



中国科学院理论物理研究所
Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences

科学研究

研究方向

学术活动

科研项目

科研成果

科研动态

课题组网站

科研动态

超统一场论为揭秘时空和引力本质及物质和宇宙起源开辟新途径

发布时间: 2021-12-20 | 【字体:大 中 小】

目前, 人类已知自然界存在着引力、电磁、强和弱四种基本相互作用。其中, 引力由爱因斯坦的广义相对论来描述, 电磁相互作用由麦克斯韦方程组来描述, 强相互作用由量子色动力学来描述(质子和中子结合成原子核表现为强相互作用), 而弱相互作用由电弱模型描述(不稳定元素的放射性衰变由弱作用引起, 如 beta -衰变)。理论物理的终极目标之一, 就是寻找能够统一描述4种基本相互作用的理论框架, 即统一理论。

为什么要统一不同的理论? 在理论物理的发展历史中不只一次地出现描述不同物理现象的统一理论, 而每一次统一都使得人类对自然的认识更加深入。例如, 直观上认为电和磁是不同的自然现象, 但麦克斯韦

常用
链接

提出一组方程组，可以对电和磁进行统一的描述，说明电和磁本质上是一致的，即电可以生磁、磁可以生电，为后来电动机、发电机、无线电通讯的发展奠定了基础。

理论物理目前的研究表明，电弱相互作用和强相互作用可以由粒子物理标准模型来描述，但仍然相对独立，并没有形成统一。另外，引力相互作用与其它相互作用有本质的不同，描述引力的广义相对论仍然是一个由时空几何动力学描述的经典理论，并非一个量子理论。因此，寻找引力的量子理论，并将电弱相互作用、强相互作用、引力相互作用统一起来，一直是理论物理学家追寻的目标。在寻找统一理论的道路上，爱因斯坦后半生曾做个多次尝试，但并没有成功。近几十年来，理论物理学家提出和发展的超弦理论，被认为是统一理论的一个可能的候选者。然而，对这一问题的研究，目前并没有定论。

在爱因斯坦提出统一场论百年之际，中国科学院院士、理论物理所研究员吴岳良完成了《超统一场论的基础》的系统性研究工作，为揭秘自然界的基本组成和基本对称性及其基本相互作用、时空和引力的本质以及物质和宇宙的起源开辟了新途径，是对统一理论的新的尝试。


《超统一场论的基础》的探索和研究，打破了通常沿着爱因斯坦创立相对论以来所形成的思路，不再直接从已有的关于对称和时空及其几何的概念出发，而是把物质和运动的观念作为基本出发点，即：自然界是由基本的物质构造块组成，物质构造块是由内禀结构并总是在不断运动，且其运动是简单和有规律的。为使这样的物质和运动的观念在物理上能合理而自洽地得以实现，《超统一场论的基础》通过把成功地应用

常用
链接

于量子场论和经典物理的路径积分作用量原理作为其理论的形式体系，提出最大相干运动原理和局域纠缠量子比特运动原理并与标度和规范不变原理一起作为奠定超统一场论的基础。


《超统一场论的基础》从基本物质场和运动观念出发，基于已有的物理现象和物理实验，提出建立超统一场论的基本指导原则，通过详细的物理分析和系统的理论演绎归纳，自治地解答基础理论物理领域长期存在的一系列基本科学问题，例如：为什么自然界的基本构造块呈现为旋量场；自然界的基本对称性是什么以及它是如何产生的；什么是时空的基本属性以及它是如何体现的；自然界的时空维数是如何确定的，为什么时间不同于空间，时间只有一维；为什么自然界存在一代以上的轻子和夸克；为什么目前观测到的物质世界是一个四维时空的宇宙；自然界已知的四种基本相互作用可否由统一的基本对称性来支配；引力的本质是什么以及它是怎样由超统一的基本对称性来刻画；时空的本质和结构是什么；怎样理解宇宙的起源和演化，宇宙的早期暴胀是如何发生的；暗物质的属性是什么，它的存在是否暗示着自然界新的相互作用；暗能量的本质是什么，它的呈现是否来源于自然界新的相互作用；为什么今天的宇宙呈现出宇称破缺以及物质与反物质不对称；基本物理定律的统一描述是否由物质和运动的观念唯一地确定，它将导致怎样的能量观念、时空观念、几何观念和宇宙观念。

常用
链接



ICTP-AP
International Centre
for Theoretical Physics, Asia Pacific
国际理论物理中心-亚太地区

The Foundation of The Hyperunified Field Theory



超统一场论的基础

Special Issue (专辑) IJMPA VOL. 36, NO. 28

最大相干运动原理+局域纠缠量子比特运动原理 + 标度和规范不变原理

Yue-Liang Wu 吴岳良

量子比特局域相干态
呈现为量子比特旋量场：
$$\Psi_{Q_N}(x) = \sum_{s_1, \dots, s_{Q_N}} \psi_{s_1 \dots s_{Q_N}}(x) \zeta_{s_1} \otimes \dots \otimes \zeta_{s_{Q_N}}$$
 $\zeta_+ = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \zeta_- = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} i \\ -i \end{pmatrix}$

量子比特数和时空维数四个
特征类分类定理与周期特性： $Q_N^{(q_c, k)} \equiv q_c + 4k, D_h^{(q_c, k)} \equiv D_{q_c} + 8k, D_{q_c} = 2, 3, 4, 6, q_c = 0, 1, 2, 3$

自然界基本对称性的呈现及其对基本规律的支配：非齐次洛伦兹对称性 + 非齐次超自旋规范对称性 + 标度(规范)对称性

时空本质：双标架超时空 = 整体平坦
闵氏超时空 x 局域平坦引力规范超时空

$$G_S = SC(1) \times PO(1, D_h - 1) \rtimes WS(1, D_h - 1) \rtimes SG(1)$$

自然界基本构造块-超统一量子比特旋量场-引力相对论量子力学方程：
$$\Sigma_-^C i (D_C - V_C) \Psi_{Q_H} - \beta_Q \sinh \chi_s \tilde{\Sigma}_- \Psi_{Q_H} = 0$$

标度规范场 W_C — 暗物质候选者； Q_C -自旋标量场 χ_s — 宇宙暴胀和暗能量之源

引力本质：超引力规范场-超自旋引力规范场-非对易引力规范超时空： $[D_C, D_D] = \Omega_{[CD]}^A D_A - iF_{CD}$

自然界基本相互作用-超自旋规范场动力学方程：
$$D_C F^{CD} = -g_H^2 J^D$$
 $D_C = \hat{\partial}_C - iA_C, \hat{\partial}_C \equiv \hat{A}_C^M(x) \partial_M, A_C \equiv \hat{A}_C^M(x) A_M(x)$

$F_{CD} = \hat{\partial}_C A_D - \hat{\partial}_D A_C + [A_C, A_D] - \Omega_{[CD]}^E A_E$

规范对称性的引力起源： $A_C \equiv \Omega_C + A_C = (\Omega_C^{AB} + A_C^{AB}) \frac{1}{2} \Sigma_{AB}$

常用
链接

吴岳良院士的相关研究成果写成两篇长文“超统一场论的基础 I —自然界基本构造块和对称性”和“超统一场论的基础 II —自然界基本相互作用和演化宇宙”以专辑特刊《超统一场论的基础》(共301页)发表在“国际现代物理杂志”上：“Special Issue on the Foundation of the Hyperunified Field Theory” (<https://www.worldscientific.com/toc/ijmpa/36/28>)

“The Foundation of the Hyperunified Field Theory I —Fundamental Building Block and Symmetry”(IJMPA Vol.36, No.28, 2143001 (2021); arXiv:2104.05404) (<https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0217751X21430016>)

“The Foundation of the Hyperunified Field Theory II —Fundamental Interaction and Evolving Universe” (IJMPA Vol.36, No.28, 2143002 (2021); arXiv:2104.05404) (<https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0217751X21430028>)

相关工作分别应邀在中国物理学会2020/2021秋季会议以及第28届“超对称和基本作用的统一(SUSY2021)”国际会议上做大会报告：

“超统一场论的基础 & 新科学革命的机遇”：<https://www.koushare.com/video/videodetail/16871>

“统一理论的基础 & 空间引力波探测”：<https://indico.cern.ch/event/875077/contributions/4488999/>

上述研究工作得到国家相关基金的支持，包括：科技部国家重点研发计划“引力波探测”重点专项、国家自然科学基金委“引力波相关物理问题研究”重大项目和暗物质属性相关的重点类项目以及“理论物理专款”项目、中国科学院先导专项“多波段引力波宇宙研究-太极计划预研”和空间科学战略性先导科技专项“空间引力波探测太极计划”等。

下一篇: 低能宇宙相变参数空间的研究

常用
链接



微信公众号 | 违法违纪举报 | 所长信箱 | 联系我们

版权所有 © 中国科学院理论物理研究所 京ICP备05002865号 京公网安备1101080094号

地址：北京市海淀区中关村东路55号 邮政编码：100190

