



生物膜的液晶理论

程民治

(巢湖师专物理系 安徽 238000)

当代生物学的研究表明:没有液晶就没有生命.细胞膜就是液晶态,神经冲动的传导,脂肪的消化等生命现象都与液晶有关.这就使得物理学上广为应用的液晶,同细胞生物学家所研究的生物膜,发生了千丝万缕的联系.现简要分述如下:

一、液晶及其类别

早在 1888 年,莱尼茨尔就发现了液晶,它是一种有机化合物.在一定温度范围内,液晶既具有液体的流动性、粘度、形变等机械性质,又具有晶体的热(热效应)、光(光学各向异性)、电(电光效应)、磁(磁光效应)等物理性质.因此,长期以来,液晶一直被作为物理学家和化学家所研究的对象.德国物理学家莱曼首当其冲,是他第一个把具有上述机械性质和物理性质的有机化合物(如胆甾醇苯甲酯等)晶体,命名为“液态晶体”,简称液晶.现已知道的液晶化合物有几千种,但根据其分子的排列方式,液晶结构主要有丝状液晶、层状液晶和螺旋状液晶三种类型.

1. 丝状液晶又称向列相液晶或线型液晶.

尔-吉勒·德燃纳的诺贝尔物理奖).

如果让超流体以超过临界值的速率旋转起来,就会出现微观涡旋.这种也可从超流体氦-4 中得知的现象却在氦-3 中引起了深入的研究,这是因为超流体氦-3 的涡旋可能呈现更复杂的形式.芬兰的研究者开发了一种技术,能在与绝对零度仅相差千分之一度的温度下用光学纤维来直接观察涡旋是如何影响旋转着的氦-3 表面的.

氦-3 中超流性的一个迷人的应用

氦-3 中的超流体相变最近被两个实验研

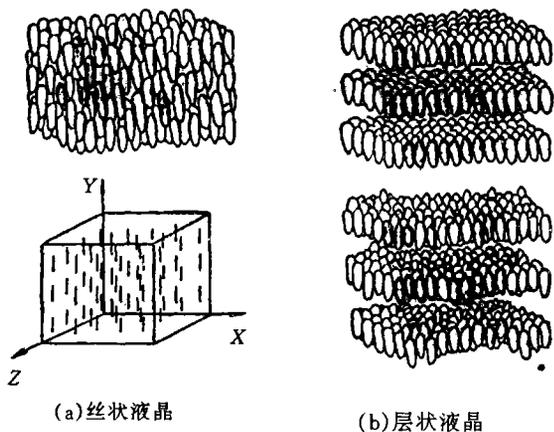
这种液晶中的分子呈棒状,它们是交错排列的,犹如一把筷子.分子长轴互相平行,但并不成层,其分子除了可以转动和前后左右滑动外,还可以上下滑动,如图 1(a)所示.

2. 层状液晶又称近晶相液晶.它的分子也呈棒状,分层迭合,每层分子长轴互相平行,且与层面垂直,各层之间的距离可以变动,但各层之中的分子只能在本层中活动(如自由转动、前后左右滑动),如图 1(b)所示.

3. 螺旋状液晶又称胆甾相液晶.其内分子也为层状排列,逐层迭合,每层中分子长轴互相平行,且与层面平行;相邻两层间分子长轴逐层依次沿一定方向有一个微小的扭角(约 $15'$),因此各层分子长轴的排列方向就逐渐扭转成螺丝纹.在这种液晶中,主要构型参数就是螺距 p ,它是分子长轴排列方向依螺丝纹扭转 360° 时最外两端的两层分子间的距离,如图 1(c)所示.

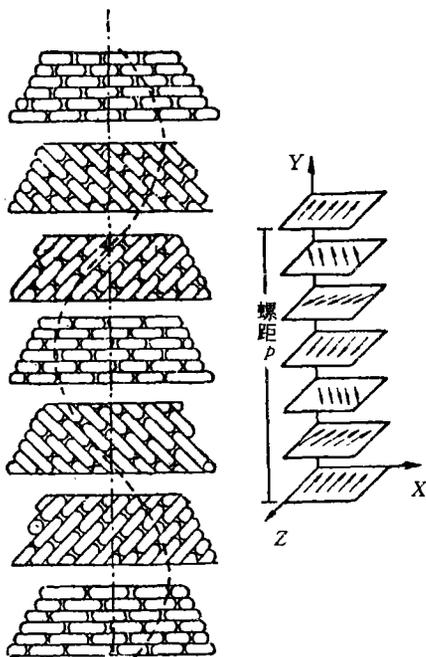
如上所述的液晶称为热致液晶.科学家还发现,在一些物质中添加溶剂使之变成溶液时,也会呈现出液晶态,因此,称之为溶致液晶.研

究小组用来检验一种所谓宇宙弦在宇宙中如何形成的理论.这些巨大的假想物体被认为对银河系的形成可能有十分重要的作用,认为它可以作为大爆炸以后若干分之一秒时间内发生的快速相变的结果而出现.这些研究组采用中微子诱发核反应的方法局部迅速加热他们的超流体氦-3 样品,当样品再被冷却时,就形成了许多涡旋球,这些涡旋就被认为与宇宙弦相对应.当然,这一结果决不能作为宇宙中存在宇宙弦的证据,却说明了所检验的宇宙弦理论似乎适用于超流体氦-3 中涡旋的形成.



(a) 丝状液晶

(b) 层状液晶



(c) 螺旋状液晶

图 1 液晶分子的排列方式

究表明,生物体中所含的蛋白质、类脂、核酸、碳水化合物等成分,在液体中达到一定浓度时,就会处于液晶态。溶致液晶同热致液晶一样,其间分子所排列的形态各异的结构,会随着溶剂的成分和温度的不同而变化。

二、生物膜的液晶理论的创立与应用

现已知道,生命活动中各种生化反应几乎都在其间进行的细胞,它是由一层膜将细胞液和各种细胞器均包在其中的活组织结构,并且细胞器本身也有自己的膜(如核膜、内质网膜

等)。这不仅标志着细胞是生物体的基本结构和功能单位,而且研究还表明与生命过程息息相关的物质代谢、能量变化、信息等重要过程,都是通过这些膜来进行的。因此,探索和研究生物膜的结构、功能,以及更为本质的对膜上生物化学过程的解释,一直是本世纪甚至是 21 世纪生命科学前沿的热点课题。

生物膜是极为复杂而精细的,这也是各类细胞拥有千姿百态的形状的根本原因。对于这个多年来屡攻不克的问题,一些研究者试图从液晶生化及物理效应出发,建立与细胞的联系,以期望最终解释生物膜的行为功能。其中液晶物理学家海尔弗里赫给这一问题的解决带来了希望之光。针对人的红血球细胞在正常条件下呈双凹碟状,但当其老化或受伤时却呈现出奇异复杂的棘皮状,他就把红血球的形状问题同细胞的液晶本质问题联系起来,并提出了系统的理论方法。

细胞膜的主要成分是磷脂、蛋白质、胆固醇和水。磷脂是一种象小蝌蚪样的双亲分子,即其分子是由两部分组成:一是具强亲水性的头部(即亲水基团);另一是碳氢原子构成的油性尾部,具强疏水性(即厌水基团)。如将这种双亲分子的聚集体与水混合时,它们会形成亲水头向水,厌水尾避水的双层膜。磷脂的水溶液是一种溶致液晶,因而细胞膜的分子排列也就显示出溶致液晶的层状结构。如生物体中广泛存在的 DOPC 磷脂类分子,加以足量的水,堆积片层会愈合成单一的片层小囊——一个原始细胞(见图 2)。近年来,鲁兹梯等率先发现,不同生物双亲物质溶于水,可形成更为复杂的液晶结构,如立方相。立方相中,脂双层复杂结合,从拓扑学上说,其外表形成一个单一的表面。一种立方结构,很像一束管道相联,通常称为“联管梦魇”;另一种则是“双钻石相”。这两种结构都有两个连续的但完全分离的水通道,由脂双分子层弯曲分隔而成[图 3, (a)、(b)]。

目前,人们普遍接受的生物膜结构模型是“流体镶嵌模型”。按照这一模型,膜的蛋白质分子镶嵌在类脂双层膜的表面或贯穿其中,在

