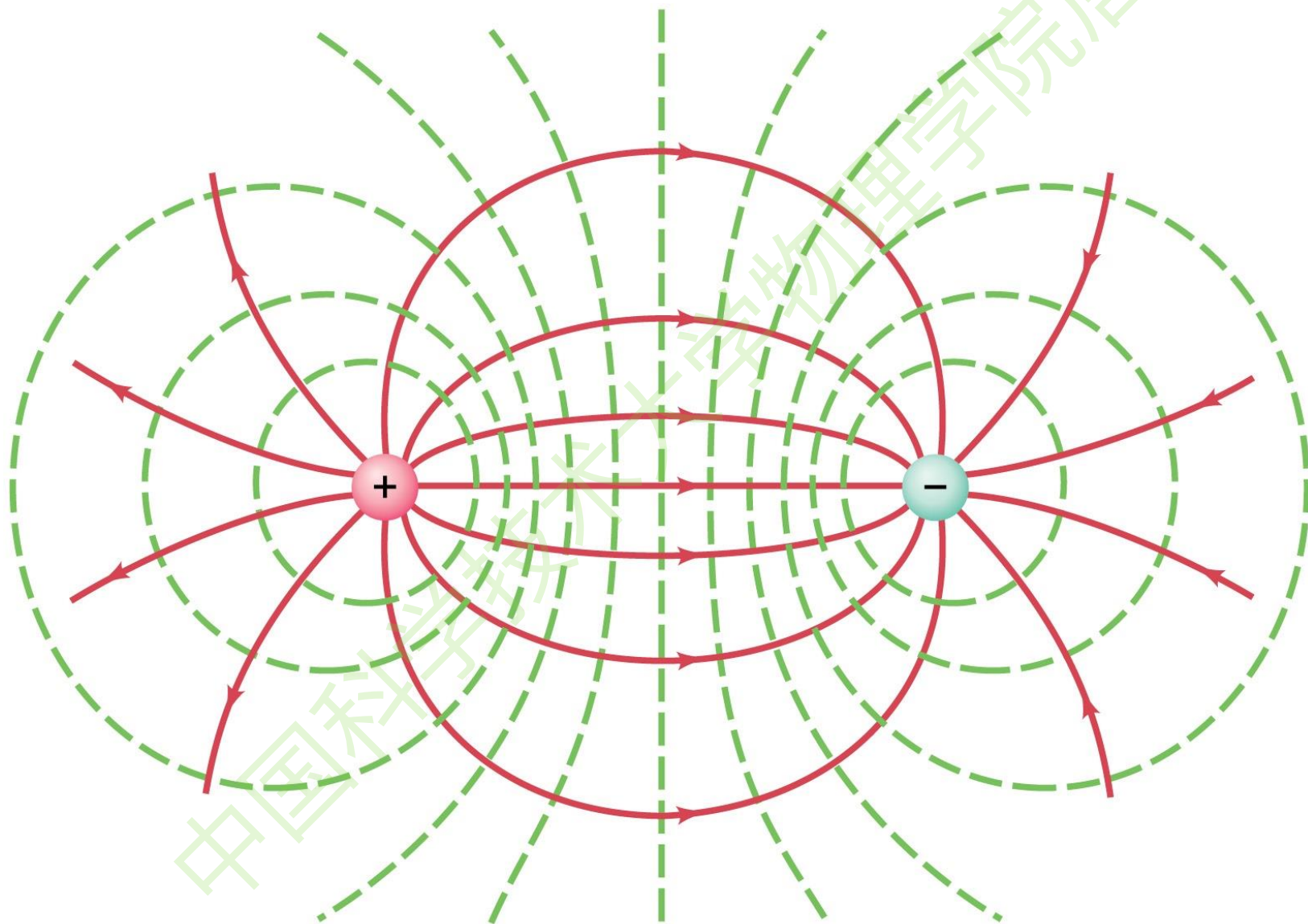


第1章 电力与电场



第1章 电力与电场

§ 1.1 电力起源

§ 1.2 库仑定律

§ 1.3 电场强度

§ 1.4 高斯定理

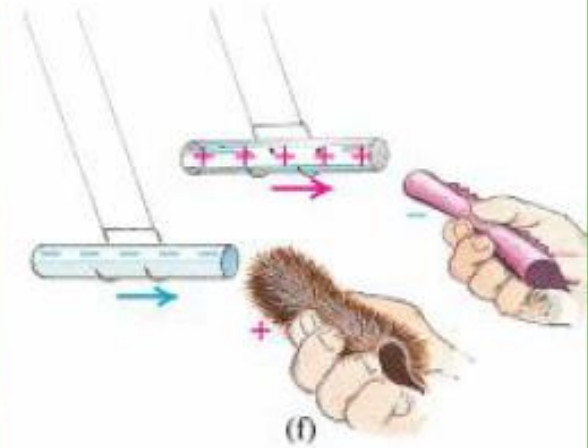
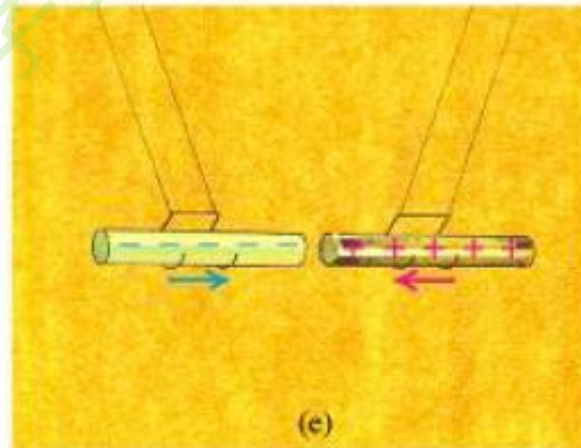
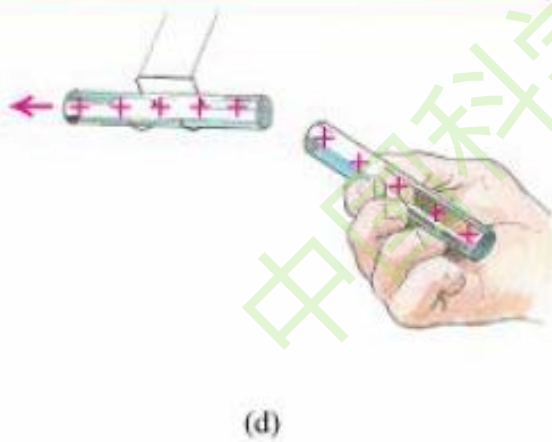
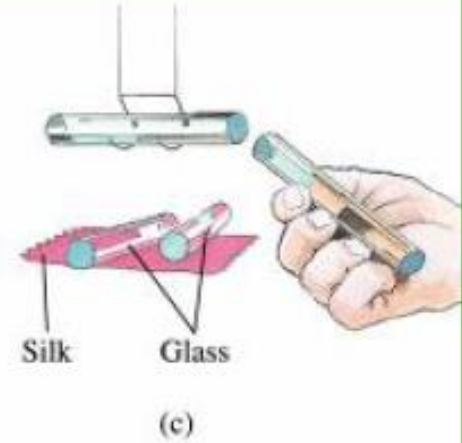
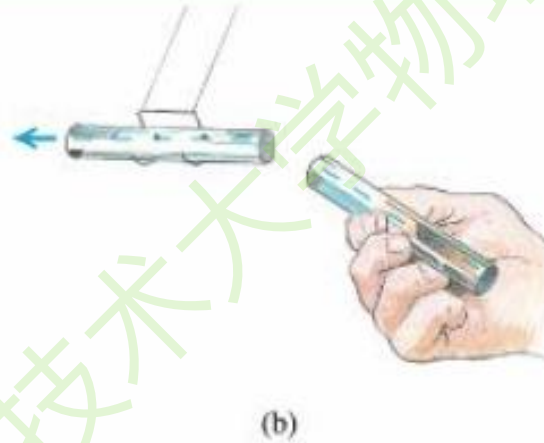
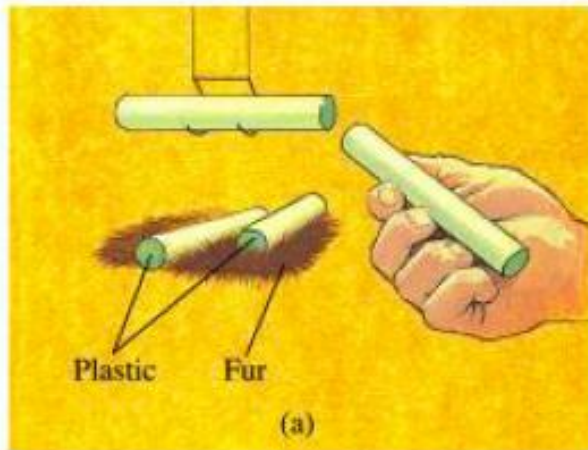
§ 1.5 环路定理

§ 1.1 电力起源

§ 1.1.2 摩擦起电

经摩擦后的物体具有吸引轻小物体的性质，这时物体带了电，有了电荷，该物体称带电体。





实验表明：

- 用毛皮摩擦过的橡胶棒之间相互排斥；
- 用丝绸摩擦过的玻璃棒之间相互排斥；
- 用毛皮摩擦过的橡胶棒与用丝绸摩擦过的玻璃棒之间相互吸引。

1747年，美国科学家富兰克林将：

- 在室温下丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷称为正电荷；
- 毛皮摩擦过的橡胶棒所带的电荷为负电荷。

自然界只有两种电荷：正电荷和负电荷。

摩擦起电是一个很复杂的过程，两种物体摩擦后带何种电荷由许多因素决定：

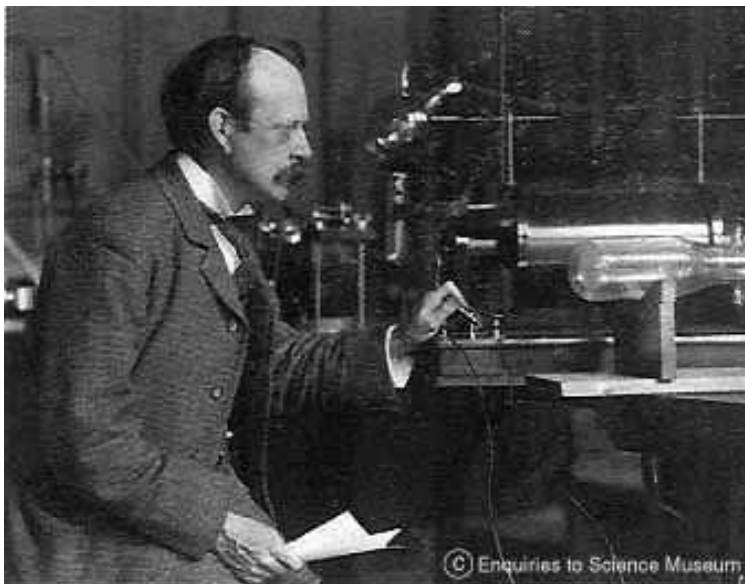
- 表面的杂质层；
- 物体的温度；
- 物体表面的光洁度。

如玻璃棒比较粗糙（ $\mu > 0.18$ ）或温度比较高时，经丝绸摩擦后，不带正电，而带负电。

摩擦起电的本质和机理还不是很统一

§ 1.1.3 物质结构和电荷

电子的发现

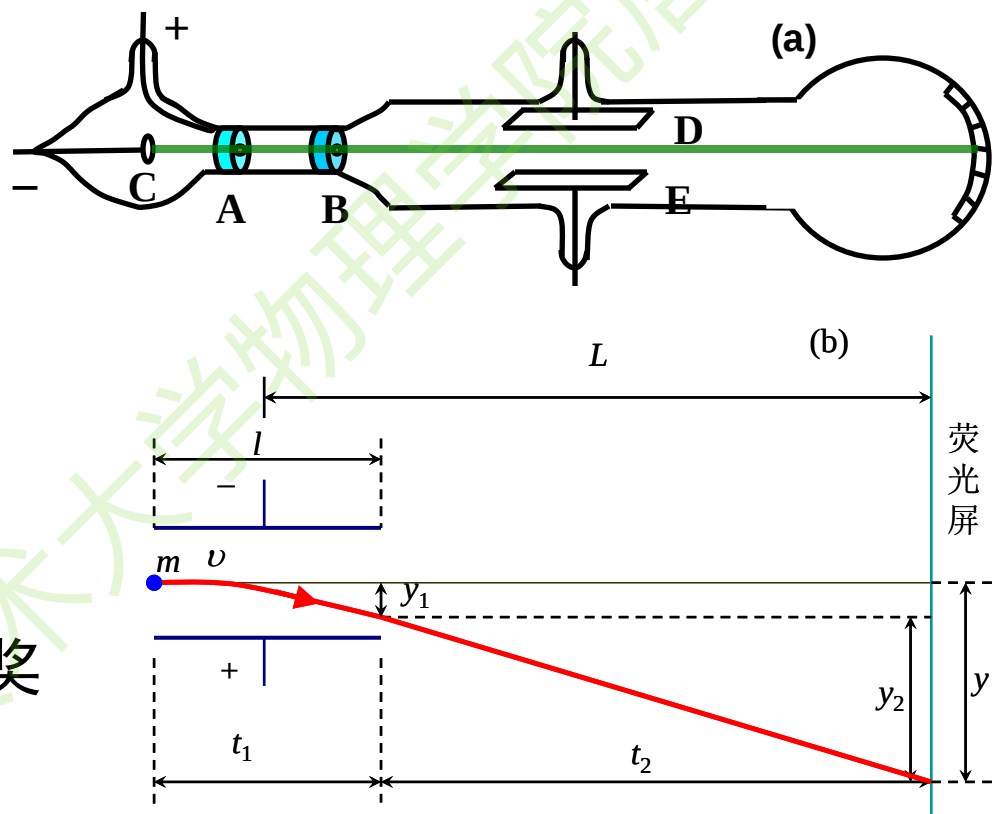


J.J. Thomson (1856-1940)

1897发现电子，1906诺贝尔奖

实验上认定：

- 阴极射线是负电荷粒子；
- 荷质比是氢离子的1000多倍。



$$q/m = 7.6 \times 10^{10} \text{ C/kg}$$

现代值：

$$1.758820174 \times 10^{11} \text{ C/kg}$$

The shortest physics paper ever published

Physical Review 82, 554 (1951)

The Ratio of Proton and Electron Masses

FRIEDRICH LENZ

Düsseldorf, Germany

(Received April 5, 1951)

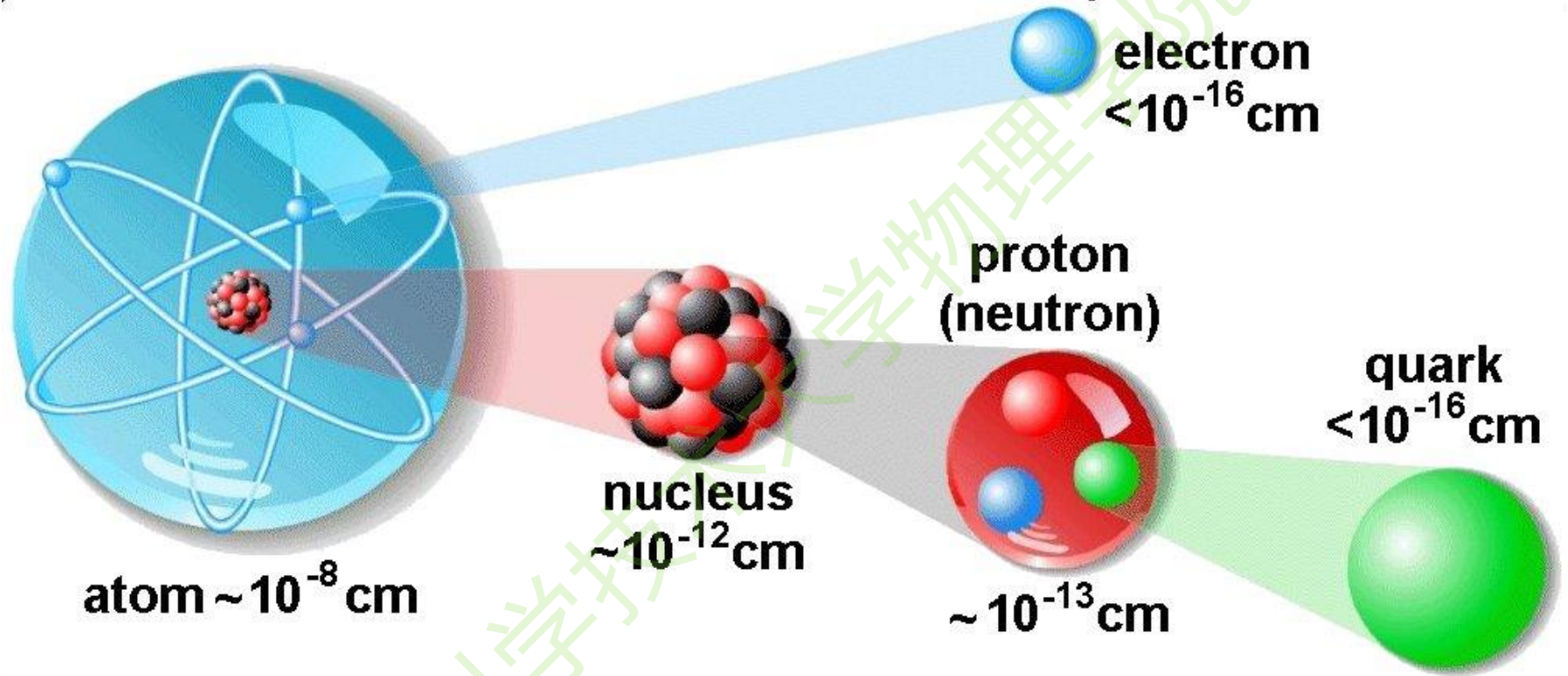
THE most exact value at present¹ for the ratio of proton to electron mass is 1836.12 ± 0.05 . It may be of interest to note that this number coincides with $6\pi^5 = 1836.12$.

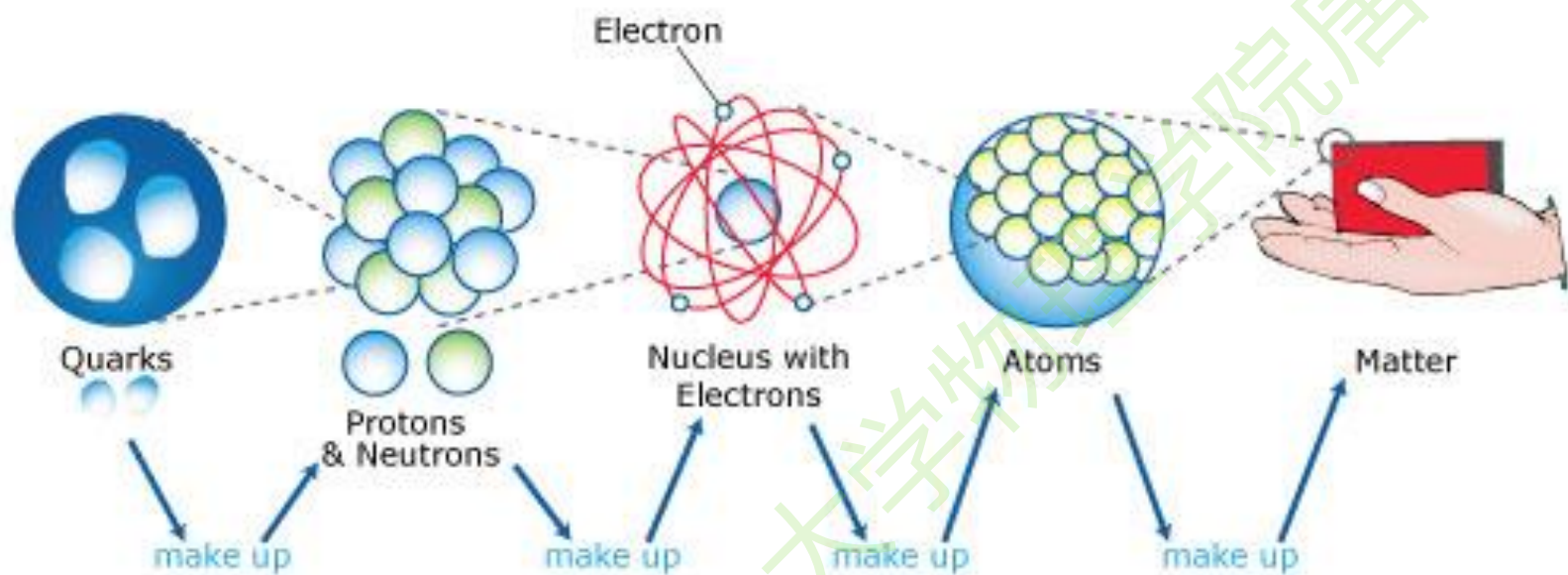
¹ Sommer, Thomas, and Hipple, Phys. Rev. **80**, 487 (1950).

现代值: 1836.152 673 43(11)

$6\pi^5$: 1836.118 108 71

物质的结构





摩擦起电：电子从一个物体转移到另外一个物体。

- 失去电子多的物质带**正电**
- 获得电子多的物质带**负电**

电荷的最小单位

- 1898年，斯托克斯测量电荷的最小单位是：

$$e = 5 \times 10^{-10} \text{ 静电单位}$$

- 1906-1908年，美国密立根用油滴实验，测定电荷的最小单位是：

$$e = 4.06 \times 10^{-10} \text{ 静电单位}$$

- 密立根（R.A.Milliken）因此荣获1923年诺贝尔奖。
- 现代值：**电子的电量（Elementary charge, 元电荷）**

$$e = 1.6021892 (46) \times 10^{-19} \text{ C}$$

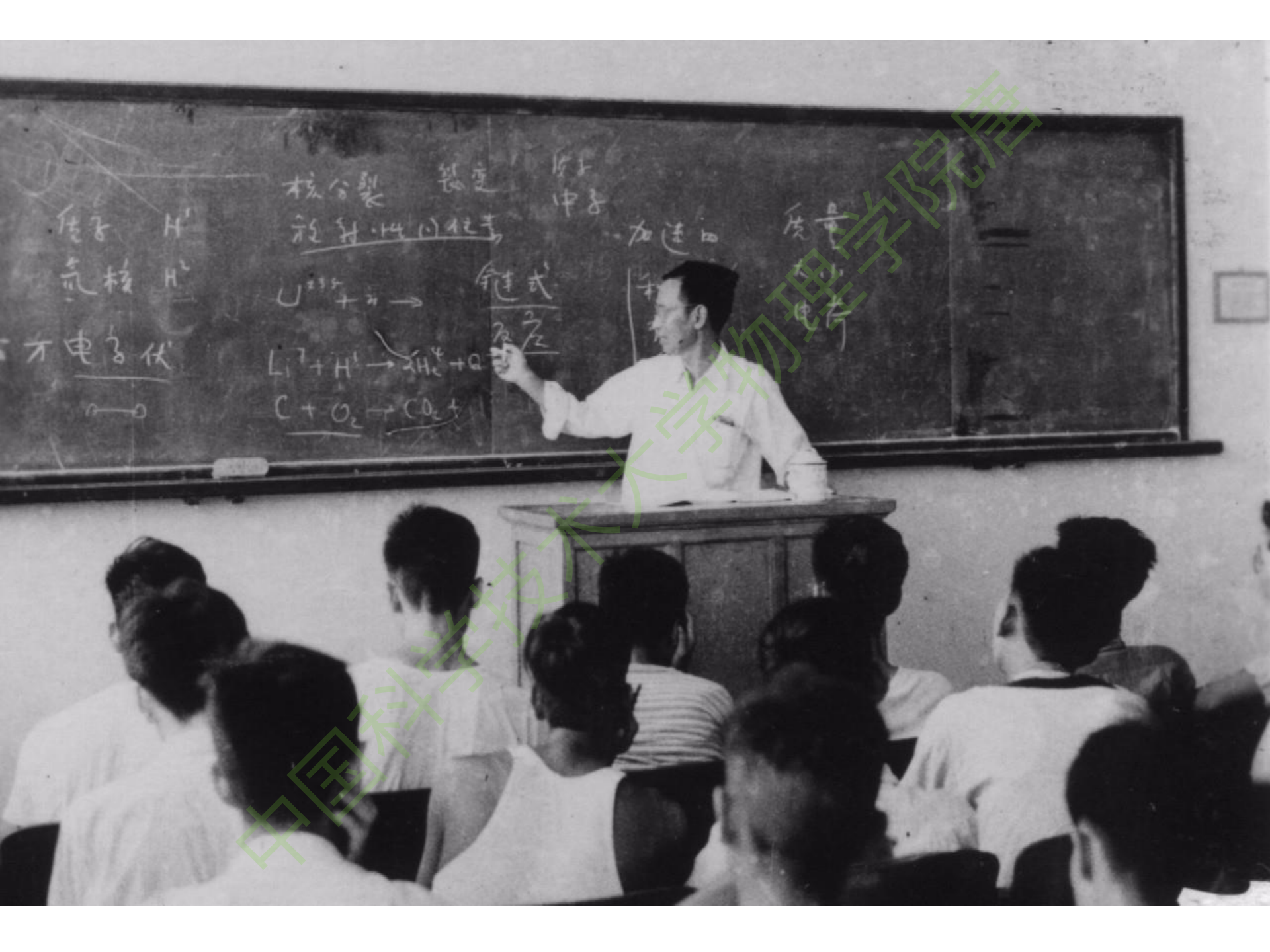
分数电荷

组成核子
的夸克带
分数电荷！

LEPTONS	QUARKS	mass → charge → spin →	$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ $2/3$ $1/2$ u up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ $2/3$ $1/2$ c charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ $2/3$ $1/2$ t top	0 0 1 g gluon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 H Higgs boson
			$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ $-1/3$ $1/2$ d down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ $-1/3$ $1/2$ s strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ $-1/3$ $1/2$ b bottom	0 0 1 γ photon	
			$0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 $1/2$ e electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ -1 $1/2$ μ muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ -1 $1/2$ τ tau	0 0 1 Z Z boson	
			$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 $1/2$ ν_e electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 $1/2$ ν_μ muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 $1/2$ ν_τ tau neutrino	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ ± 1 1 W W boson	GAUGE BOSONS

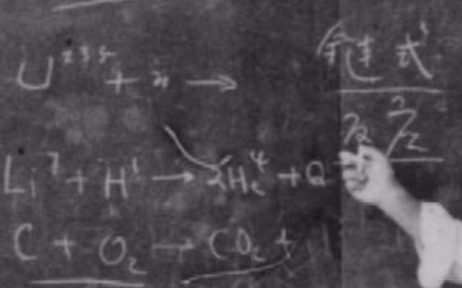
电荷对称性 — 反粒子

- 1931年狄拉克预言反电子 — **正电子**存在。
- 我国物理学家，中国科学技术大学近代物理系首任系主任赵忠尧先生于1929年就在实验中发现硬 γ 射线的反常吸收以及伴随出现的“特殊辐射”，这就是最早观察到的正负电子对**产生**和**湮没**的现象。
- 1932年Anderson发现反电子(e^+)。
- 近代高能物理发现，对于每种基本粒子，必然存在与之对应的、带等量相反电荷的另一种基本粒子—反粒子。例如，我们有电子和正电子、质子和反质子，等等。

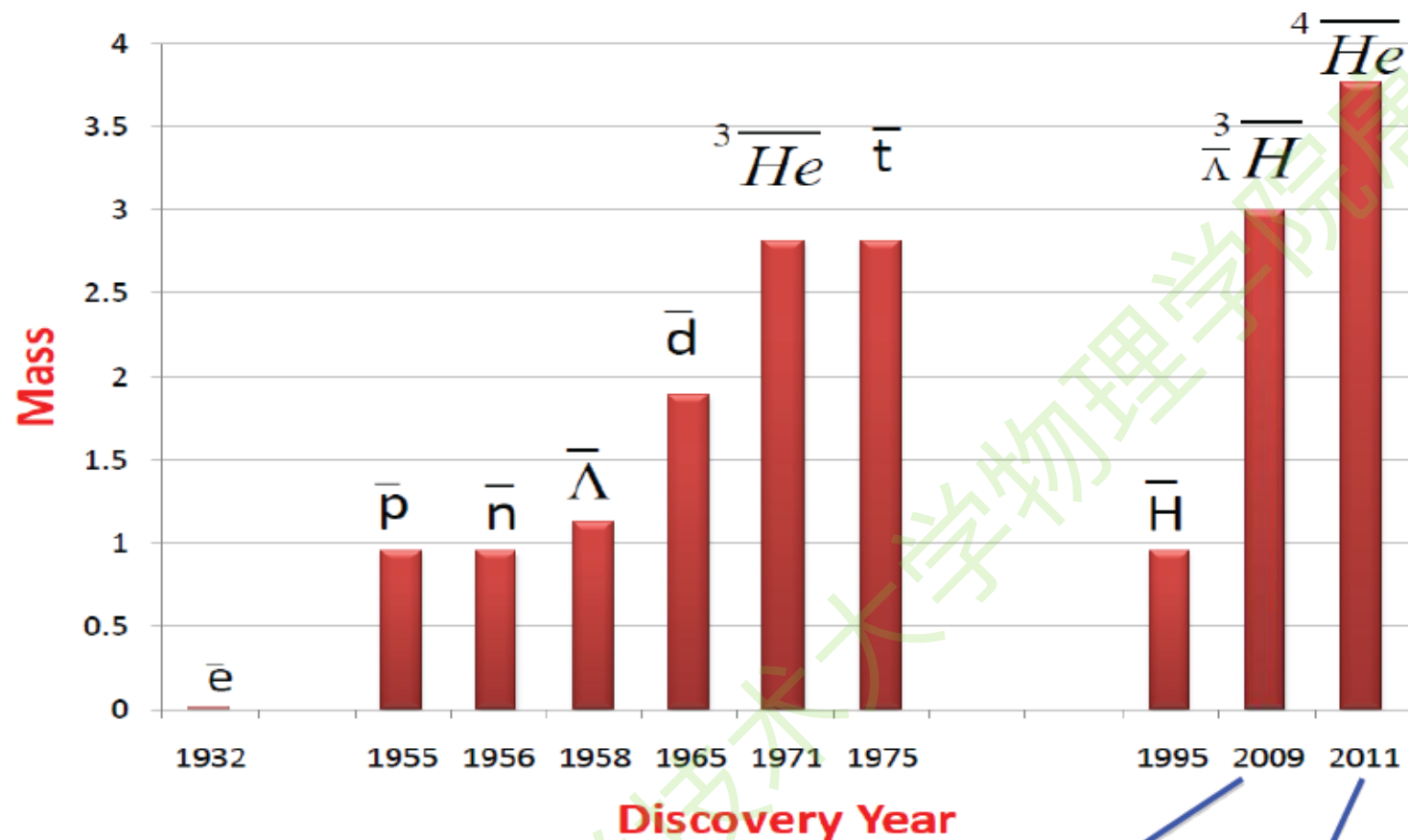


①
电子 H^+
氦核 H^2
万电子伏
 $\alpha \rightarrow$

核分裂 裂变
核聚变 核反应
中子



加速的
质量
电荷



反超核

反氦-4

Science



Observation of an Antimatter Hypernucleus
The STAR Collaboration, *et al.*
Science 328, 58 (2010);
DOI: 10.1126/science.1183980

LETTER **nature**

doi:10.1038/nature10079

Observation of the antimatter helium-4 nucleus

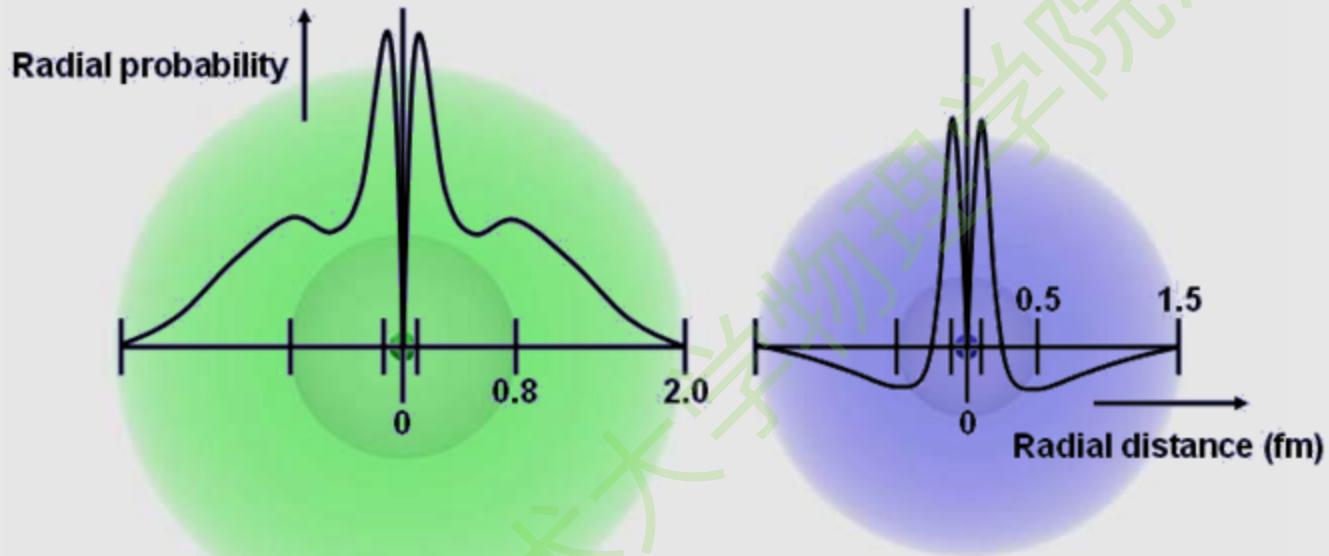
The STAR Collaboration*

62%

点电荷

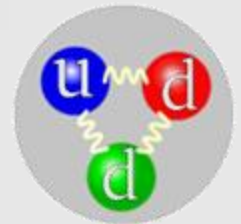
- 实验证实，电子的电荷集中在半径小于 10^{-18} m的小体积内。因此，**电子**被当成是一个无内部结构而有有限质量和电荷的“**点**”。
- 点粒子 → 点电荷 (Point charge)

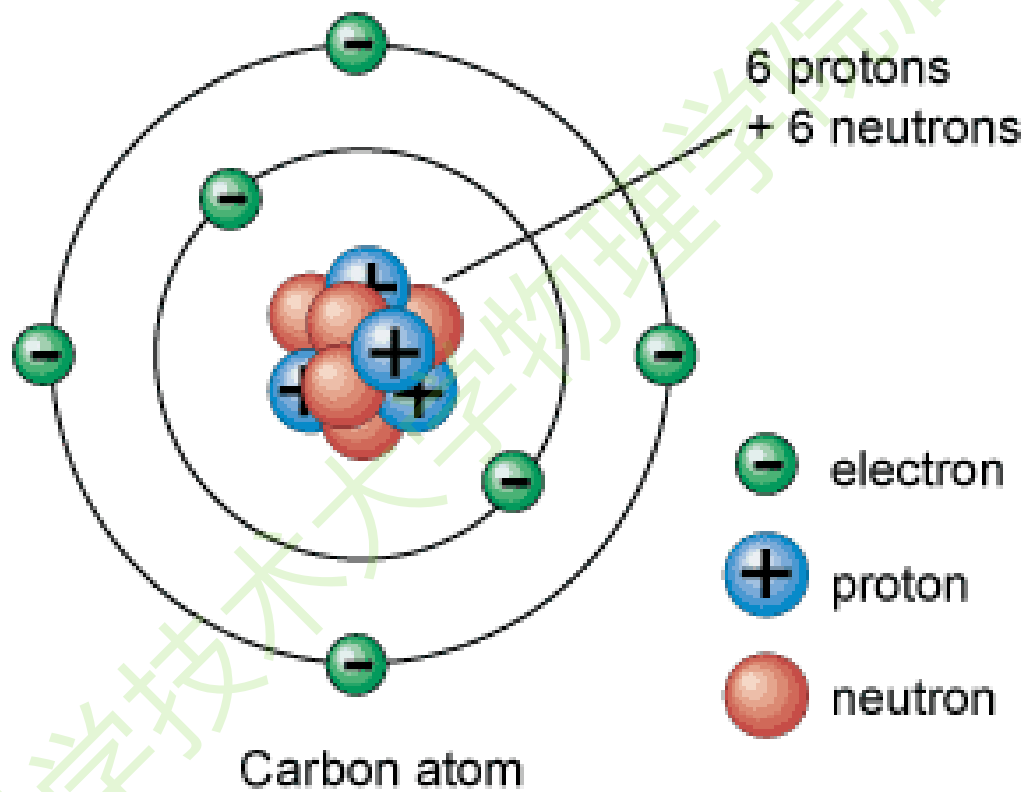
微观粒子 != 点电荷



质子和中子有内部电荷分布。

不能当做“点电荷”？

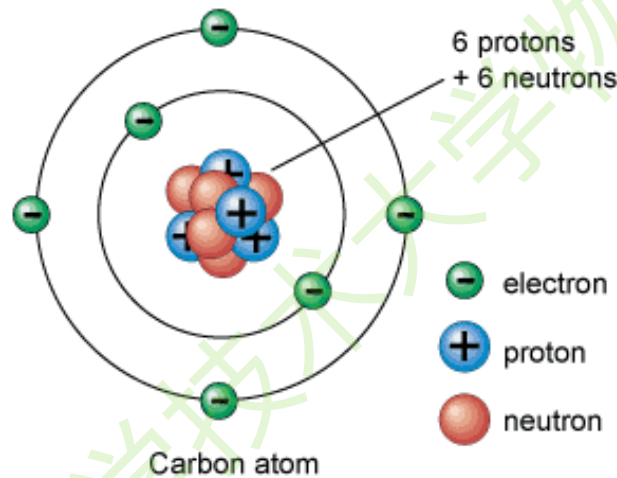




原子更不能当做“点电荷”？

电磁学意义上的“点电荷”

- 当一个带电体本身的线度比所研究的问题中所涉及的距离小很多时，该带电体的形状与电荷在其上的分布状况均无关紧要，该带电体就可看作一个带电的点，叫点电荷。



核子半径: $\sim 10^{-15} \text{ m}$

原子半径: $\sim 10^{-10} \text{ m}$

- 点电荷是个相对的概念。至于带电体的线度比问题所涉及的距离小多少时，它才能被当作点电荷，这要依问题所要求的精度而定。当在宏观意义上谈论电子、质子等带电粒子时，完全可以把它们视为点电荷。

连续分布的电荷

- 电荷的最小单位

$$e = 1.6021892(46) \times 10^{-19} \text{ C}$$

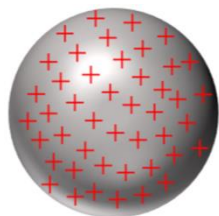
- 1库仑电量包含的电荷： 6.24×10^{18}
- 1库仑电量分布在1立方米体积中时，电荷的平均间距约为： $2 \times 10^{-7} \text{ m}$
- 一般情况下，可以忽略电荷的量子性，将电荷分布当做连续分布的

连续分布的电荷的描述

连续分布的电荷可以用**电荷密度**来描述

可以是均匀的，也可以是不均匀的

• 体电荷：



$$\rho = \frac{\Delta q}{\Delta V}$$

$$dq = \rho dV$$

“电荷元”

• 面电荷：



$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S}$$

$$dq = \sigma dS$$

• 线电荷：



$$\lambda = \frac{\Delta q}{\Delta l}$$

$$dq = \lambda dl$$