



# 微观宇宙探秘

原子、夸克的奥秘，及对标准模型的追问

---

Exploring the Microscopic Universe: The  
Mysteries of Atoms and Quarks, and the  
Inquiry into the Standard Model

# CONTENT

---



## 引入

induct



## 对基本粒子模型的简单解释

A simple explanation of the elementary particle model



## 原子到基本粒子：简化的历史脉络

Atoms to Elementary Particles: A Simplified Historical Context



## 模型建立的意义与思考

The significance and thinking of model establishment



# PART 01

引入





引入

induct



01

走过花圃会闻到花香



湿的衣服经过晾晒就会变干

02



引入

induct



03

糖块放到水里会逐渐“消失”，  
而水却有了甜味





## PART 02

简化的历史脉络



# 原子到基本粒子：简化的历史脉络

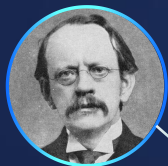
Atoms to Elementary Particles: A Simplified Historical Context



1896—1897年

伦琴发现 X 射线，贝克勒尔发现铀的放射性。

汤姆孙通过阴极射线实验发现电子，证明原子可再分，打破“原子不可再分”的传统观念。



1911—1932年

1911 年，卢瑟福通过  $\alpha$  粒子散射实验建立核式原子模型，提出原子由带正电的原子核和核外电子组成。

1919 年，卢瑟福用  $\alpha$  粒子轰击氮核，发现质子（氢原子核）。

1932 年，查德威克发现中子，确认原子核由质子和中子构成。



1808年

道尔顿提出原子论，认为原子是化学变化中不可再分的最终粒子，奠定“原子最基本”的观念。



# 原子到基本粒子：简化的历史脉络

Atoms to Elementary Particles: A Simplified Historical Context



1956 - 1957 年

1956 年杨振宁与李政道提出弱相互作用中宇称不守恒，1957 年初吴健雄实验验证，同年 10 月杨、李获诺贝尔物理学奖。

这一发现为后续包含  $W^\pm$ 、 $Z^0$  玻色子的弱电统一理论奠定基础。



1930—1950年代

1932 年安德森在宇宙线中发现正电子；1937 年发现  $\mu$  子，1947 年发现  $\pi$  介子、K 介子等，粒子种类迅速增至数百种。

这些新粒子无法用质子、中子、电子简单组合解释，暗示存在更深层结构。





# 原子到基本粒子：简化的历史脉络

Atoms to Elementary Particles: A Simplified Historical Context



## 1960年代至今

1964 年盖尔曼提出夸克模型，认为质子、中子等强子由夸克组成。

1967—1973 年建立量子色动力学 (QCD) 与电弱统一理论，形成粒子物理标准模型。

1974 年丁肇中与里克特独立发现  $J/\psi$  粒子，实验确证粲夸克存在，推动标准模型成型；2012 年欧洲大型强子对撞机发现希格斯玻色子，使标准模型基本完整。





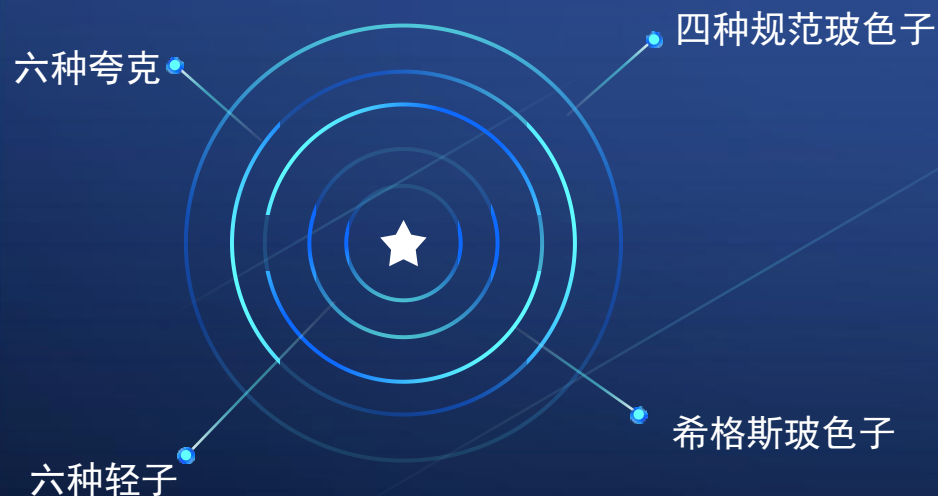
# PART 03

## 基本粒子模型



# 对基本粒子模型的简单解释

A simple explanation of the elementary particle model



标准模型把几百种粒子简化成三类：

1. 组成物质的夸克和轻子；
2. 传递力的光子、 $W^\pm$ 、 $Z^0$ 玻色子、胶子、引力子（未发现）；
3. 给粒子赋予质量的希格斯玻色子。

质量→	$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$
电荷→	$2/3$	$2/3$	$2/3$	0	0
自旋→	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1	0
	u 上夸克	c 粲夸克	t 顶夸克	g 胶子	H 希格斯玻色子
	$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0	
	$-1/3$	$-1/3$	$-1/3$	0	
	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1	
夸克	d 下夸克	s 奇夸克	b 底夸克	$\gamma$ 光子	
	$0.511 \text{ MeV}/c^2$	$105.7 \text{ MeV}/c^2$	$1.777 \text{ GeV}/c^2$	$91.2 \text{ GeV}/c^2$	
	-1	-1	-1	0	
	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1	
	e 电子	$\mu$ $\mu$ 子	$\tau$ $\tau$ 子	Z Z玻色子	
	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$	$80.4 \text{ GeV}/c^2$	
	0	0	0	$\pm 1$	
	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1	
轻子	$\nu_e$ 电子中微子	$\nu_\mu$ $\mu$ 子中微子	$\nu_\tau$ $\tau$ 子中微子	W W玻色子	规范玻色子

质子、中子为夸克与胶子束缚态，不再是“基本”粒子。



# PART 04

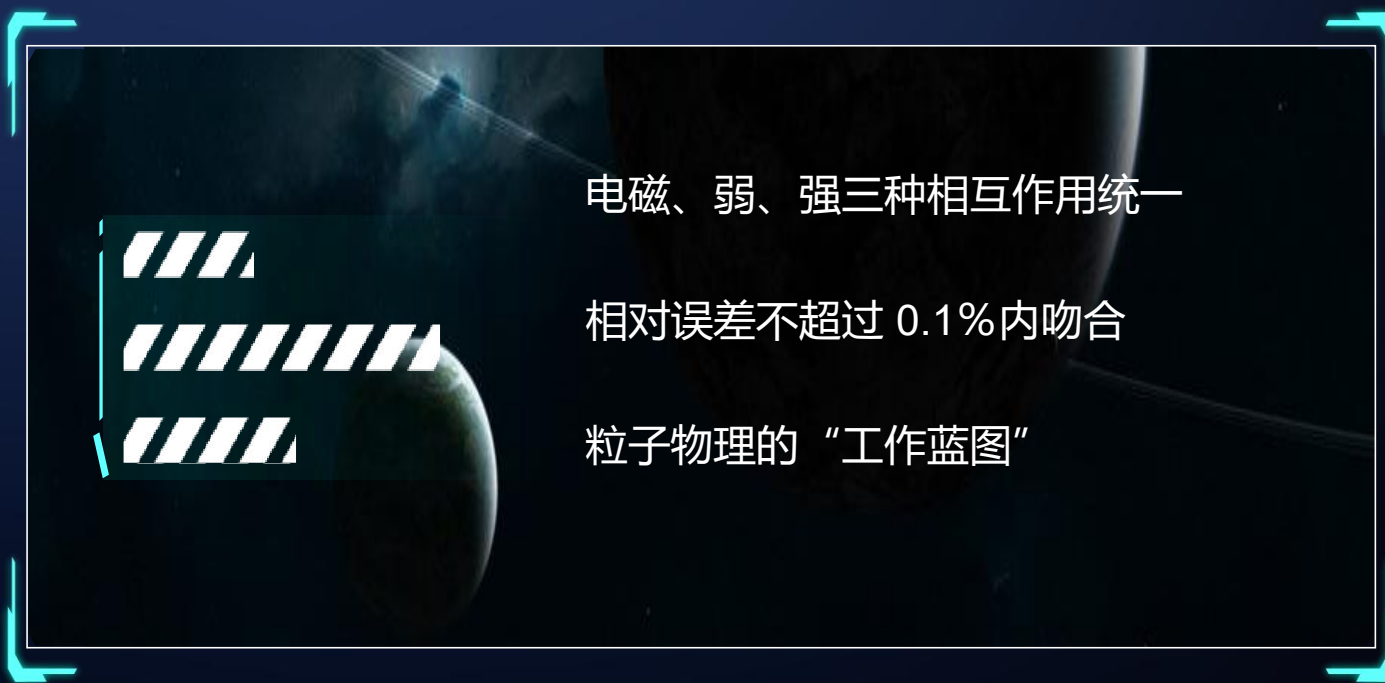
意义与思考





# 模型建立的意义与思考

The significance and thinking of model establishment



电磁、弱、强三种相互作用统一

相对误差不超过 0.1% 内吻合

粒子物理的“工作蓝图”



# 模型建立的意义与思考

The significance and thinking of model establishment



## 引力子未发现

引力始终未被收编，传递引力的引力子至今无实验迹象。



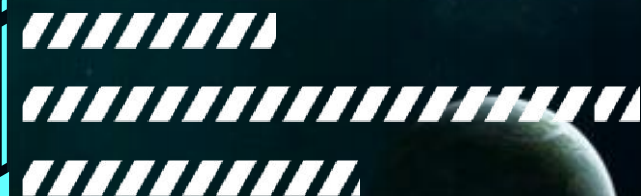
## 模型外的粒子发现

2013 年北京正负电子对撞机 (BEPC) 观测到的  $Z_c(3900)$  等四夸克态，近年陆续出现的五夸克态、胶子球候选。



# 模型建立的意义与思考

The significance and thinking of model establishment



终极的统一方程？

还是由大量随机事件和微小起伏拼凑而成？



# 感谢您的观看

Thank you for watching