

物理世界的空间尺度和时间尺度

熊家炯

你知道现代科学所知的物理世界在空间和时间尺度上有多大吗？请看图1、图2中关于一些典型物理现象的空间尺度和时间尺度的图示。

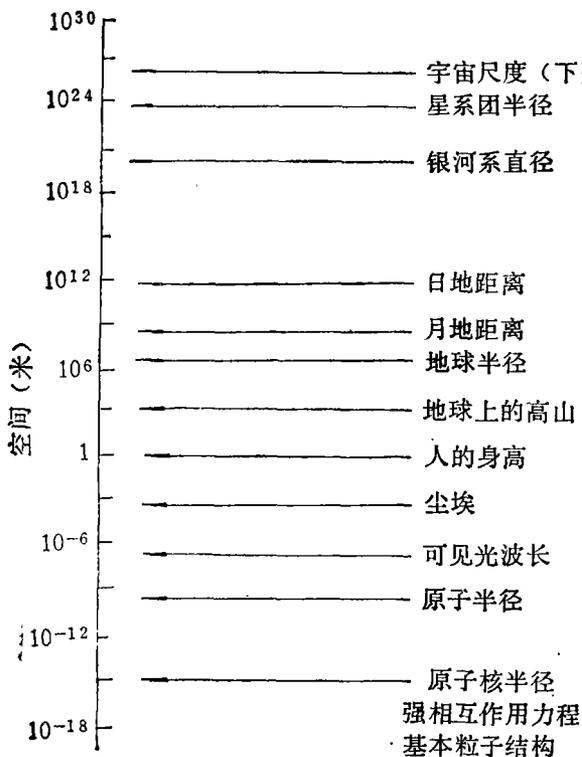


图1 一些典型物理现象的空间尺度

现代天文探测表明，宇宙至少延展了 10^{10} 光年，即 10^{26} 米，这说的是宇宙之大的下限。古人云：一尺之捶，日取其半，万世不竭。说的是物质世界往小的方向可以一直分下去。现代实验所涉及的基本粒子“内部”空间约为 10^{-17} 米。所以，从空间范围看，从 10^{26} 米到 10^{-17} 米，相差43个数量级！

从时间范围看，我们所知的这一部分宇宙的寿命约为100亿年，即 10^{11} 秒，而粒子物理实验表明，一类

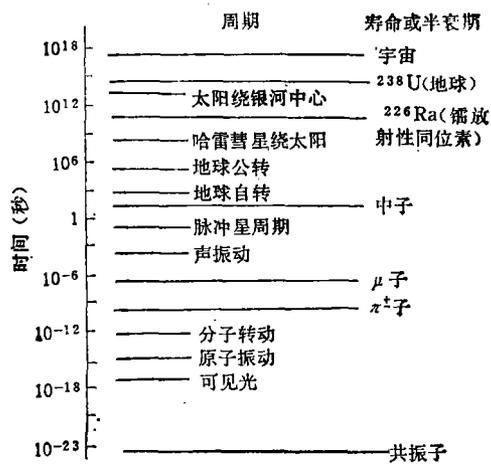


图2 一些典型物理现象的时间尺度

基本粒子的寿命约为 10^{-23} 秒，两者相差40个数量级！

既然物理世界在时空尺度上跨越了这么大的范围，我们对它的描述，也不免要把它划分为许多层次，每个层次里，物质的结构和运动规律将表现出不同特色。怎么划分层次？从大的方面说，首先可把物理现象区分为低速和高速，宏观和微观等类。

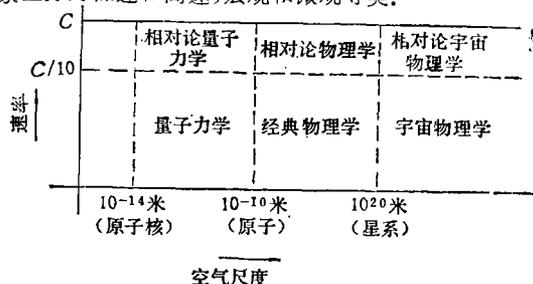


图3 物理现象按空间尺度与速率大小区分示意

以光在真空中的速度 $c = 2.998 \times 10^8$ 米/秒为判据，速度 v 极为接近光速的物理现象，称为高速现象，反之为低速现象，即

核乳胶与核层次粒子研究

艾 若

欧洲原子核研究中心的 SPS 加速器成功地加速氧核和硫核,达 200 AGeV/c,并且组织了 EMU-01 至 EMU-08 等 8 个合作实验组,集中了数百名物理工作者,主要使用核乳胶寻找夸克胶子物质.这古老的探测器怎么会得到当今高能实验物理界的青睐的呢?

我们先从核乳胶说起.众所周知发现天然放射性的故事:1896 年初,A. H. Becquerel 在铀盐下夹着钥匙的避光包装的照相底片中,获得意外的钥匙负像.当时推断,这是因铀盐放出来的未知辐射所致.核辐射效应的这一偶然发现,开拓了核研究的纪元.

随着 α 、 β 、 γ 射线性质之陆续被揭示,以及 Rutherford 的 α 散射实验证实原子核带正电之后,物理工作者开始设计观测单个核粒子的手段:1912 年第一种视觉探测器——云雾室建成.1911 年 Reinganum 首次在照相乳胶中辨认单个 α 粒子径迹.1914 年 Waitsley 和 Makower 首次成功地在英国 Ilford 公司商品乳胶片中拍摄单个 α 粒子径迹的微观影像.1927 年 Мысовский 等用特制的乳胶记录了 α 粒子径迹.1932 年 Blau 等用一种染料增感的乳胶记录了人

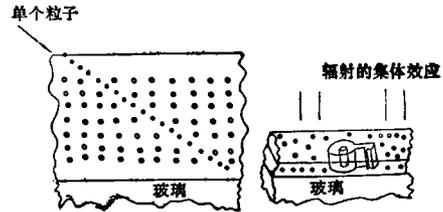


图 1 核乳胶记录单个粒子的径迹
普通照相乳胶记录由辐射集体效应产生的负像

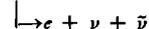
工加速的质子径迹.从此,记录单个核粒子径迹的核研究乳胶在普通照相乳胶的基础上逐步地发展完善了.

核乳胶与普通照相乳胶都是卤化银在明胶中的悬浮体;都是在接收能量量子(核辐射或光辐射)时,卤化银被还原成银原子集团“潜影”,经显影扩大银斑,又经定影溶去未被还原的卤化银,最后在明胶“微观蜂巢状载体”中嵌着由银颗粒组成负像的.但是核乳胶卤化银含量高;卤化银颗粒小;制成的感光胶膜,前者厚得多.如图 1 所示,核乳胶记录单个带电粒子是沿粒子路径留下由银颗粒构成的串串径迹;而普通照相乳胶只记录由能量量子集体效应产生的负像,不记录单个粒子的径迹.

一、核乳胶应用于核研究在历史上的成就

H. A. Перфилов 等在 1939 年用核乳胶观测大量 α 粒子本底下的铀裂片.我国科学家钱三强与何泽慧于 1946 年用核乳胶发现铀三分裂事例.

1946 年 Conversi 等用石蜡慢化体实验证明,Anderson 等在 1938 年宣称发现的“介子”(后来确认为 μ 子)不是汤川理论预言的核力场粒子.当时,英国 Bristol 大学的 C. F. Powell 改进了核乳胶技术:增大卤化银含量,提高其记录带电粒子的灵敏阈,并减小原乳胶膜由显影过程遗留的畸变效应.为寻找名副其实的核力场粒子,C. F. Powell 和 G. P. S. Occhialini 带领两位青年 C. M. G. Lattes 和 H. Muirhead 在法国比利牛斯山米迪峰上放置当时算是最灵敏的 Ilford C2 核乳胶,乳胶片面积不过邮票大小:1cm × 2cm,幸运地记录到宇宙线中的 $\pi \rightarrow \mu + \nu$



两个事例. π 介子与 μ 子的质量相差很少, μ 子的动

$$\left(\frac{v}{c}\right)^2 \sim 1 \quad \text{高速物理现象,或相对论性运动}$$

$$\left(\frac{v}{c}\right)^2 \ll 1 \quad \text{低速物理现象,或非相对论性运动}$$

蜗牛爬行及现有火箭飞行,属于低速现象;高能加速器中质子运动速度 $v \sim 0.99c$,它属于高速现象.

一个物理现象发生的线度范围 r 和它的动量 mv 的乘积,即 mvr ,约为普朗克常数 \hbar 的数量级时,称为微观现象,反之则为宏观现象,即

$$mvr \gg \hbar \quad \text{宏观物理现象}$$

$$mvr \sim \hbar \quad \text{微观物理现象}$$

这里普朗克常数 $\hbar = 1.054 \times 10^{-31}$ 千克·米²/秒.电子在氢原子中运动属于微观现象,一颗尘埃在空气中漂浮,电子在真空中运动属宏观现象.

人类对物理世界的认识,是首先从低速宏观现象开始的,后来逐渐进入高速现象和微观现象.如果把物理现象按空间尺度和速率大小划分为若干区域,则有如图 3 那样的示意图.

我们在图 3 中不同区域里,定性地标出了相应的物理学分支的名称.这不过是从一个角度反映物理这一科学之宫的轮廓而已.