

# 《物理生物学》课程教学大纲

## 一、课程基本信息

英文名称	Physical Biology	课程代码	PHYS2066
课程性质	专业选修课程	授课对象	物理学、物理学（师范）
学 分	3 学分	学 时	54 学时
主讲教师	杨恺、徐惠中	修订日期	2023 年 10 月
指定教材	R. 菲利普斯, J. 康德夫, J. 塞里奥特. 细胞的物理生物学. 涂展春, 王柏林等译. 舒咬根校. 北京: 科学出版社, 2012.		

## 二、课程目标

### （一）总体目标：

通过本课程的学习，使学生掌握物理生物学中的数量级估计、逻辑推理和简单的公式推导，强化学生对物理生物学中基本概念和基本原理的理解；使学生体会如何运用物理学思想及科学方法于生物学研究中，更好地理解科学本质，培养阅读和分析文献的能力，为统计物理的进一步应用和后续深造学习软凝聚态物理、软物质物理等课程打下坚实基础。

### （二）课程目标：

#### 课程目标 1：

1. 1 熟悉生物物理中的重要概念
1. 2 帮助学生理解物理生物领域的物理思想和科学精神，建立科学的世界观和方法论

#### 课程目标 2：

2. 1 学会应用物理知识理解和解决生物学中的一些基本问题
2. 2 开展基于物理原理的生物问题数量级估计、逻辑推理和简单的公式推导
2. 3 深入了解各物理分在生物学中的体现及应用

#### 课程目标 3：

3. 1 提高学生阅读和汇报文献的能力
3. 2 培养学生科学探究的兴趣，为其投身科研奠定基础

### （三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

表 1: 课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表

课程目标	课程子目标	对应课程内容	对应毕业要求
课程目标 1	1.1	第一章、第二章、第三章、第四章	3、8
	1.2	第一章、第二章、第三章、第四章、第五章	3、8
课程目标 2	2.1	第二章、第三章、第四章	2、3
	2.2	第一章、第三章、第四章	2、3
	2.3	第一章、第二章、第三章、第四章、第五章	3、8
课程目标 3	3.1	第一章、第二章、第三章、第四章、第五章	5、7
	3.2	第一章、第二章、第三章、第四章、第五章	7、8

### 三、教学内容

#### 第一章 生物系统的基础知识

##### 1. 教学目标

- 1) 了解生命的要素
- 2) 了解建立理想化模型的方法
- 3) 掌握生物学中的经验数据

##### 2. 教学重难点

- 1) 细胞尺度及其内部生物分子数的估计
- 2) 细胞活动相关时间尺度的层级性
- 3) 受体-配体结合的模式系统

##### 3. 教学内容

- 1) 细胞和生物体的空间尺度和构造方案

2) 生命系统的时间尺度

3) 模式系统

4. 教学方法

教师讲授、师生讨论等。

5. 教学评价

课后习题、学生报告。

## **第二章 从平衡态角度理解生命**

1. 教学目标

4) 理解细胞生命活动中的物质和能量变化

5) 学会从自由能和熵的角度理解生物系统

2. 教学重难点

1) 运用统计力学解释生物系统

2) 蛋白等生物大分子的无规行走模型

3) 生物大分子内部的态变量，以及确定性和统计性描述

4) 细胞体系中水的化学

3. 教学内容

1) 活细胞中的力学和化学平衡

2) 统计力学基础与简单运用

3) 二态系统

4) 无规行走与高分子结构

5) 盐溶液的静电学

4. 教学方法

教师讲授、师生讨论等。

5. 教学评价

课后习题、数值计算报告等。

## **第三章 膜生物物理学**

1. 教学目标

1) 理解生物膜结构的化学组成、结构与功能关联

2) 定量分析生物膜的物理性质

2. 教学重难点

- 1) 理解膜的几何和变形自由能
- 2) 理解膜的刚度测量
- 3) 分析离子通道和膜的弹性关联

### 3.教学内容

- 1) 生物膜的性质
- 2) 膜的弹性
- 3) 囊泡的结构、能量和功能
- 4) 膜及其形状
- 5) 活性膜
- 6) 膜上的拥挤程度
- 7) 细胞膜的电荷状态、通透性和跨膜运输

### 4.教学方法

教师讲授、师生讨论等。

### 5.教学评价

课后习题、数值计算报告等。

## **第四章 从动力学角度理解生命**

### 1.教学目标

- 1) 掌握流体力学在细胞体系中的应用
- 2) 理解生物分子的扩散运动和拥挤现象

### 2.教学重难点

- 1) 小雷诺数下的分子运动
- 2) 扩散模型的建立
- 3) 细胞内的拥挤现象的生物意义

### 3.教学内容

- 4) 流体力学
- 5) 胞内的扩散运动
- 6) 无序与拥挤环境中的生命

### 4.教学方法

教师讲授、师生讨论等。

### 5.教学评价

课后习题、数值计算报告等。

## 第五章 单分子生物学及科学前沿发展

### 1.教学目标

- 1) 了解常见的单分子生物物理技术
- 2) 重点理解相关先进仪器的物理原理
- 3) 了解物理生物学的最近科技前沿

### 2.教学重难点

- 1) 光镊技术的理解
- 2) 单分子动力学分析
- 3) 现有知识点与科学前沿的联系

### 3.教学内容

- 1) 单分子生物物理技术
- 2) 核酸和 DNA 的单分子力学
- 3) 单分子酶学和分子马达动力学
- 4) 生物体系的计算模拟方法与机器学习

### 4.教学方法

教师讲授、师生讨论等。

### 5.教学评价

课后习题、数值计算报告等。

## 四、学时分配

表 2: 各章节的具体内容和学时分配表

章节	章节内容	学时分配
第一章	生物系统的基础知识	9 学时
第二章	从平衡态角度理解生命	12 学时
第三章	膜生物物理学	12 学时
第四章	从动力学角度理解生命	9 学时

第五章	单分子生物学及科学前沿发展	6 学时
-----	---------------	------

## 五、教学进度

表 3: 教学进度表

周次	日期	章节名称	内容提要	授课时数	作业及要求	备注
1	9.1	第一章	生物学定量模型	3	课后习题 学生汇报	
2	9.8	第一章	细胞的空间尺度和构造	3	课后习题 学生汇报	
3	9.15	第一章	模式系统	3	课后习题 学生汇报	
4	9.22	第二章	细胞中的力学和化学平衡	3	课后习题 学生汇报	
5	9.29	\	\	\	\	中秋节 停课
6	10.8	第二章	统计力学基础及二态系统	3	课后习题 学生汇报	
7	10.13	第二章	无规行走和高分子结构	3	课后习题 学生汇报	
8	10.20	\	\	\	\	运动会 停课
9	10.27	第二章	盐溶液的静电学	3	课后习题 学生汇报	
10	11.3	第三章	生物膜的性质及弹性	3	课后习题 学生汇报	

11	11.10	第三章	囊泡的结构、能量和功能	3	课后习题 学生汇报	
12	11.17	第三章	活性膜	3	课后习题 学生汇报	
13	11.24	第三章	膜上的拥挤程度及跨膜运输	3	课后习题 学生汇报	
14	12.1	第四章	流体力学简介	3	课后习题 学生汇报	
15	12.8	第四章	胞内的扩散运动	3	课后习题 学生汇报	
16	12.15	第四章	无序与拥挤环境中的生命	3	课后习题 学生汇报	
17	12.22	第五章	单分子生物物理技术	3	课后习题 学生汇报	
18	12.29	第五章	生物体系的计算模拟方法与机器学习	3	课后习题 学生汇报	

## 六、教材及参考书目

1. Phillips, R., Kondev, J., Theriot, J. & Garcia H. G. *Physical Biology of the Cell*. New York: 2nd Edition. Garland Science, 2013.
2. R. 菲利普斯, J. 康德夫, J. 塞里奥特. *细胞的物理生物学*. 涂展春, 王柏林等译. 舒咬根校. 北京: 科学出版社, 2012.
3. Milo, R. & Phillips, R. *Cell Biology of the Number*. New York: 1st Edition. Garland Science, 2015.
4. Nelson, P. *Biological Physics: Energy, Information, Life*. New York: 1st Edition. W. H. Freeman, 2003.

5. Dill, K. A. & Bromberg S. Molecular Driving Forces: Statistical Thermodynamics in Biology, Chemistry, Physics, and Nanoscience. 2nd Edition. New York: Garland Science, 2010.
6. Bialek, W. Biophysics: Searching for Principles. Princeton: Annotated Edition. Princeton University Press, 2012.
7. Zuckerman, D. M. Statistical Physics of Biomolecules: An Introduction. Boca Raton: 1st Edition. CRC Press, 2010.
8. Doi, M. Soft Matter Physics. Oxford: 1st Edition. Oxford University Press, 2013.

## 七、教学方法

1. 讲授法：采用板书和 PPT 结合的方式
2. 讨论法：每周安排学生开展文献讲解、PPT 汇报和讨论

## 八、考核方式及评定方法

### （一）课程考核与课程目标的对应关系

表 4：课程考核与课程目标的对应关系表

课程目标	考核要点	考核方式
课程目标 1	相关教学内容	平时+期末考试
课程目标 2	相关教学内容	平时+期末考试
课程目标 3	相关教学内容	平时+期末考试

### （二）评定方法

#### 1. 评定方法

平时成绩（出勤和作业 20%、文献汇报 20%）40%，期末考试 60%。

#### 2. 课程目标的考核占比与达成度分析

表 5：课程目标的考核占比与达成度分析表

考核占比 课程目标	平时	期末考试	总评达成度



课程目标 1	20%	20%	课程目标 1 达成度= $\{0.4 \times$ 平时目标 1 成绩 $+0.6 \times$ 期 末考试目标 1 成绩 $\}/$ 目标 1 总分。
课程目标 2	50%	50%	课程目标 2 达成度= $\{0.4 \times$ 平时目标 2 成绩 $+0.6 \times$ 期 末考试目标 2 成绩 $\}/$ 目标 2 总分。 课程目标 3 达成度= $\{0.4 \times$ 平时目标 3 成绩 $+0.6 \times$ 期 末考试目标 3 成绩 $\}/$ 目标 3 总分。
课程目标 3	30%	30%	总评达成度= $0.2 \times$ 课程目 标 1 的达成度 $+0.5 \times$ 课程 目标 2 的达成度 $+0.3 \times$ 课 程目标 3 的达成度

### (三) 评分标准

课程 目标	评分标准				
	90-100	80-89	70-79	60-69	<60
	优	良	中	合格	不合格
	A	B	C	D	F
课程 目标 1	完全了解了生物物理、生物化学中的重要概念。很好地理解了物理生物领域前人的物理思想和科学精神。很好地形成了科学的世界观和方法论。	了解了生物物理、生物化学中的重要概念。理解了物理生物领域前人的物理思想和科学精神。形成了科学的世界观和方法论。	较好地了解了生物物理、生物化学中的重要概念。较好地理解了物理生物领域前人的物理思想和科学精神。较好地形成了科学的世界观和方法论。	基本了解了生物物理、生物化学中的重要概念。基本理解了物理生物领域前人的物理思想和科学精神。基本形成了科学的世界观和方法论。	没有了解生物物理、生物化学中的重要概念。没有理解物理生物领域前人的物理思想和科学精神。没有形成科学的世界观和方法论。
课程 目标 2	很好地学会了物理生物学中的数量级估计、逻辑推	学会了物理生物学中的数量级估计、逻辑推理和简单的	较好地学会了物理生物学中的数量级估计、逻辑	基本学会了物理生物学中的数量级估计、逻辑推理和简	没有学会物理生物学中的数量级估计、逻辑推理和

课程 目标	评分标准				
	90-100	80-89	70-79	60-69	<60
	优	良	中	合格	不合格
	A	B	C	D	F
	理和简单的公式推导。很好地了解了物理生物学中各物理分支的体现。	公式推导。了解了物理生物学中各物理分支的体现。	推理和简单的公式推导。较好地了解了物理生物学中各物理分支的体现。	单的公式推导。基本了解了物理生物学中各物理分支的体现。	简单的公式推导。没有了解物理生物学中各物理分支的体现。
课程 目标 3	具备很好的阅读和汇报文献的能力。	具备阅读和汇报文献的能力。	具备较好的阅读和汇报文献的能力。	基本具备阅读和汇报文献的能力。	不具备阅读和汇报文献的能力。