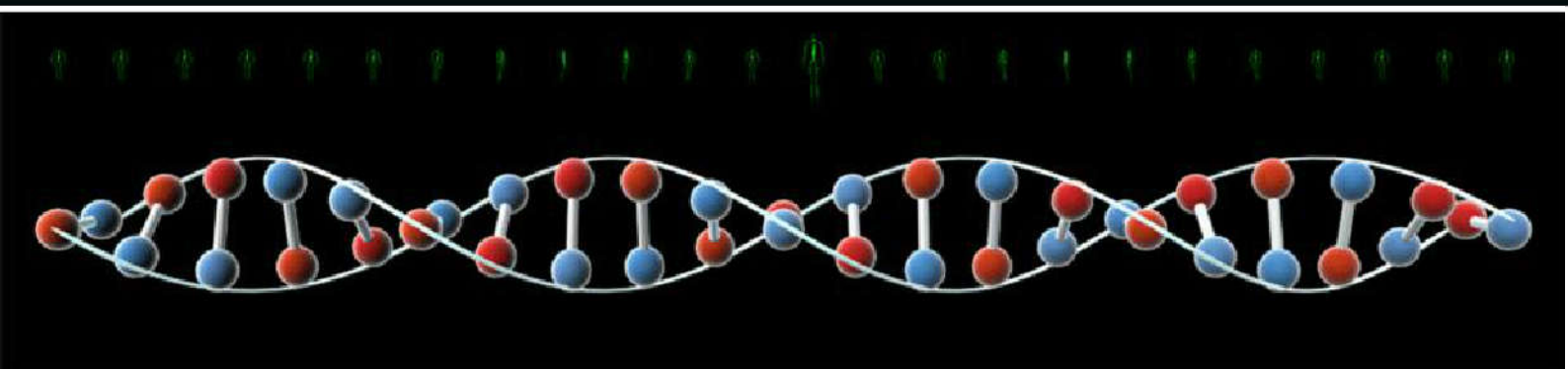


# 生物物理学绪论



信息学院 曹学成 颜君 王永刚

1

什么是生物物理学

2

生物物理学的发展历史

3

生物物理学的研究内容和分支

# 1. 生物物理学定义



- ❖ 生物物理学是研究生命物质的物理性质, 生命过程的物理和物理化学规律及其物理因素对生物系统作用机制的科学。(国家基金委)
- ❖ 生物物理学是应用物理学的概念, 理论, 和方法研究生命现象中的物理过程和物理规律的科学。
- ❖ 引自《生物物理学》 高教出版社 主编 ; 赵世明
- ❖ 生物物理学就是生命的物理学, 或者活体的物理学。(英国大百科全书)



- ❖ (1) 人们都承认生物物理学是物理科学和生物科学相结合形成的一门边缘学科，而这里指的物理科学并不是一般意义上的单纯物理学，而是包括数学、物理化学、信息科学以及技术科学等，这样大的学科交叉跨度，无疑造成生物物理学内容更加广泛和复杂。
- ❖ (2) 由于生物物理学家的专业背景不同，所从事的工作不同，因而各人的看法，强调的重点不一样。
- ❖ (3) 现代生物学和其他科学技术的迅猛发展，生物学已经从单个学科研究转变为多学科的相互渗透，分子生物学、细胞生物学、发育生物学之间已经难于区分，甚至生物学、化学、物理学的壁垒也将打破。
- ❖ 这样情况下，生物物理学内容涉及分子生物学、生物化学、生理学等内容就不足为奇了。

## 2. 生物物理学的发展历史



- ❖ 17世纪A. 考伯提到发光生物萤火虫。
- ❖ 1786年L. 伽伐尼研究了肌肉的静电性质。 1780年他与学生解剖青蛙，发现电火花会使蛙腿抽搐，后来他又发现当用铜钩倒挂蛙腿，再用铁梁横挑，蛙腿也会痉挛。1791年发表了论文《论肌肉运动中的电力》。



电流的发现者伽伐尼



- ❖ 1796年T. 扬利用光的波动学说、色觉理论研究了眼的几何光学性质及心脏的液体动力学作用。
- ❖ H. von亥姆霍兹将能量守恒定律应用于生物系统，认为物质世界包括生命在内都可以归结为运动。他研究了肌肉收缩时热量的产生和神经脉冲的传导速度E. H. 杜布瓦-雷蒙德第一个制造出电流表并用以研究肌肉神经，1848年发现了休止电位及动作电位。
- ❖ 1895年W. C. 伦琴发现了 X射线后，几乎立即应用到医学实践。
- ❖ 1899年K. 皮尔逊在他写的《科学的文法》一书中首次提到：“作为物理定律的特异事例来研究生物现象的生物物理和生物物理学……”，并列举了当时研究的血液流体动力学、神经传导的电现象、表面张力和膜电位、发光与生物功能、以及机械应激、弹性、粘度、硬度与生物结构的关系等问题。
- ❖ 1910年A. V. 希尔把电技术应用于[神经生物学](#)，并显示了神经纤维传递信息的特征是一连串匀速的电脉冲，脉冲是由膜内外电位差引起的。
- ❖ 19世纪显微镜的应用导致细胞学说的创立。以后从简单显微镜发展出紫外、暗视野、荧光等多种特殊用途的显微镜。电子显微镜的发展则提供了生物超微结构的更多信息。



❖早在1920年 X射线衍射技术就已列入蛋白质结构研究。

❖W. T. 阿斯特伯里用 X射线衍射技术研究毛发、丝和羊毛纤维结构、 $\alpha$ -角蛋白的结构等，发现了由氨基酸残基链形成的蛋白质主链构象的 $\alpha$ -螺旋空间结构；

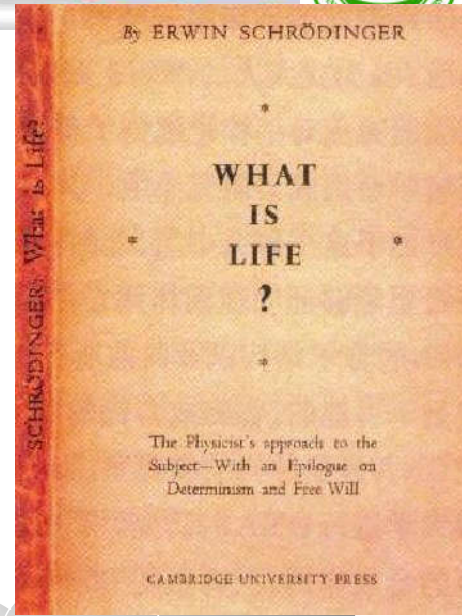
❖20世纪50年代J. D. 沃森及F. H. C. 克里克提出了遗传物质 DNA双螺旋互补的结构模型。

❖1944年的《医学物理》介绍生物物理内容时，涉及面已相当广泛，包括听觉、色觉、肌肉、神经、皮肤等的结构与功能(电镜、荧光、X射线衍射、电、光电、电位、温度调节等技术)，并报道了应用电子回旋加速器研究生物对象。

❖物理概念对生物物理发展影响较大的则是1943年E. 薛定谔的讲演：“生命是什么”和N. 威纳关于[生物控制论](#)的论点；前者用热力学和量子力学理论解释生命的本质引进了“负熵”概念，试图从一些新的途径来说明有机体的物质结构、生命活动的维持和延续、生物的遗传与变异等问题（见耗散结构和生物有序）。后者认为生物的控制过程，包含着信息的接收、变换、贮存和处理。他们论述了生命物质同样是物质世界的一个组成部分，既有它的特殊运动规律，也应该遵循物质运动的共同的一般规律。这就沟通了生物学和物理学两个领域。现已在生物的各个层次，以量子力学和统计力学的概念和方法进行微观和宏观的系统分析。



薛定谔1887-1961



负熵与生命现象的有序性  
遗传物质的分子基础  
生命现象与量子论的协同性

有预见性的观点

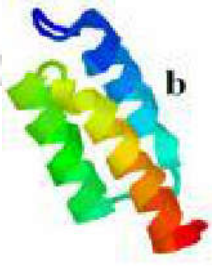


### 3. 现代生物物理学的主要内容



- ❖ 分子生物物理学
- ❖ 膜与细胞生物物理学
- ❖ 感官与神经生物物理学
- ❖ 生物控制论与生物信息论
- ❖ 理论生物物理学
- ❖ 光生物物理学
- ❖ 自由基与环境辐射的生物物理学
- ❖ 生物力学与生物流变学
- ❖ 生物物理学技术

# 一. 分子生物物理



分子生物物理是本学科中最基本、最重要的一个分支。它运用物理学的基本理论与技术研究生物大分子、小分子及分子聚集体的结构、动力学，相互作用和其生物学性质在功能过程中的变化，目的在于从分子水平阐述生命的基本过程，进而通过修饰、重建和改造生物分子，为实践服务。

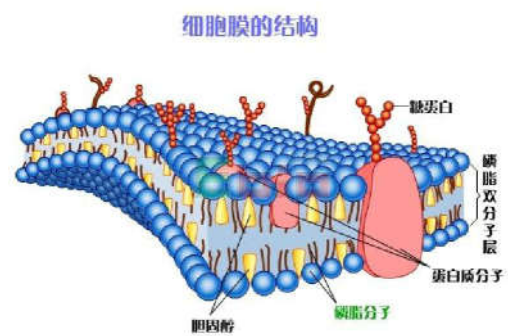
生物大分子及其复合物的空间结构与功能的关系是分子生物物理的核心问题。自从50年代X射线衍射晶体分析法应用于核酸与蛋白质获得成功，奠定了分子生物学发展的基础，至今已有40余年历史。在这段时期中，有关结构的研究大体上经历了3个主要阶段：①晶体结构的研究；②溶液中生物分子构象的研究；③分子动力学的研究。分子构象随时间变化的动力学，分子间的特异相互作用，生物水的确切作用等是分子生物物理今后的重要课题。



登高必自卑，行远必自迩

❖膜及细胞生物物理是仅次于分子生物物理的一个重要部分。主要研究膜的结构与功能，细胞各种活动的分子机制；膜的动态认识，膜中脂类的作用，通道的结构及其启闭过程，受体结构及其与配体的特异作用，信息传递机制，电子传递链的组分结构及其运动与能量转换机制都是膜生物物理的重要课题。

细胞生物物理目前研究的深度还不够，随着分子与膜生物物理的进展，细胞各种活动的分子机制也必将逐步阐明。



❖生命进化的漫长历程中出现了能对内、外环境作出反应的神经系统。神经系统连同有关的感觉器官在高等动物特别是在人体内已发展到了高度复杂的程度，其结构上的标志是出现了大脑皮层，功能上大脑是最有效的信息处理、存贮和决策机构。因此感官和脑的问题已经成为神经生物学注意的中心。

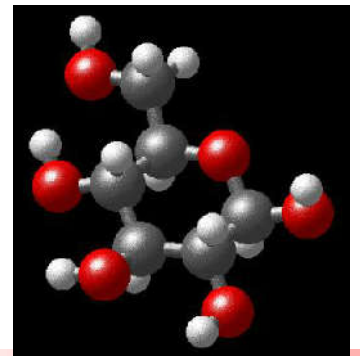
研究的主要问题有：①离子通道；②感受器生物物理；③神经递质及其受体；④神经通路和神经回路研究；⑤行为神经科学。这是生物物理最早发展，但仍很活跃的一个领域，特别应该指出的是目前“神经生物物理”受到极大重视，因为这是揭开人类认识、学习、记忆以至创造性活动的基础。



## 四. 生物控制论与生物信息论



❖ 主要用控制论的理论与方法研究生物系统中信息的加工、处理，从而实现调节控制机制。它从综合的、整体的角度出发，研究不同水平的生物系统各部分之间的相互作用，或整个系统与环境之间的相互作用，神经控制论和生物控制系统的分析和模拟是其两个重点。

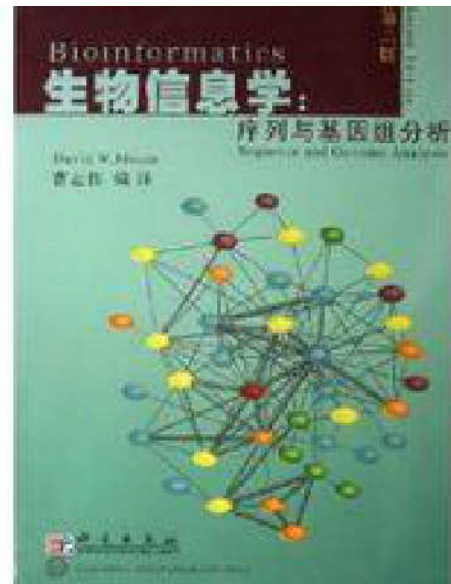


登高必自卑，行远必自迩

# 五. 理论生物物理



❖ 是运用数学和理论物理学研究生命现象的一个领域，既包括量子生物学和分子动力学等微观研究，也包括对进化、遗传、生命起源、脑功能活动及生物系统复杂性等宏观研究。目前已从药物、毒物等简单分子逐步向复杂体系过渡，试图从电子水平说明生命现象的本质，涉及各种生命活动的基础。但在方法上还必须不断发展以适应需要。



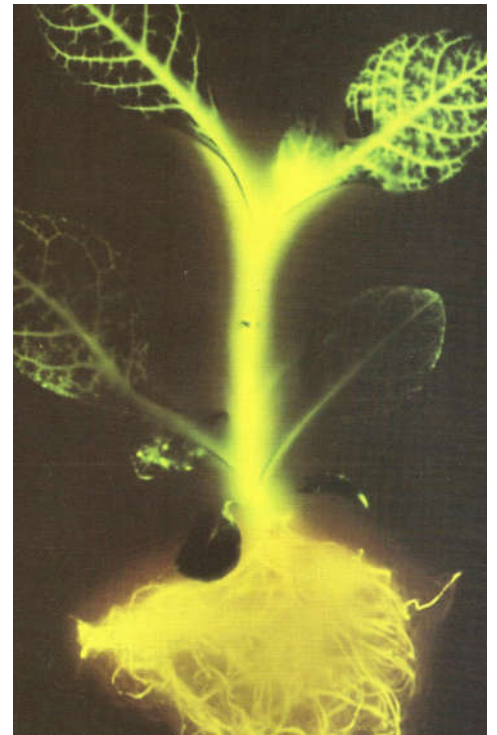
登高必自卑，行远必自迩



## 六. 光生物物理



❖ 光生物物理是研究光生物学中的光物理与原初光化学过程，即研究光的原初过程的学科。主要研究问题有：①光合作用；②视觉；③嗜盐菌的光能转换；④植物光形态建成；⑤光动力学作用，⑥生物发光与化学发光。



登高必自卑，行远必自迩

## 七. 自由基与环境辐射生物物理

❖ 研究各种波长电磁波（包括电离辐射）对机体和生物分子的作用机制及其产生效应的利用与防护基础研究。主要内容有：①自由基；②电离辐射的生物物理研究；③生物磁学与生物电磁学。



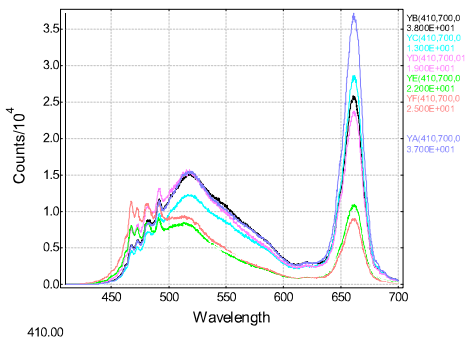


## 八. 生物力学与生物流变学



❖ 它的兴起是由于人们对认识生命运动规律、保护人类健康、生物医学工程和生物化学工程的需要。主要内容有：①生物流体力学；②生物固体力学；③其它生物力学问题；④生物流变学。其中血液流变学占主导地位，这是因为它与临床密切结合，所以发展特别迅速。

❖ 生物物理技术在生物物理中占有特殊的地位，以致成为该学科中不可缺少的一个重要组成部分。这是因为每一项重要技术的出现常常使生物物理的研究进到一个新的水平，推动学科迅速发展。X射线衍射分析、核磁共振技术及常规波谱分析都是很典型的例子。



生物物理技术和仪器的另一重要任务就是根据研究课题的需要设计新的仪器。如为了研究细胞膜上脂和蛋白分子的侧向扩散运动而设计的荧光漂白恢复技术(FPR)等。

20世纪50年代以来，生物物理学的迅猛发展，已成为一个内容丰富的新兴学科。生物物理学的世界性学会的发展如下

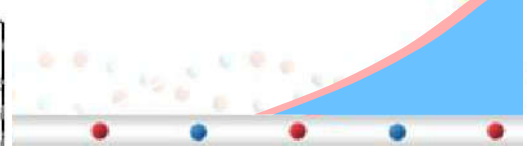
- ❖ 1956年，美国成立生物物理学会。
- ❖ 1961年，国际纯粹与应用生物物理学联合会（IUPAB）成立，其成员包括40多个国家和地区的生物物理学会，每3年召开一次大会。
- ❖ 中国1958年成立中科院生物物理学研究所，1982年加入IUPAB。

附：历届国际生物物理学大会(IUPAB)一览表(注)

届次	第一届	第二届
时间	1961.7.31~1961.8.4	1966.9.5~1966.9.9
地点	瑞典·斯德哥尔摩	奥地利·维也纳
全体大会 综述报告	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 病毒复制的分子生物学</li> <li>2. 膜生物物理学</li> <li>3. 生物现象的数学模拟</li> <li>4. 生物物理方法</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 生物系统的对称性</li> <li>2. 激发、能量转移与转换</li> <li>3. 分化过程的基因控制</li> <li>4. 近代生物物理问题</li> </ol>
专题 讨论会	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 光合作用与色素</li> <li>2. 生物物理细胞学</li> <li>3. 生物热力学</li> <li>4. 生物动力学</li> <li>5. 生物分子的量子力学</li> <li>6. 普通生物物理化学</li> <li>7. 控制论与数学模拟</li> <li>8. 辐射生物物理</li> <li>9. 环境生物物理</li> <li>10. 紫外线与微波生物学作用</li> <li>11. 膜生物物理</li> <li>12. 医学物理</li> <li>13. 蛋白质、多糖与核酸生物物理</li> <li>14. 神经、肌肉、生物力学</li> <li>15. 病毒、噬菌体、免疫、细菌</li> <li>16. 血液与其它体液</li> <li>17. 血液循环与呼吸</li> <li>18. 生物物理与医学物理教学</li> <li>19. 新技术与研究方法</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. DNA 的功能</li> <li>2. RNA 的功能</li> <li>3. 辐射对细胞与整体动物的作用</li> <li>4. 细胞代谢中的能量转换</li> <li>5. 细胞的结构</li> <li>6. 细胞生理</li> <li>7. 膜通透性</li> <li>8. 神经传导机制</li> <li>9. 感觉与收缩过程</li> <li>10. 中枢神经系统</li> <li>11. 呼吸、循环</li> <li>12. 一般数学理论</li> <li>13. 生物物理教学</li> <li>14. 新技术与新方法</li> </ol>



登高必自卑，行远必自迩



## 历届生物物理大会情况简介

第三届	第四届
1969. 8. 29~1969. 9. 3	1972. 8. 7~1972. 8. 14
美国·坎布里奇	前苏联·莫斯科
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 核酸的进化</li> <li>2. 人工器官</li> <li>3. 蛋白质结构与功能</li> <li>4. 热力学与生命起源</li> <li>5. 记忆机制</li> <li>6. 大型结构之集成</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 生命起源</li> <li>2. 核酸进化</li> <li>3. 磁共振在生物研究中的应用</li> <li>4. 生物物理学现状与展望</li> <li>5. Q 函数在介生物结构中的应用</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 分子生物物理： 生物大分子的构型研究</li> <li>2. 辐射生物物理： 辐射对生物膜的作用</li> <li>3. 细胞的通讯与控制过程的生物物理</li> <li>4. 细胞与膜的生物物理： 膜的分子结构与功能</li> <li>5. 医学物理</li> <li>6. 电学与电子学工程</li> <li>7. 生物物理教学</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 蛋白质结构与功能</li> <li>2. 核酸结构与功能</li> <li>3. 活动性生物物理——结构基础、收缩机理</li> <li>4. 膜结构与功能</li> <li>5. 生物体系的顺磁中心与自由基</li> <li>6. 辐射生物物理</li> <li>7. 生物系统的通讯与控制</li> <li>8. 医学生物物理：运动控制系统、致速与癌生长的生物物理</li> <li>9. 感官生物物理</li> <li>10. 生物医学研究中电子计算机应用</li> <li>11. 生物流变学</li> <li>12. 亚细胞体系的物理学</li> <li>13. 短寿同位素在医学研究中的应用</li> </ol>

登高必自卑，行远必自迩

1. 活脑的结构与功能的光学成像
2. 向分子级分辨率迈进
3. 生物信息的产生
4. 超分子化学展望
5. 用光子和设计的分子测量和操作细胞的信号

## 一、蛋白质:

1. 蛋白质-蛋白质-蛋白质、蛋白质-DNA 复合物的三维结构的实验测定
2. 蛋白质的分类和结构预测
3. 蛋白质结构动力学(计算机模拟, 时间分辨光谱学)
4. 蛋白质折叠和稳定性
5. 蛋白质设计和蛋白质-配体复合物

## 二、核酸: 1. DNA 的结构与动力学

2. 核酸-蛋白的相互作用与基因调控
3. RNA 的结构及其新功能

## 三、生物膜: 1. 信号的跨膜和传导

2. 通道控制的离子运动和泵
3. 离子通道的结构与功能
4. 膜脂-膜蛋白相互作用及其动力学
5. 膜结合的载体

## 四、免疫: 1. 多分子组装复合体的结构

2. 免疫系统的生物物理

## 五、光合作用: 1. 光合反应中心

2. 其它光合作用复合体的结构与功能
3. 电子传递和能量转移
4. ATP 酶和质子泵

## 六、细胞骨架和运动:

1. 肌肉和其他分子马达
2. 细胞骨架
3. 宏观尺度下细胞运动的控制和协调

## 七、神经科学:

1. 感觉细胞中的原初信号传导过程
2. 感觉系统的早期神经加工
3. 中枢信息加工

## 八、新技术:

1. 新型显微术
2. 脑的功能成像
3. 分子操作与纳米工程
4. NMR 成像
5. 健康研究中的生物物理学

## 九、其他热点:

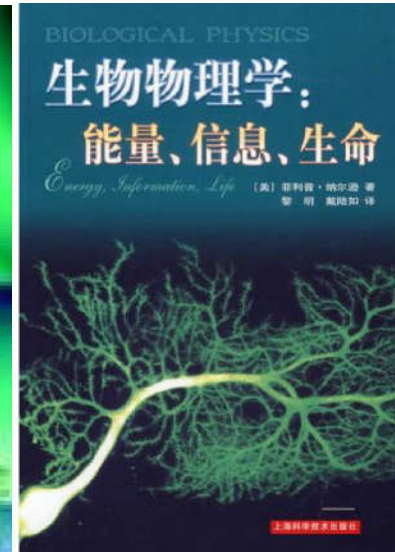
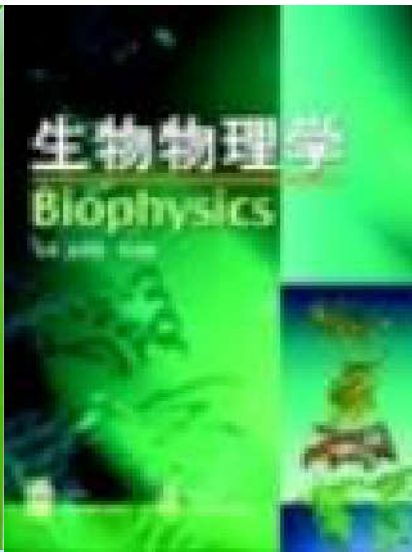
1. 应用单分子探测技术的 DNA 序列分析
2. 时间、寿命和质谱学
3. 人类基因组计划对生物物理学的启示 (共 31 个专题)





# 参考书目

- ❖ 生物物理学 展永
- ❖ 生物物理学 邱冠英、彭银祥
- ❖ 生物物理学 赵南明
- ❖ 生物物理学 庞小峰
- ❖ 细胞生物学 翟中和、王喜中、丁明孝
- ❖ 生物物理学：能量、信息、生命  
(美) 纳尔逊 著



登高必自卑，行远必自迩



❖ 谢谢!

登高必自卑，行远必自迩