



第1节 标准模型

本节简单介绍电动力学在物理学中的位置.

一. 标准宇宙学模型

1. 微波背景辐射

宇宙均匀地充斥着微波背景辐射——混沌初开时留下的电磁波

光子气温度： 2.72548 ± 0.00057 K（相对涨落仅 10^{-5} ）

波长峰值：1.063mm；频率峰值：160.23 GHz

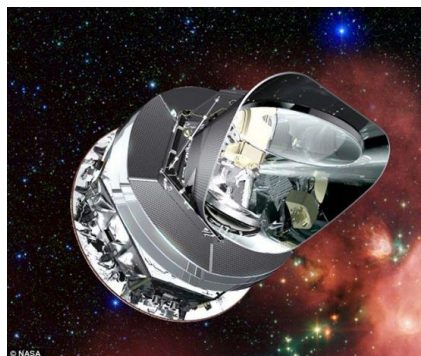


图1. 普朗克望远镜

[Space in Images - 2013 - 03](#)
[Planck](#)

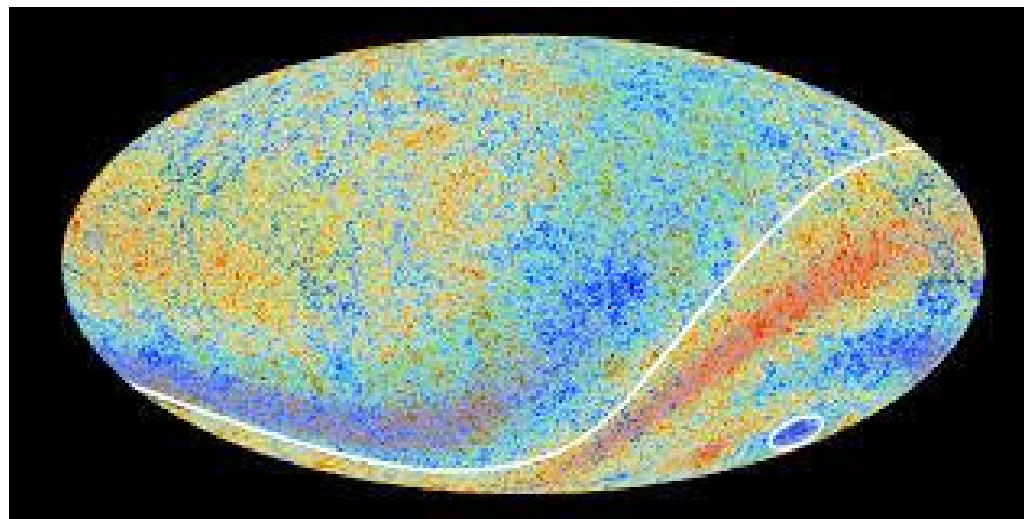


图2. 宇宙微波背景辐射的温度涨落图
（图片引自：www.esa.int/planck）

2. 物质组成

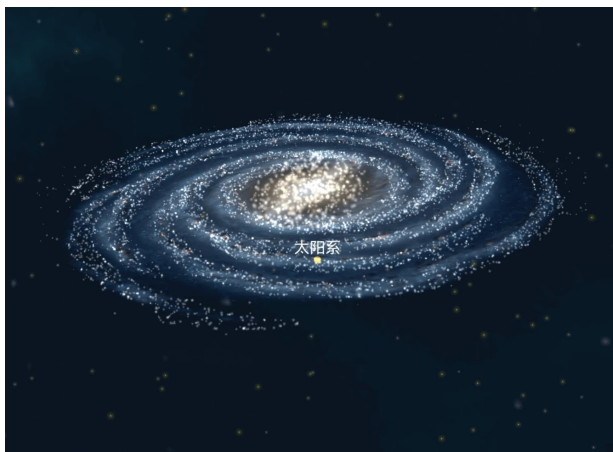


图3.

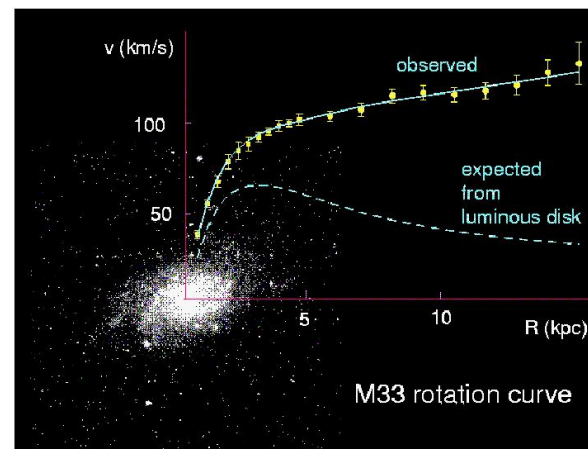
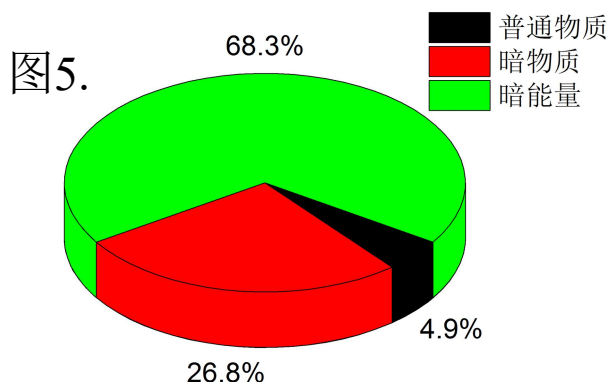


图4.

星系旋转曲线偏离基于普通物质分布和开普勒公式的预言
(图片摘自百度网页)



暗物质：不参与电磁相互作用和强相互作用
暗能量：给出宇宙加速膨胀的一种可能模型



3. 恒星能源

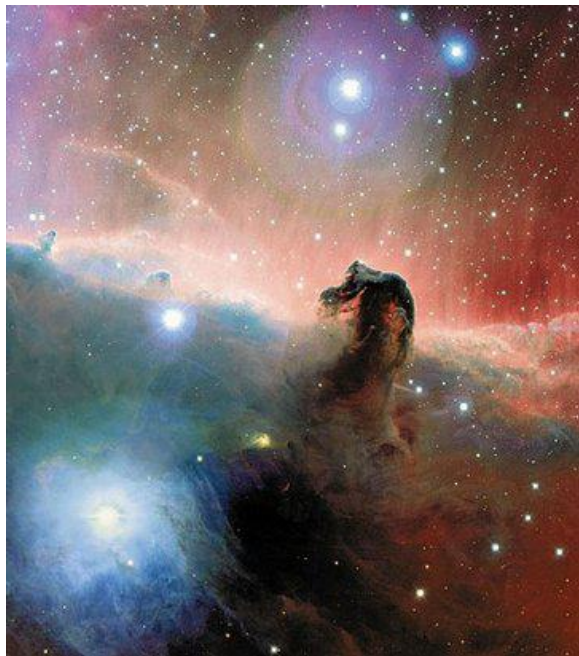


图6. 猎户座马头星云中形成中的原恒星
(哈伯望远镜)



图7. 太阳
 $E = mc^2$



4. 宇宙学原理

1. 宇宙物质均匀分布、各向同性
2. 时空几何和物质相互影响，服从广义相对论

二. 基本粒子标准模型

1. 基本粒子

基本粒子=相对论量子场.

三代物质场

夸克	QUARKS	I	II	III	SCALAR BOSONS	标量玻色子
		mass charge spin	$\approx 2.4 \text{ MeV}/c^2$ 2/3 1/2	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2		
		u up	c charm	t top		
		d down	s strange	b bottom		
		e electron	μ muon	τ tau		
		ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino		
轻子	LEPTONS	mass charge spin	$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2	GAUGE BOSONS	规范玻色子
		g gluon	γ photon	Z Z boson		
		H Higgs	W W boson			

表 I. 基本粒子表

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4286964>, 637353, 637381

2. 地球上常见粒子

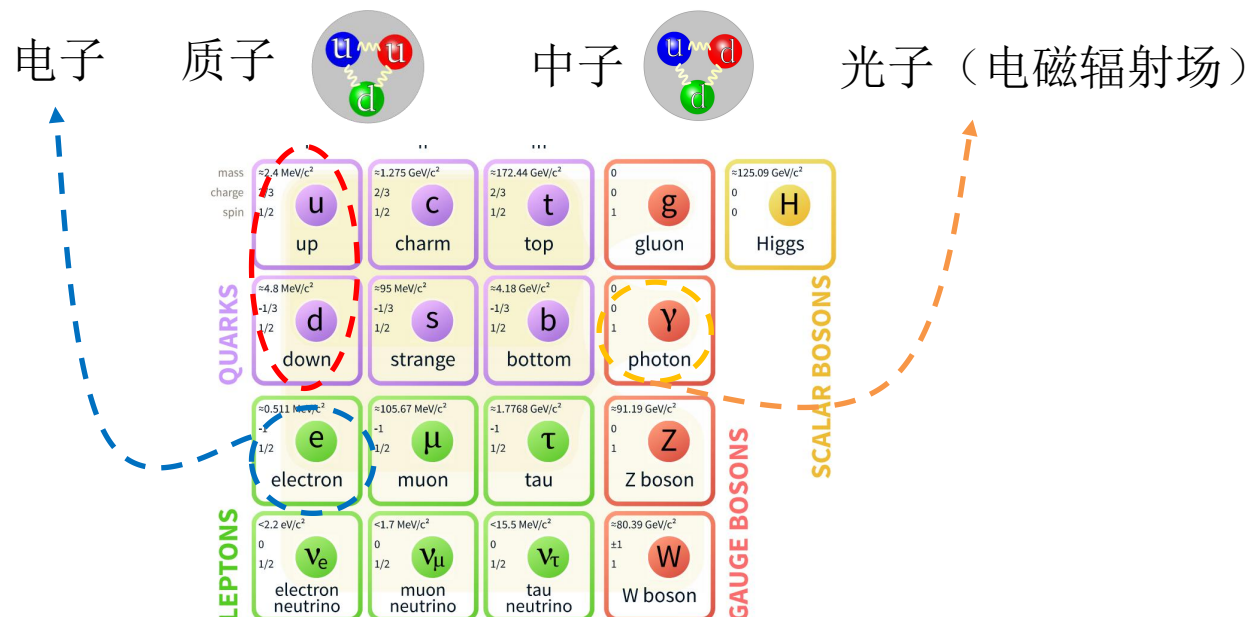


图9.光子、电子、质子、中子(中微子也很多,但看不见)

表II. 带电粒子性质 ($e = 1.6027165 \times 10^{-19}$ 库仑; $eV = 1.6027165 \times 10^{-19}$ 焦耳)

	电子	质子	中子
电荷	$-e$	$+1e$	0
	$= -1.6 \times 10^{-19} \text{C}$	$= 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$	
质量	$0.5110 \text{MeV}/c^2$	$938.3 \text{MeV}/c^2$	$939.6 \text{MeV}/c^2$
	$= 9.109 \times 10^{-31} \text{kg}$	$= 1.673 \times 10^{-27} \text{kg}$	$= 1.675 \times 10^{-27} \text{kg}$
磁矩	$-1.00 \mu_B$	$1.52 \times 10^{-3} \mu_B$	$-1.04 \times 10^{-3} \mu_B$
	$= -9.27 \times 10^{-24} \text{JT}^{-1}$	$= 1.41 \times 10^{-26} \text{JT}^{-1}$	$= -0.966 \times 10^{-26} \text{JT}^{-1}$

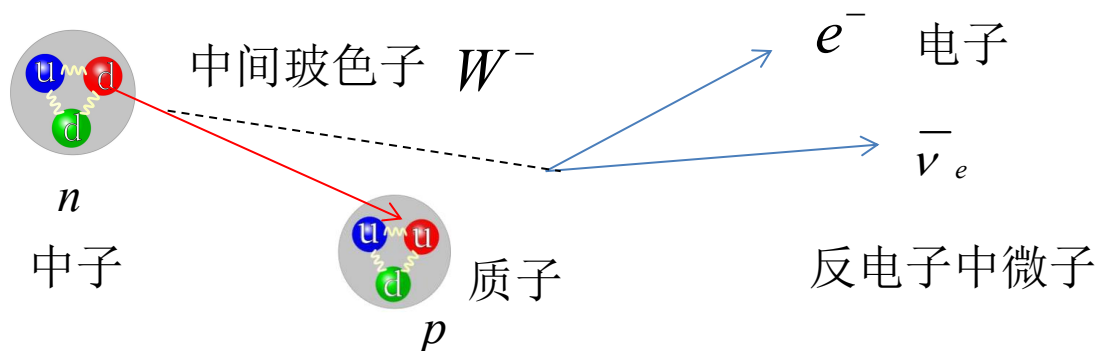
3. 基本相互作用

表III. 四种基本相互作用

	强作用	弱电作用		引力作用
		弱作用	电磁作用	
参与物质	夸克、胶子	轻子、夸克、 中间玻色子 +希格斯	带电粒子、 电磁场	任何物质
媒介场	胶子 (短程力)	中间玻色子 (短程力)	光子 (长程力)	引力子? (长程力)

- 强作用：把中子、质子中的夸克束缚在一起
- 弱作用：导致中子衰变（电荷守恒、能量守恒）

图8. 中子衰变



4. 电力/引力

- 电离氢原子需要作功： $13.6\text{eV}=2.18\times 10^{-18}\text{J}$

引力势能： $1.3\times 10^{-38}\text{eV}=2.1\times 10^{-57}\text{J}$

氢原子

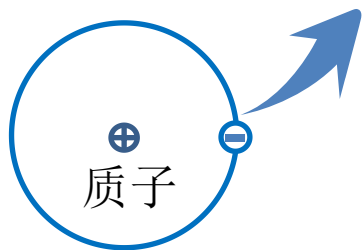


图9.

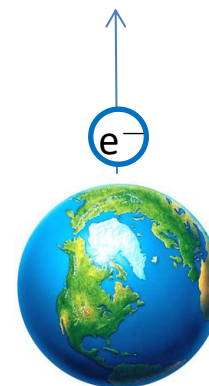


图10.

把一个电子从地球表面拿到太空需克服
引力势能作功： $0.00035\text{eV}=5.6\times 10^{-24}\text{J}$

可见，电力比引力强很多



三. 作业

1. 计算处于氢原子基态的电子由于原子核的重力作用所具有的势能（取电子离开原子核无穷远处的势能为零.
2. 计算将一个电子从地球表面移到无穷远处需要对电子作的最小的功.



小 结

- 电磁相互作用是发生在电荷之间的长程相互作用
- 质子、中子、电子分别带电荷 $+e$, 0 , $-e$
- 光子传递电磁相互作用
- $E=mc^2$

(第1课 完)