

一个基于二元结构假说的基础物理框架：阴壳、阳能与网络共担的涌现（国内存档版）

摘要

本文提出一个基于二元结构假设的底层物理框架。核心假设是：物理实在在最底层由一个总贡献为零的二元关系构成，其中一个自由度提供运动，另一个自由度提供约束。约束以离散的壳结构限制运动自由度，形成粒子。不同粒子形态由壳层级和形成时的躁动环境共同决定。宏观物质的确定性不是基本属性，而是海量壳结构连接成网络后涌现的集体行为。本文以热传导为切入，展示框架如何统一解释宏观热传导、姆潘巴效应和冷冻食物焦糊。框架进一步给出若干可操作的可验证预言，为实验检验提供方向。

本文旨在提出一个可检验的框架性假说，而非宣称已完成定量验证；计算层级的定量内容将在后续工作中呈现。

一、引言

物理学的现有框架在描述“如何计算”上极其强大，但在回答“是什么”的问题上仍有空白。质量是什么？为什么微观粒子遵循量子规则，而宏观物体遵循经典规则？从微观到宏观的过渡，其物理本质是什么？

本文提出一个底层框架，重新审视物理实在的基本构成。该框架的核心是一个二元结构假设。本文的任务是处理“是什么”和“为什么”，而非“如何计算”。计算层级的定量内容将在后续工作中呈现。

为便于读者理解，本文在描述核心概念时采用操作性定义，即每一概念都与可被几何描述或间接测量的物理量相关联。

二、二元结构假设

2.1 初始零和假设

本框架采用一个最简假设：在最底层，系统由一个总贡献为零的二元关系构成。其中一个自由度提供运动，另一个自由度提供约束。二者之和保持为零。

这一假设不涉及“绝对虚无”或“破缺机制”等不可操作的概念，而是一个干净的、可被数学吸收的起点：物理实在由两种互补自由度构成，且两者总量相等、符号相反。

2.2 阴与阳

两种互补自由度分别命名为阴与阳。

阴：指一类约束自由度，其作用相当于在特定维度上限制阳能的运动范围。它可以通过其约束维度数、约束强度和壳层离散性来表征。阴本身不携带能量，不与光子相互作用，因此不可直接观测。

阳：指被约束自由度所限制的、具有运动与扩散倾向的能量型自由度。它本性躁动、扩散，具有向外运动的天然倾向。其局部强度可通过约束结构在对抗中产生的扰动强度来间接标定。

二者皆不可直接观测。可观测者，唯二者之间的对抗。对抗产生的扰动、波动、振荡，才是光子、引力波等一切可观测信号的真正来源。

2.3 粒子的出现

当约束自由度以壳结构包裹运动自由度时，粒子形成。壳给运动自由度赋形，将无形态的运动约束为稳定的存在态。

粒子的量子性——不可分割、整数计数——源于壳的离散性，而非运动自由度本身的性质。

壳间阳能：指约束单元之间、用于维持网络连接贯通的关键配件。它负责在相邻壳结构之间传递扰动。没有壳间阳能，壳只是孤立的约束单元；有了壳间阳能，壳才能连接成网络。

三、壳层级与粒子形成

3.1 物质粒子的本质

粒子是运动自由度与约束壳的组合。单纯的运动自由度无形，单纯的壳仅为维度约束结构；二者结合，壳为运动自由度赋形，才形成可探测的粒子。

3.2 封一维束缚：虚粒子对

封一维壳，指仅在一个维度上对运动自由度形成有效约束的结构。运动自由度可从另外两个维度逃逸。

此类粒子仅以瞬时涨落形式短暂存在，在普朗克尺度内产生和湮灭。其存在特性是：线状传播、无空间体积、纯波动属性，不满足实粒子质能关系。

3.3 封二维束缚：实粒子

封二维壳，指在两个维度上闭合、第三个维度保持开放的结构。运动自由度可从第三个未封闭维度逃逸。

其结果是：粒子无体积，但拥有明确、恒定的静质量。波动性显著——当运动自由度流未被外围对冲时，散射呈典型波粒二象性。

光子、电子和夸克都属于此层级。

3.4 封三维束缚：经典粒子

封三维壳，指在三个维度上均形成约束的结构。此时粒子具有体积。

封三维粒子并非完全封闭。它在封闭维度上有一进一出两个阳能进出口，内部负压明显。这与封二维的根本不同：封二维是第三维度的整体敞开，封三维则只有一个入口和一个出口。

封三维粒子的特征：

- 有明确体积；
- 虽有进出口，但进出口极小，运动自由度主要在壳内碰撞、反弹、循环，对外形成黑体辐射；
- 波动性极弱——因为外围有运动自由度流对冲，内部流不再裸露，所以无典型波粒二象性；
- 熵增显著，内部消耗导致壳磨损，无序度累积，时间由此产生；
- 仅透过壳影响外界，方向随机，散射无规律。

3.5 形成环境与束缚方式

粒子形态不仅取决于壳层级，还取决于形成时的躁动环境。

从容束缚：环境温和时，壳有足够余量包裹、引导运动自由度。形成的粒子稳定，如电子。

应急束缚：环境剧烈时，壳被冲击来不及从容包裹，只能应急束缚。形成的粒子内部紧绷、不稳定，如夸克。

两种束缚方式的对比：

- 从容束缚：环境温和 → 壳有富余 → 稳定粒子
- 应急束缚：环境剧烈 → 壳被迫应对 → 不稳定粒子，需进一步封闭

这解释了为什么有些粒子能独立存在，而有些粒子必须禁闭在复合结构里。

四、网络涌现与共担

4.1 壳的孤立与连接

单个壳只是约束结构，具有束缚运动自由度的能力，但没有共担能力。一个孤立的壳，其行为受限于局部运动自由度的直接冲击。

壳与壳之间可以通过壳间阳能连接。壳间阳能使壳边缘的磁斥力偏转，将壳与壳拼接起来，形成联通的网络。

4.2 共担的涌现

当海量壳通过壳间阳能连接成网络后，一个新的性质涌现出来：共担。

共担是网络的集体行为，不是单个壳的个体属性。其表现为：

- 局部扰动不再被局部承受，而是通过网络分摊给相邻节点；
- 局部过载的躁动被分散、转移、均匀化；
- 整个网络作为一个整体对外响应。

4.3 微观与宏观的过渡

微观与宏观的规律差异，其根源在于网络的形成。

- 微观层面：壳尚未组织成网络。每个粒子只有几层壳，没有共担能力。运动自由度本性直接显现。
- 宏观层面：海量壳连接成网络，共担涌现。运动自由度本性被网络的集体行为压制，宏观确定性由此产生。

因此，宏观确定性不是基本属性，而是网络共担对运动自由度躁动本性的压制。当网络半瘫痪或失效时，运动自由度本性会重新暴露，宏观确定性随之退化。

五、网络约束减弱与宏观量子行为的一致性

本框架认为，当网络约束减弱时，原本被压制的微观量子特性应在宏观尺度重新显现。以下现象是否与本框架一致，值得进一步检验。需说明的是，这些现象在现有理论中已有各自的解释；此处仅指出它们与本框架的图景相容，而非声称本框架是唯一解释。

5.1 液氦超流

液氦-4 在 2.17 K 以上是正常粘滞流体。降温至 λ 点以下，超流态涌现——零粘滞度、爬行膜、第二声波、量子涡旋。

本框架的对应图景是：2.17 K 附近，网络进入半瘫痪状态，热约束减弱，微观量子相干性在宏观流体中显现。这一图景与实验现象相容。

5.2 玻色-爱因斯坦凝聚

碱金属原子气体在常温下是经典气体。降温至纳开量级时，大量原子凝聚到同一量子态，形成宏观波函数。

本框架的对应图景是：纳开温度下网络几乎完全瘫痪，集体约束消失，微观波动性在宏观尺度涌现。

5.3 超导宏观量子隧穿

约瑟夫森结在常温下表现为经典电路元件。降温至毫开量级后，宏观变量表现出量子隧穿和

能级量子化。

本框架的对应图景是：毫开温度下网络完全瘫痪，宏观变量的量子行为裸露。

5.4 量子相变

量子相变发生在绝对零度附近。量子相变点附近，量子涨落取代热涨落成为主导。

本框架的对应图景是：绝对零度对应热约束完全消失，运动自由度本性成为系统演化的唯一驱动。

5.5 统一图景

温度区间 网络状态 共担能力 宏观表现

高温 活跃 强 经典确定性

低温（2.17 K 附近） 半瘫痪 减弱 超流

极低温（nK-mK） 近乎瘫痪 极弱 BEC、宏观量子隧穿

绝对零度附近 完全瘫痪 无 量子相变主导

四个现象跨越约九个数量级的温度范围，但均指向同一图景：网络约束减弱，微观量子特性外显。这一图景是否具有更普遍的适用性，需要进一步的理论和实验检验。

六、热传导的统一解释

6.1 运动自由度簇拥与网络共担

热传导的二元解释基于两种相互竞争的机制。

运动自由度簇拥：运动自由度具有同向驱动的运动共性——能量会向能量更集中的地方汇集。在这个意义上，热天然倾向于向更热的方向流动。

网络共担：壳网络的共担效应把能量分散、转移、均匀化。在这个意义上，热被网络从高密度区域导向低密度区域。

二者之间的关系决定了热传导的方向：

- 网络共担主导时，热由高温向低温传导——这是宏观热力学的方向；
- 网络未形成或半瘫痪时，共担减弱，运动自由度簇拥重新暴露。

6.2 姆潘巴效应

热水比冷水更快结冰，这一现象在框架下得到自然解释。

热水放入冰箱时，其内部网络更活跃。活跃的网络意味着共担效应更强——热量更高效地从

内部传递到表面，再由表面散发到环境中。

冷水放入冰箱时，其内部网络活跃度较低。共担效应较弱，热量从内部向外传递的效率降低。

因此，热水虽然初始温度更高，但其更活跃的共担网络导致整体散热效率更高，从而在特定条件下比冷水更快结冰。

6.3 冷冻食物焦糊

冷冻食物放入热锅后比常温食物更容易焦糊，这是同一机制的另一面。

冷冻状态下，网络处于半瘫痪状态。共担效应严重减弱，无法及时将表面接收的热量分摊到食物内部。

热量在表面积累，导致局部躁动迅速超标。表面在内部尚未升温之前就发生焦糊。

常温食物的网络保持活跃，共担效应正常，表面热量被迅速分摊到内部，整体均匀升温，不易焦糊。

七、可验证方向

框架给出以下可验证预言。每条均附带可操作判据，指明实验方向。

7.1 热传导方向由两种机制竞争决定

若框架成立，则热流方向由两种底层机制竞争决定：运动自由度簇拥驱动能量向高能量密度区域汇集，网络共担驱动能量向低能量密度区域分散。

当网络共担能力低于临界值时，热流方向应偏离傅里叶定律；当网络共担能力高于临界值时，宏观热传导恢复。

可操作判据：通过改变实验系统的规模来逼近临界条件。对于仅包含少量被约束单元的系统，热流方向应表现出相对傅里叶定律的系统性偏离；随着系统单元数增加，这种偏离应逐步消失。这一判据不需要预设具体临界值，只需观测偏离随系统规模增大的衰减趋势。

7.2 瞬态反向热传递窗口

若框架成立，在宏观系统的极短时间窗口内——短于网络建立集体响应所需的特征时间——应可观测到热流的瞬态反向分量。

因为在共担效应尚未建立时，运动自由度簇拥本性短暂裸露；一旦网络完成集体响应，共担接管，热流恢复正向。

可操作判据：通过超快热测量手段，在系统受到局部加热后的极短时间内，应能观测到一个

与最终热流方向相反的瞬态分量。该瞬态分量的持续时间应随网络规模增大而缩短。实验上可通过改变样品尺寸来验证这一趋势。

7.3 姆潘巴效应的定量预测

若框架成立，热水的散热效率应随初始温度升高而增强，而非减弱。应存在一个温度区间，其中初始温度越高，结冰时间越短。

可操作判据：使用固定体积、固定成分的液体样品，在受控条件下改变初始温度，测量结冰时间。预言初始温度与结冰时间之间存在一个非单调区间；该区间的具体位置和宽度取决于样品的网络活跃程度。

7.4 冷冻焦糊的时间差

若框架成立，冷冻食品的焦糊时间应显著短于常温食品，且时间差与食品的网络活跃程度相关。

可操作判据：使用固定几何形状和成分的样品，分别从冷冻态和常温态放入同一温度的热源。测量表面焦糊发生的时间。预言冷冻态样品的焦糊时间系统性短于常温态样品，且该差异在控制初始温度后仍显著。

7.5 网络约束减弱的普适量子涌现

若框架成立，任何宏观系统，当网络约束被削弱至临界值以下时，都应表现出量子行为。

可操作判据：这一预测已在超流、玻色-爱因斯坦凝聚、超导宏观量子隧穿、量子相变中获得初步一致性支持。进一步可预言：随着实验手段能将更大的系统降温至网络半瘫痪区间，应观察到新的宏观量子系统。该预言不依赖具体临界温度值，而是指向一个普适趋势。

八、结论

本文提出了一个基于二元结构假设的底层物理框架。框架的核心是约束自由度与运动自由度的互补关系，以及壳网络共担效应的涌现。

四个核心内容构成了框架的定性基础：

1. 二元结构假设：实在源于约束与运动两种自由度的互补；
2. 壳层级与粒子形成：粒子形态由壳层级和形成环境决定；
3. 网络涌现与共担：宏观确定性是网络集体的涌现；
4. 网络约束减弱与宏观量子行为的一致性：这一图景与超流、BEC、宏观量子隧穿、量子相变等现象相容。

框架以热传导为具体切入，统一解释了宏观热传导、姆潘巴效应和冷冻焦糊，并给出了五条可操作的可验证预言。它不处理“如何计算”，而是处理“是什么”和“为什么”。计算层级

的定量内容将在后续工作中呈现。

术语与数据来源说明

本文所讨论的实验现象——液氦超流、玻色-爱因斯坦凝聚、超导宏观量子隧穿、量子相变、姆潘巴效应——均有公开实验文献支持。

文中涉及的“阴”“阳”“壳”“壳间阳能”“网络共担”等概念，属于本框架的定义性术语。本文仅给出其定性物理图像和操作性定义，其定量基础与完整推导将在后续工作中系统给出。

作者声明：本文提出的二元结构框架及其术语体系，包括“阴”“阳”“壳”“壳间阳能”“共担”等，为作者独立构建。本公开版本仅给出框架性定性描述，核心推导与定量参数将按后续工作逐步公开。

参考文献

- [1] Kapitza, P. Viscosity of liquid helium below the λ -point. *Nature* 141, 74 (1938).
- [2] Anderson, M. H., Ensher, J. R., Matthews, M. R., Wieman, C. E., Cornell, E. A. Observation of Bose-Einstein condensation in a dilute atomic vapor. *Science* 269, 198 – 201 (1995).
- [3] Nakamura, Y., Chen, C. D., Tsai, J. S. Spectroscopy of energy-level splitting between two macroscopic quantum states of a superconducting circuit. *Physical Review Letters* 74, 4819 (1995).
- [4] Sondhi, S. L., Girvin, S. M., Carini, J. P., Shahar, D. Continuous quantum phase transitions. *Reviews of Modern Physics* 69, 315 – 333 (1997).
- [5] Mpemba, E. B., Osborne, D. G. Cool? *Physics Education* 4, 172 – 175 (1969).
- [6] Jeng, M. The Mpemba effect: when can hot water freeze faster than cold? *American Journal of Physics* 74, 514 – 522 (2006).
- [7] Singh, R. P., Heldman, D. R. *Introduction to Food Engineering*. Academic Press.
- [8] Nobel Prize in Physics 2025: for experimental demonstration of macroscopic quantum tunnelling in superconducting circuits. Nobel Foundation, 2025.

本文的国际存档版见 Zenodo, DOI: [<https://zenodo.org/records/22046714>]