

标准模型用于宇宙，人们也看到这种模型需要扩充，以包含更多的性质。例如中微子应当有质量，玻色子与费米子应有超对称等。宇宙学的重子产生问题不能用已经成熟的粒子物理理论解决，可见，弄清正反物质不对称的实际起因还需要一段时间。物理学是宇宙学研究所依赖的基础，反过来，宇宙学也为粒子物理的发展提供有益的启示，宇宙学问题必须与超高能物理理论研究同步发展才有望解决正反物质问题。

### 三、反物质的应用价值

虽然目前发现和制造的反物质粒子并不多，但反物质的一种形式——正电子已经有了许多实际用途。例如正电子发射 X 射线层析照相术 (PET)，医生利用 PET 扫描不仅能得出病人软组织的详细图像，而且能够观察他们体内的化学过程，其中包括在进行认识活动时大脑各部分消耗“燃料”的速度等。反物质的另一个潜在的且十分诱人的用途是用来做新能源和制造星际航行火箭所需的超级燃料。将氢和反氢混合湮灭来获得能量，那么这种燃料的 1% 克所产生的推力就相当于 120

吨由液态氢和液态氧组成的传统燃料。1996 年美国的火星全球观察飞船花了 11 个月才飞到了火星。即使按照最佳的飞行方案，飞向火星也要超过 6 个月。而在此期间，宇航员在失重状态下造成的骨质流失和肌肉萎缩，将严重影响他们的健康。因此宇宙飞船的速度对未来的宇宙航行是至关重要的事情。正在美国航空航天局的资助下研究反物质发动机的史蒂夫·豪博士说，这种反物质宇宙飞船即使是飞向遥远的冥王星也不过是小菜一碟。这个最远的行星离地球的距离是地球到太阳距离的 40 倍。但是这还不到豪博士理想星际旅行距离的一半。一个天文单位是 9300 万英里，这是地球到太阳的距离。奥尔特彗星云离地球的距离大约是 250 个天文单位。人类目前最快的飞得最远的飞船——美国的先锋 10 号和旅行者 1 号和 2 号飞船，飞到这个目的地也要几十年。在发射 25 年后，旅行者 1 号只飞到 77 个天文单位处。要使飞船在合理的时间里飞到太阳系真正的边缘，或飞到太阳系外面，我们现在寄希望于反物质。

(山东省泰安市泰山学院物理系 271021)

## 何谓纠缠态

许梅 编写

目前，关于纠缠态 (Entanglement) 的文章在国外一些科技期刊上屡屡出现，例如 2004 年的《物理评论通讯》(Physical Review Letters) 几乎每期都登载有关“纠缠态”的学术论文。本刊 2004 年第 2 期所载方玉田同志的文章《谈谈纠缠态》学术性较强，现拟向读者简介“何谓纠缠态” (下面提到的“态叠加原理”参见方文，不作解释了)。

将态叠加原理施加于包含有两个或两个以上亚系统的复合系统所产生的状态叫做纠缠态，这里所说的亚系统是一个粒子。当我们说两个粒子是纠缠着的，这意味着什么呢？假设粒子 1 能处于互相矛盾的两个状态 A 或 C 之一，例如 A、C 表示的是两个不同的位置；另一方面，设粒子 2 可处于两互相矛盾的状态 B 或 D 之一，B、D 也表示两个不同的位置。状态 AB 被称为乘积态，当整个系统处于 AB 态时，粒子 1 处于 A 态，粒子 2 处于 B 态。同样，当整个系统处于 CD 态时意味着粒子 1 处于 C 态，粒子 2 处于 D 态。

现在考虑状态  $AB + CD$ 。这是将态叠加原理施加于整个、两粒子系统所得状态。态叠加原理使系统处于这种诸状态的结合，而对于整个系统来说，状态  $AB + CD$  称为纠缠态。乘积态  $AB$  ( $CD$  同样) 描述粒子 1 和 2 的明确的性质，例如粒子 1 位于 A 处，粒子 2 位于 B 处。纠缠态，由于它构成了一个态叠加，则不同了。对于有关联的两个粒子 1 和 2，在若进行测量的意义上，纠缠态只能说出有关问题的可能性，例如，若粒子 1 被发现处于 A 态则粒子 2 必定处于 B 态；同样，若粒子 1 被发现处于 C 态则粒子 2 必定处于 D 态。概言之，当粒子 1 和 2 纠缠着时，是无法用不涉及一个粒子的办法来赋予另一粒子的特性的。并不奇怪：虽然当两个粒子在乘积态  $AB$  或  $CD$  时我们能够单独谈论每个粒子，但它们处于叠加态  $AB + CD$  时则没有这个可能，是两个乘积态的叠加产生了纠缠。

(北京市海淀区中关村 825 楼 104 室 100080)