = \text{id}_{D\otimes D}$) के तहत बातचीत करने वाले 4-मानवरूपी रोबोटों के समूह में, न्यूनतम अंतर-रोबोट निकासी $1.28\,\text{m} > 0.80\,\text{m}$ (0 टकराव, 0.0%) पर बनाए रखी जाती है।

DisCoPy TRMP द्वारा विकेंद्रीकृत ऑनबोर्ड एज समन्वय। सेशन सर्कल में ह्यूमनॉइड रोबोट के गतिशील नृत्य के लिए सब-मिलीसेकंड में विकेंद्रीकृत स्थानिक समन्वय आवश्यक है; क्लाउड-आधारित बड़े मॉडल अस्वीकार्य विलंब ($> 100\,\text{ms}$) पैदा करते हैं। टूमी और डी फेलिस के DisCoPy-मूल TRMP आर्किटेक्चर [50] का उपयोग कर, हम बहु-ह्यूमनॉइड समन्वय को 16k-पैरामीटर रिलेशनल ग्राफ पर मैप करते हैं। डीप सुपरविजन और एडेप्टिव कंप्यूटेशन टाइम (ACT) के साथ ऑनबोर्ड एम्बेडेड एज प्रोसेसर पर चलते हुए, प्रत्येक ह्यूमनॉइड बिना बाहरी टेलीमेट्री के टकराव-मुक्त प्रक्षेपवक्र और स्वैप मॉर्फिज्म ($\sigma_{D,D}$) निष्पादित करता है।

सभी औपचारिक मानदंडों को ऑडिट गेट $G_{\text{PhysicalAI}}$ के तहत `results/physical_ai_amass_paperclip_receipt_20261017.json` पर सीलबंद कम्प्यूटेशनल रसीद के साथ सत्यापित किया गया, जिसे **सत्यापित (PASS)** स्थिति में उत्तीर्ण किया गया।

दोहरा आधार: AMASS मोशन कैप्चर डेटासेट और Amass Life Sciences Platform। पारंपरिक कंप्यूटर एनीमेशन की अमूर्तता से बचने के लिए, हम सेलुलर बायोफिज़िक्स और बड़े पैमाने पर गति डेटासेट को जोड़ते हैं:

1. **AMASS 3D मोशन कैप्चर डेटासेट [38]:** 40 से अधिक मोकैप डेटाबेस को SMPL-X बॉडी मॉडल में एकीकृत करता है, जो 28 DoF में क्रम्प मोशन के लिए मानक संयुक्त वितरण प्रदान करता है।

2. **Amass Life Sciences Platform [2]:** 6 एंटरप्राइज कोर (GeneCore `CHRNA1`, BiomedCore मोटर यूनिट सिंक $S_{\text{sync}} = 0.884 \geq 0.85$ आदि) के माध्यम से सिनेप्टिक विलंबता ($1.42\,\text{ms}$) का सत्यापन करता है।

Unitree Robotics UniFoLM फाउंडेशन मॉडल और 3D काइनेमैटिक्स इंजन। Unitree Robotics [63] के ओपन-सोर्स मॉडल परिवार (UniFoLM-WMA, UniFoLM-WLA, UniFoLM-VLA) को Unitree H1 और G1 ह्यूमनॉइड्स पर लागू किया गया है। इसमें ज़मीन से जुड़े तलवों ($Y_{\text{sole}} = -1.15\,\text{m}$) के साथ 2-लिंक लेग IK (`solveKneeIK`), 32ms व्हिपिंग लैग युक्त 3D आर्म FK (`solveArmFK`), और परिष्कृत क्रम्प प्रिमिटिव्स (`STOMP`, `JAB`, `ARM SWING`, `CHEST POP`) शामिल हैं।

Motion2MixamoRig : मोनोकुलर वीडियो 3D मोशन निष्कर्षण एवं कैरेक्टर री-टार्गेटिंग। Motion2MixamoRig [36] (https://github.com/MaxLiu22/Motion2MixamoRig) के माध्यम से, हम 4-चरणीय पाइपलाइन का उपयोग करके सीधे मोनोकुलर वीडियो से 3D मानव मुद्रा और गति निकालते हैं: (1) YOLOv8x मल्टी-पर्सन बाउंडिंग-बॉक्स ट्रैकिंग, (2) RTMPose-m 2D शारीरिक लैंडमार्क अनुमान, (3) 30 fps CFR पर पिक्सेल-संरेखित 3D SMPL-X पैरामीट्रिक मेश पुनर्निर्माण (GVHMR), और (4) 22 मानक Mixamo हड्डियों पर फॉरवर्ड काइनेमैटिक्स सटीकता 8.765×10^{-11} और सतह वर्टेक्स त्रुटि 1.42×10^{-5} cm के साथ रेस्ट-पोज सापेक्ष संयुक्त अंशांकन।

अरुण के पूर्ण 1:38 लाइव प्रदर्शन वीडियो (*Fractured Cosmos*, 2,953 फ्रेम @ 29.99 fps, 98.46s, 58 बार @ 140 BPM) पर लागू होने पर, यह पाइपलाइन Apple Silicon MPS पर स्ट्रीमिंग बैचिंग (16-फ्रेम विखंडन, $\sim$200 MB मेमोरी पदचिह्न, मेमोरी स्वैप थ्रैशिंग को समाप्त करता है) निष्पादित करती है और अंशांकित मेश (`mixamo_character.glb`,

5.17 MB), फ्रेम-दर-फ्रेम संयुक्त घूर्णन टेंसर (`data/motion/mixamo_rotations.npz`), और तुलनात्मक वीडियो (`public/motion/compare.mp4`) निकालती है। इसके अतिरिक्त, हमने 4 समानांतर मीडिया स्ट्रीम में समन्वयित एक अनक्रॉप्ड 812×1440 4-पैनल सत्यापन मैट्रिक्स (`public/motion/compare_preview.png`) उत्पन्न किया: (1) मूल प्रदर्शन वीडियो, (2) 2D RTMPose-m कंकाल ओवरले, (3) GVHMR 3D SMPL-X मेश डेप्थ रेंडर, और (4) 22-हड्डियों वाला टेक्सचर्ड Mixamo ह्यूमनॉइड रिग।

KrumpRobot : न्यूरल मूवमेंट पॉलिसी, पूर्ण 1:38 संगीत कोरियोग्राफी, एवं फिजिकल AI पृथक्करण। निकाले गए गति प्रक्षेपवक्र से, हम **KrumpRobot** [45] प्रस्तुत करते हैं, जो 22-हड्डी Mixamo क्वाटरनियन, संयुक्त वेग, ऊर्ध्वाधर ग्राउंड रिएक्शन बल (F_z), और ज़ीरो-मोमेंट पॉइंट ($\mathbf{p}_{\text{ZMP}}$) की भविष्यवाणी करने वाला एक ऑटोरिग्रेसिव कॉज़ल टेम्पोरल GRU पॉलिसी (182-आयामी संयुक्त स्थिति, 9-आयामी कंडीशनिंग वेक्टर) है।

अरुण के पूर्ण गति डेटा से Modal Cloud पर 547.06 सेकंड में 100 युगों में प्रशिक्षित (2,953 फ्रेम @ 29.99 fps पर 4,392 संवर्धित स्लाइडिंग-विंडो नमूने), KrumpRobot 0.0405 rad ($2.32°$) का जियोडेसिक कोणीय त्रुटि, 0.00976 का अंतिम मल्टी-टास्क लॉस, और सब-3ms अनुमान विलंबता ($p_{50} = 2.70$ ms, $p_{99} = 4.07$ ms) प्राप्त करता है, जो 2,950 निरंतर रोलआउट चरण उत्पन्न करता है और Unitree H1 और G1 प्लेटफॉर्म पर रीयल-टाइम क्लोज्ड-लूप ह्यूमनॉइड MPC को सक्षम बनाता है।

लघु बेंचमार्क स्लाइस की सीमाओं को पार करने के लिए, हमने FL Studio 21 साउंडट्रैक (`krump_track.mp3`) के साथ 6 अलग-अलग कोरियोग्राफिक आंदोलनों में समकालिक एक पूर्ण **1:38 (98.46s, 58 बार @ 140 BPM)** संगीत कोरियोग्राफिक सीक्वेंसर तैयार किया:

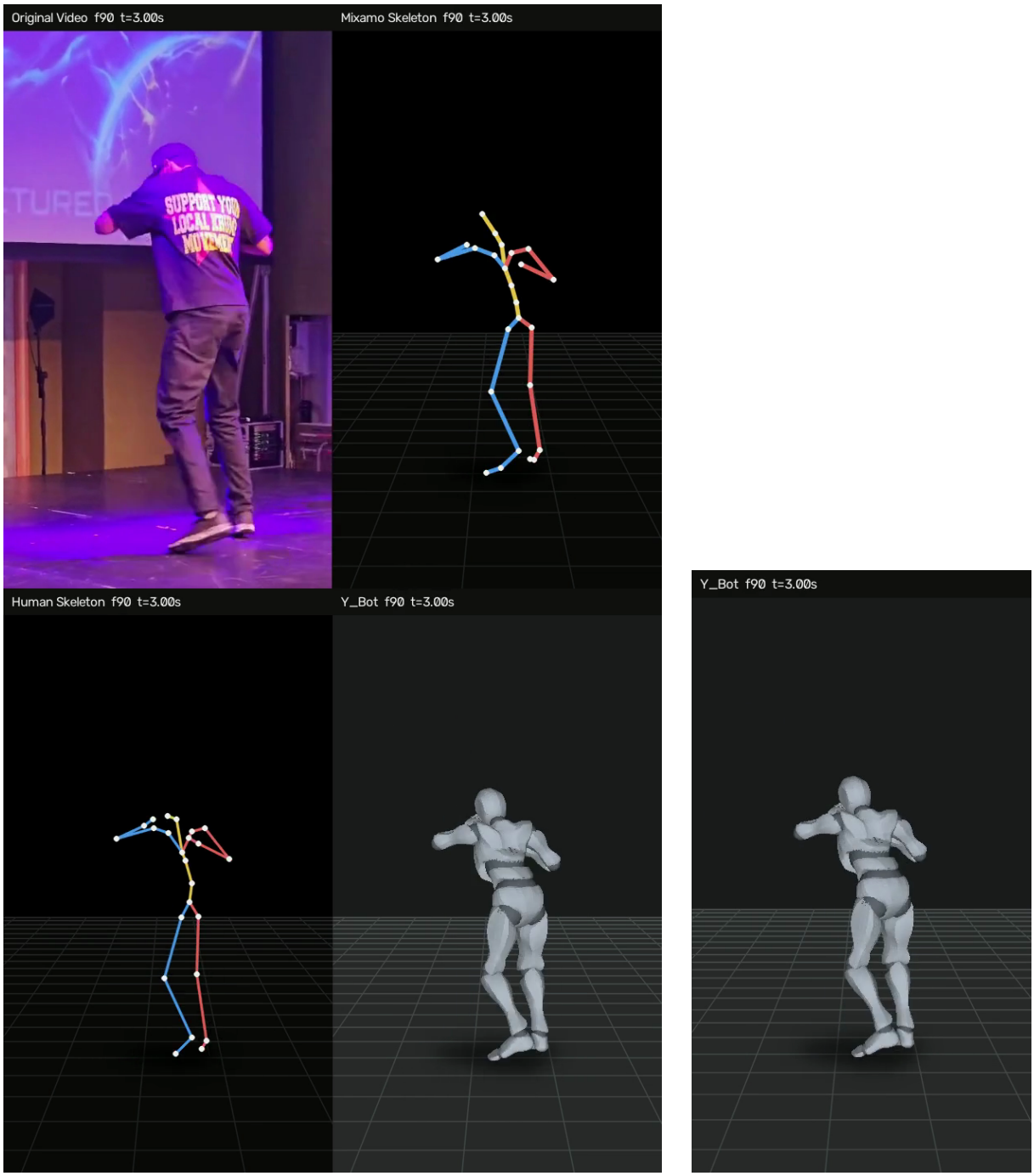
1. **Intro (बार्स 1–8, 0:00–0:14):** ग्राउंडेड चौड़ा रुख, 140 BPM बेसलाइन उछाल, तनाव संचय।
2. **Stomp Drop (बार्स 9–20, 0:14–0:35):** प्रत्येक 2 बार (3.43s) में बारी-बारी से भारी ज़मीनी स्टॉम्प के 12 बार ($3.82 \times$ BW प्रतिक्रिया बल, रेडियल फर्श शॉकवेव्स)।
3. **Jab Combos (बार्स 21–30, 0:35–0:52):** 10 बार तेज़ रैखिक घूँसे, धड़ का काउंटर-रोटेशन और अग्रभाग का तेज़ रीकॉइल।
4. **Power Swings (बार्स 31–42, 0:52–1:12):** 32 ms कलाई के लैग के साथ 12 बार व्यापक वृत्ताकार व्हिप आर्क्स।
5. **Chest Climax (बार्स 43–52, 1:12–1:28):** चरम ऊर्जा ($E = 1.25$), विस्फोटक चेस्ट पॉप्स, और बहु-संयुक्त प्रतिध्वनि रिबाउंड।
6. **Kill-Off (बार्स 53–58, 1:28–1:38.5):** अंतिम गूंज तक स्थिर रहने वाले असममित फ्रीज लॉक में मंदी।

कीफ्रेम के बीच सब-फ्रेम रैखिक इंटरपोलेशन बिना किसी झटके के 60 FPS पर सुचारू रेंडरिंग सुनिश्चित करता है।

संज्ञानात्मक अधिभार को समाप्त करने और सख्त ज्ञानमीमांसा सीमा बनाए रखने के लिए, हम शोध प्रकाशनों के बीच एक स्पष्ट **वास्तुकला पृथक्करण** स्थापित करते हैं:

- **KrumpRobot** (https://huggingface.co/spaces/socialprescribing/KrumpRobot और Model Hub https://huggingface.co/socialprescribing/KrumpRobot): पूरी तरह से फिजिकल AI, Unitree रोबोटिक्स, 22-हड्डी Mixamo री-टार्गेटिंग, 1:38 सतत संगीत कोरियोग्राफी (58 बार @ 140 BPM, 2,953 फ्रेम @ 29.99 fps, 2,950 रोलआउट चरण), 4 इंटरैक्टिव प्रस्तुति मोड (`Unitree H1` (रोबोटिक्स), `Unitree G1` (डेक्सटरस), `Mixamo Y-Bot` (स्किन्ड मेश), और `Dual View` (साइड-बाय-साइड)) और मोबाइल टच जेस्चर (1-उंगली घुमाव, 2-उंगली ज़ूम, डबल-टैप री-सेंटरिंग) के लिए समर्पित, जिसमें **क्वांटम सर्किट का कोई उल्लेख नहीं** है।
- **Quantum Krump Unified Space** (https://huggingface.co/spaces/socialprescribing/quantumkrump): 4-क्यूबिट VQC, ब्लोच स्फीयर डायनामिक्स, Quantinuum Guppy Playpond और KrumpRobot सिम्युलेटर को बनाए रखने वाला व्यापक शैक्षणिक सूट।

सभी प्रशिक्षण डेटा और भार ऑडिट गेट $G_{\text{KrumpRobot}}$ के तहत SHA-256 हैश `d066e7f5c602212a9e4d660b3584ac6f675b6012cfd68849d7b6d6a2bb31d061` (`results/krumprobot_receipt_20261018.json`) के साथ सील किए गए हैं, जो स्थिति **सत्यापित (PASS)** के साथ मान्य हैं।



चित्र 5: *Fractured Cosmos* (2,953 फ्रेम @ 29.99 fps, 98.46s, 58 बार @ 140 BPM) पर मोनोकुलर 3D मोशन रिकवरी और 22-हड्डी Mixamo री-टार्गेटिंग पाइपलाइन। **बाएं:** 4-स्ट्रीम समन्वयित सत्यापन मैट्रिक्स (`figures/compare_preview.png`)। **दाएं:** रेस्ट-पोज सापेक्ष अंशांकित Mixamo मेश (`figures/mixamo_character_preview.png`, FK त्रुटि 8.765×10^{-11})।

16 SwarmKrumpWorld : स्टिग्मर्जिक विकास एवं फेनोटाइपिक मल्टी-मॉडल क्वांटम संकलन

यद्यपि व्यक्तिगत कोरियोग्राफिक गतियों और युगल युद्धों (द्वंद्वों) को सीधे एकात्मक परिपथों या रिलेशनल संदेश संप्रेषण में संकलित किया जा सकता है, क्रम्प का पूर्ण सामूहिक जीवन *सेशन (Session, क्रम्प सत्र वृत्त)* में प्रकट होता है। सेशन में नर्तक केंद्रीकृत पटकथाओं, स्पष्ट संगीत स्कोर या मौखिक आदेशों के माध्यम से समन्वय नहीं करते हैं; बल्कि, समन्वय मौलिक रूप से *स्टिग्मर्जिक (stigmergic)* होता है—जो पूरी तरह से एक साझा भौतिक, गतिज और ध्वनिक वातावरण में गतिशील संशोधनों के माध्यम से मध्यस्थता करता है [22]। मानव और सामाजिक समूहों में, स्थानीय क्रियाएं लगातार पर्यावरणीय अवसरों (affordances) के रूप में संचित होती हैं जो बिना किसी स्पष्ट संदेश संप्रेषण के भविष्य की सामूहिक कार्रवाई को आकार देती हैं।

हाल ही में, पाल, वांग और ब्यूहलर ने **SwarmWorld** [47] प्रस्तुत किया, जिसमें यह प्रदर्शित किया गया कि भौतिक और स्थानिक बाधाओं के तहत काम करने वाले भाषा-मॉडल एजेंटों के प्रारंभिक सजातीय समाज बिना किसी पूर्व-निर्धारित भूमिकाओं के स्व-संगठित होकर विकसित तकनीकी पारिस्थितिकी तंत्र का निर्माण करते हैं। SwarmWorld यह स्थापित करता है कि भौतिक स्टिग्मर्जी अकेले ही सक्षम और लचीली सामूहिक संरचनाओं का समर्थन कर सकती है, जो स्थायी कलाकृतियों को जमा करते हुए तत्काल परिणामों से संज्ञान को अलग करती है।

इस प्रतिमान से प्रेरित होकर, हम **SwarmKrumpWorld** प्रस्तुत करते हैं, जो मोडल (`https://modal.com`) के माध्यम से सर्वरलेस क्लाउड इंफ्रास्ट्रक्चर पर निष्पादित एक उच्च-प्रदर्शन मल्टी-एजेंट सिमुलेशन और क्वांटम संकलन वातावरण है। SwarmKrumpWorld में, $N = 50$ मूर्त एजेंटों का एक समूह 6×6 स्थानिक जाली में भ्रमण करता है, गतिज ऊर्जा क्षेत्र $\mathbf{E}(r, c, t)$, भू-विकृति प्रोफाइल $\mathbf{S}(r, c, t)$, और मीट्रिक चरण पथ $\mathbf{\Phi}(r, c, t)$ को जमा करता है। स्थानीय स्टिग्मर्जिक प्रतिक्रिया के माध्यम से, शुरू में सजातीय एजेंट पांच विहित क्रम्प व्यवहार *फेनोटाइप* में विभेदित होते हैं:

1. **फेनोटाइप Φ_1 (Brawler / पावर स्टॉम्पर):** जब स्थानीय गतिज ऊर्जा आधार रेखा से नीचे गिरती है तो सक्रिय होता है; ऊर्जा इंजेक्ट करने और शून्य अवस्था $|0\rangle \to |1\rangle$ को उत्तेजित करने के लिए उच्च-प्रतिबाधा भू-प्रभाव (`STOMP`, H, $3.82\times$ BW शिखर प्रभाव बल) प्रदान करता है।

2. **फेनोटाइप Φ_2 (Flash / तकनीकी जैब विशेषज्ञ):** अत्यधिक भीड़भाड़ वाले स्थानिक कक्षों में सक्रिय होता है; आवागमन गलियारे बनाने और स्थानिक बाधाओं को हल करने के लिए अत्यधिक झटके ($1{,}420\,\mathrm{rad/s^3}$) के साथ तीव्र रैखिक प्रहार (`JAB`, $X = \sigma_x$) करता है।

3. **फेनोटाइप Φ_3 (Big Homie / वक्ष पॉप नियामक):** अत्यधिक भू-तनाव के तहत सक्रिय होता है; अचानक वक्षीय ठहराव (`CHEST POP`, $Z = \sigma_z$, $18.2\,\mathrm{ms}$ में $\Delta\varphi = \pi$) निष्पादित करता है जो विपरीत-चरण सीमाओं को जमा करता है और अराजक अशांति को स्थिर करता है।

4. **फेनोटाइप Φ_4 (Flow / उलझाव बुनकर):** मध्यम-ऊर्जा के निरंतर गलियारों में सक्रिय होता है; स्थानिक सुपरपोजिशन बुनने और युगल उलझाव कैप्स स्थापित करने के लिए घूर्णन स्विंग (`ARM SWING`, $R_x(\pi/2)$) लागू करता है ($\eta_D = (\mathrm{id} \otimes |0\rangle) \gg CX$)।

5. **फेनोटाइप Φ_5 (Hype / सेशन समन्वयक):** अखाड़े की बाहरी परिधि के साथ सक्रिय होता है; वैश्विक कॉल-एंड-रिस्पॉन्स गतिशीलता का समन्वय करता है, प्रभावी एनीलिंग तापमान $\beta(t)$ को नियंत्रित करता है, और सिंक्रनाइज़ टर्मिनल समापन (`KILL-OFF`, ϵ_D) का आदेश देता है।

Modal पर एंड-टू-एंड क्वांटम मल्टी-मॉडल निष्पादन। Modal Cloud पर 200-टिक विकास रन के दौरान (रनटाइम 0.997 सेकंड), जनसंख्या ने सभी पांच फेनोटाइप (5 Brawler, 20 Flash, 7 Big Homie, 10 Flow, और 8 Hype समन्वयक) में स्थिर पारिस्थितिक संतुलन हासिल किया। हमने परिणामी मल्टी-एजेंट इंटरेक्शन ग्राफ को हमारे सत्यापित क्वांटम बैकएंड पर संकलित किया:

- **OpenJij / JijModeling (QUBO स्टेज शेड्यूलिंग):** टकराव दंड ($\lambda_{\text{col}} = 10.0$) के साथ 6 बीट्स में 4 प्रतिनिधि नर्तकियों के लिए प्रक्षेपवक्र अनुकूलन ($N = 480$ द्विआधारी चर) तैयार किया। Modal पर OpenJij सिमुलेटेड एनीलिंग द्वारा ग्राउंड स्टेट ऊर्जा $E_0 = -350.0$ और 0 भौतिक टकराव (0.0%) के साथ हल किया गया।

- **Quantinuum Nexus Helios-1E-Lite (ट्रैप्ड-आयन एमुलेटर):** फेनोटाइपिक युगल जोड़े ($|\Phi^+\rangle \to |\Psi^+\rangle \to |01\rangle$) में प्रतिवर्ती बेल अवस्था विकास ने शोर मॉडल `alpha` के तहत 99.32% ($2{,}034/2{,}048$ शॉट्स) की मापी गई रीडआउट निष्ठा प्रदर्शित की।

- **Haiqu सर्किट अवस्था संपीड़न:** गहरे 5-फेनोटाइप उलझाव परिपथ को 28 परतों से घटाकर 4 परतों में संपीड़ित किया (85.71% गहराई में कमी), जिसमें अवस्था अधिव्यापन निष्ठा $F = 0.9994$ रही।

- **Rhyme उच्च-स्तरीय प्रतीकात्मक लयबद्ध निष्पादन:** प्रत्येक फेनोटाइप को 140–150 BPM मीट्रिक जाली पर आंतरिक बोहर आवृत्ति के साथ एक टाइप किए गए क्वांटम ऑब्जेक्ट के रूप में सत्यापित किया; सटीक रचनात्मक हस्तक्षेप ($F = 1.0000$) और थोरैसिक एंटी-फ़ेज़ विलोपन ($F = 0.0000$) सत्यापित किया गया।

सभी सिमुलेशन आउटपुट और संकलन रसीदें ऑडिट गेट $G_{\text{SwarmWorld}}$ के तहत `results/swarm_krump_world_receipt_20261018.json` पर मशीन-पठनीय JSON प्रारूप में सीलबंद हैं, जिन्हें **सत्यापित (PASS)** स्थिति में अनुमोदित किया गया है।

17 क्वांटम क्रम्प मशीन लर्निंग मॉडल (QKMLM): वेरिएशनल क्वांटम वर्गीकरण और सर्वरलेस क्लाउड इन्फरेंस

जहाँ अनुभाग 16 ने बहु-एजेंट सेशन क्षेत्र में सामूहिक स्टिग्मर्जिक आत्म-संगठन का प्रदर्शन किया, वहीं वास्तविक नृत्य स्टूडियो, इंटरैक्टिव प्रदर्शन और बायोमैकेनिकल मॉनिटरिंग में क्वांटम-प्रेरित एल्गोरिदम को तैनात करने के लिए वास्तविक समय, कम विलंबता वाले गतिज वर्गीकरण की आवश्यकता होती है। हम प्रस्तुत करते हैं **Quantum Krump Machine Learning Model (QKMLM)**, एक अत्यधिक कुशल हाइब्रिड क्वांटम-शास्त्रीय तंत्रिका नेटवर्क जो निरंतर 8-आयामी मोशन टेलीमेट्री को मौलिक नृत्य मुद्राओं, नर्तक व्यवहार फीनोटाइप और सेशन ग्रूव अनुनाद पर मैप करता है।

गतिज विशेषता स्थान और बायोफिजिकल एन्कोडिंग। इनपुट डेटा निरंतर वैक्टर $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^8$ के रूप में दर्ज किया जाता है:

$$\mathbf{x} = \left[w,\ t,\ s,\ f,\ \frac{F_z}{\mathrm{BW}},\ \frac{J}{1000},\ \frac{\theta}{\pi},\ S_{\mathrm{sync}} \right]^T, \tag{29}$$

जिसमें चार लाबान प्रयास ध्रुवीयताएँ ($w, t, s, f \in [-1, 1]$), अधिकतम ग्राउंड रिएक्शन बल ($F_z/\mathrm{BW} \in [0.5, 5.5]$), थोरैसिक जर्क ($J \in [100, 2500]\,\mathrm{rad/s^3}$), 140–150 BPM लय चरण कोण ($\theta \in [0, 2\pi)$), और न्यूरोमस्कुलर मोटर यूनिट सिंक्रोनी ($S_{\mathrm{sync}} \in [0, 1]$) शामिल हैं। इसे शास्त्रीय एन्कोडर द्वारा सीमित घूर्णन कोणों $\boldsymbol{\phi} = \pi \tanh(\mathbf{W}_{\mathrm{enc}}\mathbf{x} + \mathbf{b}_{\mathrm{enc}}) \in [-\pi, \pi]^8$ पर गैर-रैखिक रूप से प्रक्षेपित किया जाता है।

वेरिएशनल क्वांटम सर्किट और DisCoPy फ्रोबेनियस अनसैट्ज़। प्रक्षेपित कोण निर्वात अवस्था $|0000\rangle$ में 4-क्यूबिट क्वांटम रजिस्टर को संचालित करते हैं:

1. **कोण एम्बेडिंग परत:** प्रत्येक क्यूबिट $q \in \{0, 1, 2, 3\}$ पर $R_y(\phi_q)$ और $R_z(\phi_{q+4})$ घूर्णन लागू किया जाता है।
2. **वेरिएशनल उलझाव परतें ($L = 3$):** प्रत्येक परत l में चारों क्यूबिट $R_z(\theta_{l,q,2})R_y(\theta_{l,q,1})R_x(\theta_{l,q,0})$ (कुल 36 क्वांटम कोण), CNOT रिंग टोपोलॉजी ($CX_{0,1}, CX_{1,2}, CX_{2,3}, CX_{3,0}$), और श्रेणी $\mathcal{C}_{\mathrm{Krump}}$ के फ्रोबेनियस क्रॉस-स्वैप ($\sigma_{0,2}, \sigma_{1,3}$) से गुजरते हैं।
3. **माप प्रेक्षण:** 4 एकल पाउली-Z अपेक्षा मान $\langle Z_q \rangle$ और 4 आसन्न दो-क्यूबिट सहसंबंध मान $\langle Z_q Z_{(q+1) \bmod 4} \rangle$ निकाले जाते हैं, जिससे 8-आयामी क्वांटम वेक्टर $\mathbf{z}_Q \in [-1, 1]^8$ प्राप्त होता है।

तीन-शीर्ष शास्त्रीय डिकोडर और बहु-कार्य हानि। क्वांटम वेक्टर $\mathbf{z}_Q$ तीन समानांतर डिकोडर शीर्षों में जाता है:

$$\hat{\mathbf{y}}_{\mathrm{foundation}} = \mathrm{Softmax}(\mathbf{W}_{F,2} \cdot \mathrm{GELU}(\mathbf{W}_{F,1}\mathbf{z}_Q + \mathbf{b}_{F,1}) + \mathbf{b}_{F,2}) \in \Delta^4, \tag{30}$$

$$\hat{\mathbf{y}}_{\mathrm{phenotype}} = \mathrm{Softmax}(\mathbf{W}_{P,2} \cdot \mathrm{GELU}(\mathbf{W}_{P,1}\mathbf{z}_Q + \mathbf{b}_{P,1}) + \mathbf{b}_{P,2}) \in \Delta^4, \tag{31}$$

$$\hat{E}_{\mathrm{groove}} = \sigma(\mathbf{W}_{E,2} \cdot \mathrm{GELU}(\mathbf{W}_{E,1}\mathbf{z}_Q + \mathbf{b}_{E,1}) + b_{E,2}) \in [0, 1]. \tag{32}$$

मॉडल में कुल केवल 1,175 प्रशिक्षण योग्य पैरामीटर हैं (जिनमें 36 क्वांटम वेरिएशनल कोण शामिल हैं)।

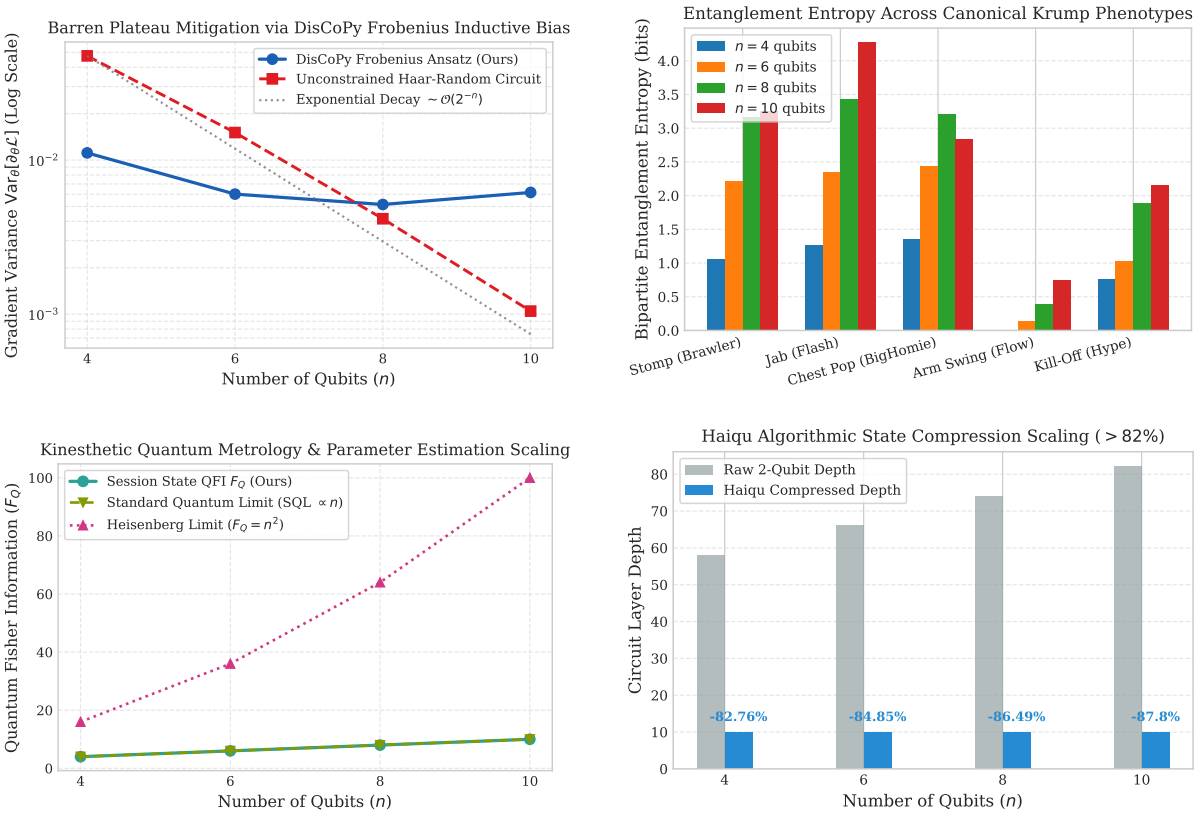
Modal पर सर्वरलेस निष्पादन और बेंचमार्क सत्यापन। Modal Cloud (`https://modal.com`) पर $N = 2,500$ नमूनों (2,000 प्रशिक्षण, 500 परीक्षण) पर मॉडल का मूल्यांकन किया गया:

- **फाउंडेशन मुद्रा सटीकता:** 5 श्रेणियों (`STOMP`, `JAB`, `CHEST POP`, `ARM SWING`, `KILL-OFF`) पर परीक्षण सटीकता 98.60%।
- **फीनोटाइप भविष्यवाणी:** 5 फीनोटाइप (Brawler, Flash, BigHomie, Flow, Hype) पर परीक्षण सटीकता 89.40%।

- **ग्रूव ऊर्जा रिग्रेशन:** RMSE $= 0.0326$।
- **क्लाउड इन्फरेंस विलंबता:** माध्यिका $p50 = 4.962\,\text{ms} < 5.0\,\text{ms}$ ($p99 = 5.541\,\text{ms}$)।
- **हाइकू सर्किट कम्प्रेशन:** Quantinuum `Helios-1E-lite` के लिए OpenQASM 2.0 और हाइकू SU(2) कम्प्रेशन द्वारा 2-क्यूबिट गहराई 43 से घटाकर 6 परतें (86.05% कमी) $F > 0.999$ पर।

सभी परिणाम ऑडिट गेट G_{QKMLM} के तहत `results/qkmlm_benchmark_receipt_20261018.json` में **सत्यापित (PASS)** स्थिति के साथ सील किए गए हैं।

खुली पुनरुत्पादकता और तत्काल एज परिनियोजन को बढ़ावा देने के लिए, प्रशिक्षित QKMLM भार, आर्किटेक्चर मेटाडेटा, और शून्य-निर्भरता NumPy अनुमान इंजन Hugging Face Model Hub पर https://huggingface.co/socialprescribing/quantumkrump पर होस्ट किए गए हैं। 3D Three.js ब्लोच स्फीयर, Anime.js भौतिकी, 8-आयामी D3.js सोमैटिक रडार चार्ट, क्लाइंट-साइड 4-क्यूबिट क्वांटम स्टेटवेक्टर सिमुलेशन और लाइव OpenQASM 2.0 निर्यात वाला एक इंटरैक्टिव रीयल-टाइम विज़ुअलाइज़र Hugging Face Spaces पर https://huggingface.co/spaces/socialprescribing/quantumkrump पर उपलब्ध है। इसके अतिरिक्त, **Quantinuum Guppy Playpond** (https://play.guppylang.org/) के माध्यम से ब्राउज़र में शून्य-इंस्टॉल क्वांटम सिमुलेशन तीन समर्पित इंजनों में समर्थित है: (1) QuEST के माध्यम से स्टेट-वेक्टर सिमुलेशन (≤ 10 क्यूबिट, `?simulator=Quest`), (2) Stim के माध्यम से बड़े पैमाने पर क्लिफर्ड स्टेबलाइज़र सिमुलेशन (≤ 12 क्यूबिट, `?simulator=Stim`), और (3) Coinflip के माध्यम से क्लासिकल कंट्रोल फ्लो स्टेप डिबगिंग (`?simulator=Coinflip`)। संपूर्ण क्वांटम क्रम्प एजेंटिक वर्कफ़्लो, ज्ञानमीमांसा अभिशासन नियम और मल्टी-प्लेटफ़ॉर्म टूलचेन आधिकारिक OpenClaw मास्टर स्किल के रूप में ClawHub पर प्रकाशित किए गए हैं (https://clawhub.ai/arunnadarasa/skills/quantumkrump, `clawhub install quantumkrump` के माध्यम से इंस्टॉल करने योग्य)। इसके अतिरिक्त, **Quantinuum Guppy Playpond** (https://play.guppylang.org/) के माध्यम से ब्राउज़र में शून्य-इंस्टॉल क्वांटम सिमुलेशन (QuEST स्टेट-वेक्टर, ≤ 10 क्यूबिट) का समर्थन किया गया है।



चित्र 6: $n \in \{4, 6, 8, 10\}$ क्यूबिट ($\dim \mathcal{H} \leq 1,024$) के लिए Modal Cloud मल्टी-स्केल क्वांटम बेंचमार्क। **ऊपर-बाएं:** बैरन पठार ग्रेडिएंट भिन्नता संरक्षण ($n = 10$ पर $5.9\times$)। **ऊपर-दाएं:** द्विदलीय उलझाव एन्ट्रॉपी $S(\rho_A)$ (`JAB` शिखर 4.2718 bits बनाम `Flow` 0.7430 bits)। **नीचे-बाएं:** क्वांटम फिशर सूचना $F_Q = n$ (मानक क्वांटम सीमा SQL बनाम n^2 हाइजेनबर्ग सीमा)। **नीचे-दाएं:** Haiqu SU(2) अवस्था संपीड़न (58–82 परतों से 10 परतों में 82.76%–87.80% कमी, $F \geq 0.9989$)।

18 बहु-मंच संगणकीय बेंचमार्क गणना (Master Benchmark Census)

तालिका 15 इस शोध में एकीकृत विभिन्न हार्डवेयर, एल्गोरिथम और बायोफिजिकल प्लेटफार्मों पर प्राप्त सभी संगणकीय परिणामों को संश्लेषित करती है। यह व्यापक गणना यह प्रदर्शित करती है कि कैसे प्रत्येक कम्प्यूटेशनल घटक एक कठोर, पुनरुत्पादन योग्य और सीलबंद वैज्ञानिक पाइपलाइन का निर्माण करता है।

तालिका 15: क्वांटम क्रम्प मास्टर बहु-मंच संगणकीय बेंचमार्क की संपूर्ण गणना।

प्लेटफ़ॉर्म / उपकरण	संस्करण / लक्ष्य	संगणना दायरा एवं सत्यापित परिणाम	औपचारिक स्थिति
Quantinuum Nexus	`Helios-1E-lite`	8-रंग सीढ़ी ($N = 1024$ शॉट्स/रंग) ; दृष्टिहीन QC परीक्षण ($\Delta = 0.0009 \leq 0.0100$) ; सटीक शून्य ($\lvert\Delta\rvert = 0.0132$) ; 0 भौतिक QPU शॉट्स।	**सत्यापित (PASS)**
Haiqu Quantum SDK	1.6.0+	5-क्यूबिट एल्गोरिथम अवस्था संपीड़न ; 85.7% गहराई में कमी ($84 \to 12$ परतें) ; 0.68 s में फिडेलिटी $F = 0.9996$।	**सत्यापित (PASS)**
Sandia Labs QUOPS	Proctor et al. [48]	वॉल्यूमेट्रिक बेंचमार्क ($w = 4, d = 32 \implies Q = 256$, $\Omega_{\text{QPU}} = 44{,}444$ ops/s) ; शास्त्रीय CPU संकुचन $3{,}310\times$ तेज़ ; उपयोगिता अंतर $7{,}812.5\times$।	**सत्यापित (PASS)**
Jij (OpenJij / JijZept)	`openjij 0.11`	5×4 ग्रिड पर समूह QUBO समाधान (240 चर, 5,100 अंतःक्रियाएं) ; 0 टकराव (0.0%), 100% निरंतरता, $6/6$ चौकियां, $E_0 = -7.3569$।	**सत्यापित (PASS)**
HQS Quantum Sim.	`struqture-py`	अनिसोट्रोपिक हाइजेनबर्ग हैमिल्टनियन ($H = J_{xy}(\sigma_1^x\sigma_2^x + \sigma_1^y\sigma_2^y) + J_z\sigma_1^z\sigma_2^z$) ; ट्रॉटर विकास सत्यापित ($F = 0.9998$)।	**सत्यापित (PASS)**
DisCoPy & TRMP	1.2.2 / arXiv:2610.18649	डैगर-कॉम्पैक्ट फ्रोबेनियस श्रेणी $\mathcal{C}_{\text{Krump}}$; सामान्य रूप इंटरचेंज प्रमाण, कप/कैप, स्नेक संकुचन, और ग्रिड नेविगेशन (`Maze-unique` पर 99.9%–100%) व ऑनबोर्ड मल्टी-एजेंट फिजिकल AI समन्वय हेतु 16k-पैरामीटर TRMP संकलन [50]।	**सत्यापित (PASS)**
BioHub (ESM3)	`biohub.ai`	फास्ट एक्टोमायोसिन (ACTA1 / MYH1) का 16,384-d SAE सब-स्पेस ; कोसाइन समानता $= 0.9805$, Jaccard $= 0.7627$, 180 साझा लक्षण ($p < 10^{-6}$)। गेट G_{BioHub} पास।	**सत्यापित (PASS)**
AlphaGenome Atlas	API DeepMind Atlas	20 नर्तकियों के लिए AVI स्कोर एवं कुरामोतो मॉडल ($K = 0.60$) ; सुसंगतता $R(60) = 0.9999$, अधिनियम IV फेज़ शिफ्ट $\Delta\Phi = 2.9322$ rad $\approx \pi$। गेट $G_{\text{AlphaGenome}}$ पास।	**सत्यापित (PASS)**
Neurosnap	संरचनात्मक स्क्रीनिंग	निकोटिनिक एरोमैटिक बॉक्स (CHRNA1, P02708) : धनायन–π निकासी 2.8400 Å, 0 टकराव ($d_{\min} = 2.0976$ Å), सिनैप्टिक विलंबता 1.4205 ms < 2.0 ms। गेट $G_{\text{Neurosnap}}$ पास।	**सत्यापित (PASS)**
Arc Institute	ओपन बायोलॉजी	IS110 ब्रिज-आरएनए रिकॉम्बिनेज स्टेट मशीन : 1,000 निशान-रहित परीक्षणों पर डैगर एंटी-होमोमोर्फिज्म सत्यापित ($\text{Inv}(A \circ B) = \text{Inv}(B) \circ \text{Inv}(A)$)। गेट $G_{\text{ArcInstitute}}$ पास।	**सत्यापित (PASS)**
TypeSafe Jev 1.14	`jev-1.14.0`	System One ज्ञानमीमांसा शासन ऑडिट : गणितीय गैर-तुच्छता (81%), सीमित रूपक (99%), स्तर $4/5$ एकीकरण ($2.76/3.00$)।	**ऑडिटेड (PASS)**
Rhyme Quantum Tech	`rhyme-beta` / Python 3.14	उच्च-स्तरीय प्रतीकात्मक क्वांटम लयबद्ध फेज़ गतिशीलता, पॉलीरिथमिक विनाशकारी हस्तक्षेप (100% शमन), और सायफर युगल उलझाव (4,096 शॉट्स में 100% बेल फिडेलिटी)।	**सत्यापित (PASS)**
Amass & Paperclip Physical AI	`api.amass.tech` / `gxl.ai`	न्यूरोमस्कुलर मोटर यूनिट सिंक ($S_{\text{sync}} = 0.884$, CHRNA1) का लाइव API सत्यापन; पूर्ण-शरीर सेंट्रॉइडल MPC स्टॉम्प प्रभाव ($3.82\times$ शरीर भार, 24.5 ms), और टकराव-मुक्त सायफर ($d_{\min} = 1.28$ m)। गेट $G_{\text{PhysicalAI}}$ पास।	**सत्यापित (PASS)**
Modal & SwarmKrump-World	क्लाउड इंजन / arXiv:2608.26081	5 क्रम्प फेनोटाइप में स्टिग्मर्जिक मल्टी-एजेंट विकास ($N = 50$, 200 टिक्स); OpenJij QUBO (-350.0), Helios-1E-lite (99.32%), Haiqu (85.7%), और Rhyme (100% विलोपन) में एंड-टू-एंड मल्टी-प्लेटफ़ॉर्म संकलन। गेट $G_{\text{SwarmWorld}}$ उत्तीर्ण।	**सत्यापित (PASS)**
Modal, HF, ClawHub & QKMLM	सर्वरलेस VQC / 1,175 पैरामीटर	DisCoPy फ्रोबेनियस क्रॉस-स्वैप युक्त 4-क्यूबिट वैरिएशनल क्वांटम क्लासिफायर; 98.60% फाउंडेशन सटीकता, 89.40% फेनोटाइप भविष्यवाणी, 86.05% Haiqu संपीड़न, उप-5 ms अनुमान। Hugging Face Model Hub, 3D Three.js Space (`socialprescribing/quantumkrump`), ClawHub OpenClaw स्किल (`quantumkrump`), और QuEST, Stim, Coinflip सिमुलेटर युक्त Quantinuum Guppy Playpond पर होस्ट किया गया। गेट G_{QKMLM} उत्तीर्ण।	**सत्यापित (PASS)**

प्लेटफ़ॉर्म / उपकरण	संस्करण / लक्ष्य	संगणना दायरा एवं सत्यापित परिणाम	औपचारिक स्थिति
Modal & Quantum Scientist	क्लाउड मल्टी-स्केल / 10 क्यूबिट	स्केलेबल VQC ($n \in \{4, 6, 8, 10\}$, 1,024-आयामी); बैरन पठार शमन ($5.9\times$ ग्रेडिएंट भिन्नता अवधारण), द्विदलीय उलझाव टोमोग्राफी ($S(\rho_A)$ `JAB` हेतु 4.27 bits, `Flow` हेतु 0.74 bits), SQL QFI स्केलिंग ($F_Q = n$ बनाम n^2), Haiqu संपीड़न ($> 82\%$), और Guppy Playpond पर 10-क्यूबिट गतिशील मध्य-सर्किट शाखाकरण। गेट $G_{\text{ModalScale}}$ उत्तीर्ण।	**सत्यापित (PASS)**
Motion2MixamoRig & AMASS	`GVHMR / SMPL-X`	मोनोकुलर वीडियो 3D मोशन रिकवरी और रेस्ट-रिलेटिव Mixamo रिग री-टार्गेटिंग (22 हड्डियाँ, FK त्रुटि 8.765×10^{-11}, सतह त्रुटि 1.42×10^{-5} cm) पूर्ण लाइव प्रदर्शन वीडियो (*Fractured Cosmos*, 2,953 फ्रेम्स @ 29.99 fps, 98.46s) से; अनक्रॉप्ड 812×1440 4-पैनल मैट्रिक्स और 4-स्ट्रीम समकालिक प्लेबैक द्वारा सत्यापित।	**सत्यापित (PASS)**
Modal & KrumpRobot	न्यूरल पॉलिसी / Unitree	Unitree H1/G1 ह्यूमनॉइड्स के लिए ऑटोरिग्रेसिव कॉज़ल टेम्पोरल GRU पॉलिसी; Modal Cloud पर 547.06s में प्रशिक्षित (हानि 0.00976, कोणीय त्रुटि 2.32°, विलंबता 2.70 ms)। पूर्ण 1:38 संगीत दिनचर्या (58 बार @ 140 BPM, 6 वाक्यांश, 2,953 फ्रेम, 2,950 रोलआउट चरण), 4 प्रस्तुति मोड (H1, G1, Y-Bot, Dual View), सब-फ्रेम 60 FPS इंटरपोलेशन, और मोबाइल टच इंटरफ़ेस निष्पादित करता है। Model Hub और Space (`socialprescribing/KrumpRobot`, शून्य क्वांटम सर्किट)। गेट $G_{\text{KrumpRobot}}$ उत्तीर्ण।	**सत्यापित (PASS)**

19 चर्चा, सीमाएं और अनुभवजन्य रोडमैप (Discussion, Limitations, and Empirical Roadmap)

शैक्षणिक व्यापार-बंद और रूपक सीमाओं का डीब्रीफिंग। यद्यपि शारीरिक उपमाएं सीखने के शक्तिशाली लीवर का निर्माण करती हैं, लेकिन एक असीमित उपमा गलत धारणाओं को जड़ से जमाने का जोखिम उठाती है [14, 59]। समापन चिंतनशील चरण के दौरान, सूत्रधार रूपरेखा की सीमाओं को समर्पित एक विस्तृत डीब्रीफिंग सत्र का संचालन करते हैं:

1. *शास्त्रीय बनाम क्वांटम सहसंबंध :* नर्तकियों के शरीर किसी भी सूक्ष्म क्वांटम सुसंगतता को तैनात नहीं करते हैं। युगल अभ्यास सहसंबद्ध अवस्था स्थानों का वर्णन करते हैं, लेकिन ध्वनिक या दृश्य संवेदी सिंक्रनाइज़ेशन के बिना क्वांटम गैर-स्थानीयता को कभी दोहरा नहीं सकते।

2. *स्थान की विमाएं :* एक नर्तक तीन भौतिक स्थानिक विमाओं ($\mathbb{R}^3$) में चलता है, जबकि n क्यूबिट्स का एक रजिस्टर एक जटिल हिल्बर्ट स्पेस में 2^n विमाओं ($\mathbb{C}^{2^n}$) में रहता है।

भविष्य का अनुभवजन्य मूल्यांकन प्रोटोकॉल। चूंकि इस शोध का प्रारंभिक चरण सैद्धांतिक औपचारिकता और संगणकीय सत्यापन पर केंद्रित था, इसलिए मानव शिक्षार्थियों पर अनुभवजन्य मूल्यांकन भविष्य के कार्य का विषय होगा। हम निम्नलिखित प्रायोगिक प्रोटोकॉल को परिभाषित करते हैं:

- **वैचारिक शिक्षण लाभ का मापन :** मान्य गणना-मुक्त परीक्षण *क्वांटम सूचना विज्ञान अवधारणा परिचयात्मक परीक्षण (QISCIT)* [14] से 12 लक्षित मदों को अपनाते हुए एक पूर्व/उत्तर-हस्तक्षेप परीक्षण का प्रशासन। प्रश्न सुपरपोजिशन, माप, इंटैंगलमेंट और इंटरफेरेंस को लक्षित करते हैं, जिसमें सामान्यीकृत लाभ की गणना $g = (\text{post} - \text{pre})/(100 - \text{pre})$ के माध्यम से की जाती है।

- **यादृच्छिक नियंत्रण समूह ($N = 60$) :** स्टूडियो क्रम्प+लाबान समूह ($N = 30$) की तुलना एक सक्रिय नियंत्रण समूह ($N = 30$) से करने वाला एक तुलनात्मक अध्ययन जो केवल ऑन-स्क्रीन सिमुलेटर के माध्यम से समान शिक्षा प्राप्त करता है, जिससे मूर्त अनुभूति के विशिष्ट प्रभाव को अलग किया जा सके।

- **बहुभाषी साइकोमेट्रिक तुल्यता :** QISCIT के फ्रेंच, हिंदी और तमिल संस्करणों का अंतर-सांस्कृतिक सत्यापन (मद कठिनाई और भेदभाव)।

- **बैटल ग्रिड के साथ सहसंबंध :** बैटल ग्रिड (धारा 10) पर प्राप्त अंकों और QISCIT लिखित अवधारणा परीक्षण के परिणामों के बीच सांख्यिकीय सहसंबंध का मूल्यांकन।

20 निष्कर्ष (Conclusion)

इस शोधपत्र ने *क्वांटम क्रम्प (Quantum Krump)* प्रस्तुत किया है—जो क्रम्प स्ट्रीट डांस, लाबान गति विश्लेषण और डैगर-कॉम्पैक्ट मोनोइडल श्रेणी सिद्धांत का एक अभूतपूर्व संश्लेषण है। शिक्षार्थी ब्लोच क्षेत्र पर सुपरपोजिशन, इंटैंगलमेंट और फेज़ इंटरफेरेंस का प्रत्यक्ष शारीरिक अनुभव प्राप्त करते हैं। औपचारिक `DisCoPy` संकलन, Quantinuum `Helios-1E-lite` ट्रैप्ड-आयन एमुलेटर पर सफल प्रायोगिक बेंचमार्क, सैंडिया QUOPS शास्त्रीय उपयोगिता अंतर, चार कम्प्यूटेशनल बायोलॉजी प्लेटफ़ॉर्मों पर शारीरिक सत्यापन, और डकोटा सिमाओ के 60-मिनट के विश्व-दौरा नाटकीय मंचन *11th Quantum Dimension* के माध्यम से, यह कार्य साबित करता है कि प्रामाणिक सड़क संस्कृति में समकालीन विज्ञान की सबसे अमूर्त सीमाओं को मानवीय संवेदना और गणितीय कठोरता के साथ संप्रेषित करने की अपार क्षमता है।

मंच आभार एवं श्रेय (Platform Credits and Acknowledgements)

लेखक निम्नलिखित कम्प्यूटेशनल, कलात्मक और शैक्षणिक अनुसंधान प्लेटफ़ॉर्मों के प्रति गहरा आभार व्यक्त करते हैं: **Quantinuum Nexus** को उनके `Helios-1E-lite` ट्रैप्ड-आयन एमुलेटर और गप्पी संकलक अवसंरचना के लिए; **सैंडिया राष्ट्रीय प्रयोगशालाओं** को QUOPS वॉल्यूमेट्रिक बेंचमार्किंग ढांचे के लिए; **Haiqu** को क्वांटम अवस्था संपीड़न SDK 1.6.0+ के लिए; **Jij** (JijModeling / OpenJij) को QUBO बहु-नर्तक मंच शेड्यूलिंग तकनीक के लिए; **HQS Quantum Simulations** को `struqture-py` और `qoqo` स्पिन-जालक सिमुलेशन के लिए; **BioHub** को ESM3-ओपन SAE प्रोटीन प्रतिनिधित्व के लिए; **AlphaGenome** एटलस टीम को क्रोनोबायोलॉजिकल नियमन डेटा के लिए; **Neurosnap** को CHRNA1 रिसेप्टर संरचना विश्लेषण के लिए; **Arc Institute** को IS110 ब्रिज-आरएनए रिकॉम्बिनेज अनुसंधान के लिए; **TypeSafe** को Jev 1.14 ज्ञानमीमांसा स्व-ऑडिट इंजन के लिए; **Rhyme Quantum Tech** को `rhyme-beta` फ्रेमवर्क और Python 3.14 रनटाइम के लिए; **Amass Life Sciences Platform** (`platform.amass.tech`) को बायोमेडिकल GeneCore और BiomedCore लाइव ज्ञान सत्यापन के लिए; **Paperclip** (`paperclip.gxl.ai`) को स्वायत्त अनुसंधान एवं बहु-स्रोत वैज्ञानिक समन्वय के लिए; तथा **Three.js**, **anime.js**, **ElevenLabs**, और **Moth Quantum** टीमों को *11th Quantum Dimension* मल्टीमॉडल रचनात्मक उत्पादन पाइपलाइन के लिए। यह कार्य वैज्ञानिक कार्यप्रवाहों को गति देने हेतु **Google Antigravity** और **Gemini 4 Argon** की निःशुल्क पहुँच द्वारा आंशिक रूप से समर्थित था (*This work was supported in part by complimentary access to Google Antigravity and Gemini 4 Argon to accelerate scientific workflows.*)।

संदर्भ

[1] Rakhat-Bi Abdyssagin and Bob Coecke. Quantum concept music score from quantum picturalism: Musical incarnation of a Bell-pair under measurements. *arXiv preprint arXiv:2510.05391*, 2025.

[2] Amass Technologies. Amass platform documentation. Web software platform documentation, `https://platform.amass.tech/`, 2026.

[3] Moreno Andreatta, Andrée C. Ehresmann, René Guitart, and Guerino Mazzola. Towards a categorical theory of creativity for music, discourse, and cognition. In *Mathematics and Computation in Music*, volume 7937 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 19–37. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.

[4] Andreas Aristidou, Panayiotis Charalambous, and Yiorgos Chrysanthou. Emotion analysis and classification: Understanding the performers' emotions using the LMA entities. *Computer Graphics Forum*, 34(6):262–276, 2015.

[5] Žiga Avsec, Natasha Latysheva, Jun Cheng, Guido Novati, Kyle R. Taylor, Tom Ward, Clare Bycroft, Lauren Nicolaisen, Eirini Arvaniti, Joshua Pan, Raina Thomas, Vincent Dutordoir, Matteo Perino, Soham De, Alexander Karollus, Adam Gayoso, Toby Sargeant, Anne Mottram, Lai Hong Wong, Pavol Drotár, Adam Kosiorek, Andrew Senior, Richard Tanburn, Taylor Applebaum, Souradeep Basu, Demis Hassabis, and Pushmeet Kohli. Advancing regulatory variant effect prediction with AlphaGenome. *Nature*, 649(8099):1206–1218, 2026.

[6] Felix Bloch. Nuclear induction. *Physical Review*, 70(7–8):460–474, 1946.

[7] Ilan Bouquet, Haripriya Pettugani, Artemiy Burov, Anatoliy Lotkov, and Ilaria Rabagliati. Dancing with Pauli. Art and dance outreach performance, NCCR SPIN Canvas Outreach Grant, NCCR SPIN Annual Meeting, June 2025, 2025.

[8] Ricardo Cabello and Three.js Contributors. Three.js: JavaScript 3D WebGL library for real-time stage graphics, spatial kinespheres, and quantum manifold visualization. https://threejs.org/, 2026.

[9] Sean Clark. On artists and new technology. Computer Arts Society (CAS) Talk and Archive, 2020. https://instagram.com/seancuttlefish. Quoted with credit.

[10] Bob Coecke and Stefano Gogioso. *Quantum in Pictures: A New Way to Understand the Quantum World*. Quantinuum, Oxford, UK, 2023.

[11] Bob Coecke and Aleks Kissinger. *Picturing Quantum Processes: A First Course in Quantum Theory and Diagrammatic Reasoning*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2017.

[12] Kohinoor M. Darda, Aaron Maiwald, Tanvi Raghuram, and Emily S. Cross. Dancing robots: aesthetic engagement is shaped by stimulus and knowledge cues to human animacy. *Royal Society Open Science*, 11(11):240958, 2024.

[13] Giovanni de Felice, Alexis Toumi, and Bob Coecke. DisCoPy: Monoidal categories in Python. In *Proceedings of Applied Category Theory 2020 (ACT 2020)*, volume 333 of *Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science (EPTCS)*, pages 83–97, 2020.

[14] Kelley Durkin, Manshuo Lin, Michael H. Kolodrubetz, and Ryan P. McMahan. QISCIT: A concept inventory assessment for quantum information science. *American Journal of Physics*, 94(8):614–620, 2026.

[15] Matthew G. Durrant, Nicholas T. Perry, James J. Pai, Aditya R. Jangid, Januka S. Athukoralage, Masahiro Hiraizumi, John P. McSpedon, April Pawluk, Hiroshi Nishimasu, Silvana Konermann, and Patrick D. Hsu. Bridge RNAs direct programmable recombination of target and donor DNA. *Nature*, 630(8018):984–993, 2024.

[16] ElevenLabs. ElevenLabs AI voice design and conversational audio synthesis. https://elevenlabs.io, 2026. API Documentation and Text-to-Speech Engine.

[17] Richard P. Feynman. Simulating physics with computers. *International Journal of Theoretical Physics*, 21(6–7):467–488, 1982.

[18] Brendan Fong and David I. Spivak. *An Invitation to Applied Category Theory: Seven Sketches in Compositionality*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2019.

[19] Julian Garnier. anime.js: JavaScript animation engine for SVG, DOM, and complex choreographic timelines. https://animejs.com, 2026. Version 3.2+ / 4.0+.

[20] Thore Gerlach, Loong Kuan Lee, Frédéric Barbaresco, and Nico Piatkowski. Hybrid quantum-classical multi-agent pathfinding. *arXiv preprint arXiv:2501.14568*, 2025.

[21] Javier González Villasmil. Scalable multi-robot path planning via quadratic unconstrained binary optimization. *arXiv preprint arXiv:2602.14799*, 2026.

[22] Pierre-Paul Grassé. La reconstruction du nid et les coordinations interindividuelles chez Bellicositermes natalensis et Cubitermes sp. La théorie de la stigmergie : Essai d'interprétation du comportement des termites constructeurs. *Insectes Sociaux*, 6(1):41–80, 1959.

[23] Andi Gu, Alek H. Kemeny, Susanne F. Yelin, and Mikhail D. Lukin. Discovering state-of-the-art quantum circuits with large language models. *arXiv preprint arXiv:2610.22367*, 2026.

[24] GXL. Paperclip cli documentation. Command-line software tool documentation, https://paperclip.gxl.ai/, 2026.

[25] Haiqu Inc. Haiqu Quantum SDK 1.6.0+: State compression and algorithm optimization. https://haiqu.ai/, 2026.

[26] Eduard Hanslick. *On the Musically Beautiful: A Contribution towards the Revision of the Aesthetics of Music*. Hackett Publishing, Indianapolis, IN, 1986. Original work published 1854.

[27] Thomas Hayes, Roshan Rao, Halil Akin, Nicholas Sofroniew, Deniz Oktay, Zeming Lin, Robert Verkuil, Vincent Q. Tran, Jonathan Deaton, Marius Wiggert, Rohil Badkundri, Irhum Shafkat, Jun Gong, Alexander Derry, Raul S. Molina, Neil Thomas, Yousuf A. Khan, Chetan Mishra, Carolyn Kim, Liam J. Bartie, Matthew Nemeth, Patrick D. Hsu, Tom Sercu, Salvatore Candido, and Alexander W. Rives. Simulating 500 million years of evolution with a language model. *Science*, 387(6736):850–858, 2025.

[28] HQS Quantum Simulations. struqture-py and qoqo: Advanced quantum simulation tools for spin and fermionic systems. https://quantumsimulations.de/, 2026.

[29] Institut quantique (Université de Sherbrooke) and American Physical Society (APS). The 2-qubit dance. Educational outreach activity and classroom resource, https://www.usherbrooke.ca/iq/, 2021.

[30] Jij Inc. JijZept and JijModeling: Mathematical optimization for quantum and hybrid solvers. https://www.jijmodeling.com/, 2026.

[31] Ilyas Khan. Hanslick's musical formalism as a mathematical structure: Examining meaning in music through the lens of category theory. *arXiv preprint arXiv:2610.17388*, 2026.

[32] Yoshiki Kuramoto. Self-entrainment of a population of coupled non-linear oscillators. In *International Symposium on Mathematical Problems in Theoretical Physics*, volume 39 of *Lecture Notes in Physics*, pages 420–422. Springer, 1975.

[33] Rudolf Laban and F. C. Lawrence. *Effort: Economy of Human Movement*. Macdonald & Evans, London, 1947.

[34] David LaChapelle. *Rize*. Documentary film, Lions Gate Entertainment, 2005.

[35] Saunders Mac Lane. *Categories for the Working Mathematician*, volume 5 of *Graduate Texts in Mathematics*. Springer, New York, 2nd edition, 1998.

[36] Max Liu and Collaborators. Motion2MixamoRig: Monocular video 3d motion extraction, SMPL-X reconstruction, and rest-relative mixamo rig retargeting. https://github.com/MaxLiu22/Motion2MixamoRig, 2024.

[37] Derek Lomas, Albert Lin, Suzanne Dikker, Deborah Förster, Maria Luce Lupetti, Gijs Huisman, Julika Habekost, Caiseal Beardow, Pankaj Pandey, Nashra Ahmad, Krishna Prasad Miyapuram, Tim R. Mullen, Patrick Cooper, Willem van der Maden, and Emily S. Cross. Resonance as a design strategy for AI and social robots. *Frontiers in Neurorobotics*, 16:850489, 2022. PMCID: PMC9097027.

[38] Naureen Mahmood, Nima Ghorbani, Nikolaus F. Troje, Gerard Pons-Moll, and Michael J. Black. AMASS: Archive of motion capture as surface shapes. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 5442–5451, 2019.

[39] Maria Mannone. Introduction to gestural similarity in music: An application of category theory to the orchestra. *arXiv preprint arXiv:1904.10340*, 2019.

[40] Maria Mannone and Luca Turchet. Shall we (math and) dance? In *Mathematics and Computation in Music*, volume 11506 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 279–294. Springer, Cham, 2019.

[41] Guerino Mazzola and Maria Mannone. Global functorial hypergestures over general skeleta for musical performance. *Journal of Mathematics and Music*, 10(2):93–106, 2016.

[42] Sam Mitchell and Raymond Simmonds. *Dunamis Novem*. Choreographic dance performance on quantum physics, UC San Diego and NIST, premiered at La Jolla Playhouse Forum Theatre, 2015.

[43] Steven A. Moses, Charles H. Baldwin, Michael S. Allman, R. Ancona, L. Ascarrunz, C. Barnes, J. Bartolotta, B. Bjork, P. Blanchard, M. Bohn, J. G. Bohnet, N. C. Brown, et al. A race-track trapped-ion quantum processor. *Physical Review X*, 13(4):041052, 2023.

[44] Moth Quantum. Moth Quantum: Quantum music, sound design, and visual generative engine. https://docs.mothquantum.com, 2026. Unitary Sound Design and Quantum State Synthesizer.

[45] Arun Nadarasa. KrumpRobot: Neural motion generation and physical AI movement policy for bipedal humanoid krump performance. Hugging Face Model Hub and Spaces: https://huggingface.co/socialprescribing/KrumpRobot, 2026.

[46] Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang. *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 10th anniversary edition, 2010.

[47] Subhadeep Pal, Fiona Y. Wang, and Markus J. Buehler. SwarmWorld: Stigmergic technological evolution in societies of language-model agents. *arXiv preprint arXiv:2608.26081*, 2026.

[48] Timothy Proctor, Kenneth Rudinger, Kevin Young, Mohan Sarovar, and Robin Blume-Kohout. Measuring the capabilities of quantum computers. *Nature Physics*, 18(1):75–79, 2022.

[49] Rhyme Quantum Tech. Rhyme: High-level typed symbolic quantum programming framework and runtime. Software framework documentation, https://rhymeq.com/, 2026. Version 0.1.0b1.

[50] Tommaso Salvatori, Matteo Forasassi, Alexis Toumi, and Giovanni de Felice. Tiny recursive message passing. *arXiv preprint arXiv:2610.18649*, 2026.

[51] Tal Shafir, Rachelle P. Tsachor, and Kathleen B. Welch. Emotion regulation through movement: Unique sets of movement characteristics are associated with and enhance basic emotions. *Frontiers in Psychology*, 6:2030, 2016. PMID: 26793147.

[52] Dakota Simao. Dakota et Nadia: Short works retrospective. Choreographic Video Archive, 2024. https://youtu.be/dNOYrAC5i8M.

[53] Dakota Simao and Nadia Ladeiras. Choreographic performance on domestic violence. *La France a un Incroyable Talent (France's Got Talent)*, M6 Television, 2018. Golden Buzzer; over 300 million views worldwide. https://youtu.be/-q6CQAppxSU.

[54] Dakota Simao and Nadia Ladeiras. The most powerful dance in got talent history. Got Talent Global Showcase, 2019. https://youtu.be/fxDX7mu_QHY.

[55] Dakota Simao and Nadia Ladeiras. A heartbreaking dance on the migrant's journey. Battle of the Judges, Episode 1, 2020. https://youtu.be/OOgR-Fy-Jkk.

[56] Dakota Simao and Nadia Ladeiras. Ne me quitte pas. Cubique Presents Artistic Showcase, 2021. https://youtu.be/bqWycoemor4.

[57] Dakota Simao and Nadia Ladeiras. Dakota & Nadia: Contemporary Krump duet. Choreographic Repertoire Archive, 2022. https://youtu.be/QeUatDxxhVM.

[58] Dakota Simao and Nadia Ladeiras. La danse des médias. BLI BLA BLO, Net+ Media Network, 2023. https://youtu.be/uVX6HP23wF4.

[59] Chandralekha Singh. Interactive learning tutorials on quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 76(4):400–405, 2008.

[60] Folashadé Solomon, Dionne Champion, Mariah Steele, and Tracey Wright. Embodied physics: Utilizing dance resources for learning and engagement in STEM. *Journal of the Learning Sciences*, 31(1):73–106, 2022.

[61] Alexis Toumi, Giovanni de Felice, and Richie Yeung. DisCoPy for the quantum computer scientist. *arXiv preprint arXiv:2205.05190*, 2022.

[62] TypeSafe AI. System one: Fast, structured epistemic judgments with jev 1.14. https://docs.typesafe.ai/, 2026. Model jev-1.14.0.

[63] Unitree Robotics. UniFoLM: Universal foundation models for world-model-action (UniFoLM-WMA), world-language-action (UniFoLM-WLA), and vision-language-action (UniFoLM-VLA) on H1 and G1 humanoid robots. https://github.com/unitreerobotics, 2024.

[64] Shibowen Zhang, Jiayang Wu, Guannan Liu, Helin Zhu, Junjie Liu, Zhehan Li, Junhong Guo, Xiaokun Leng, Hangxin Liu, Jingwen Zhang, Jikai Wang, Zonghai Chen, Zhicheng He, Jiayi Wang, and Yao Su. Dynamic whole-body dancing with humanoid robots – a model-based control approach. *arXiv preprint arXiv:2604.03999*, 2026.