

# 《理论力学》课程教学大纲

## 一、课程基本信息

英文名称	Theoretical Mechanics	课程代码	PHYS3013
课程性质	专业必修课程	授课对象	物理学（师范）
学 分	3 学分	学 时	54 学时
主讲教师	徐震宇	修订日期	2021 年 9 月
指定教材	周衍柏，理论力学教程（第四版），北京：高等教育出版社，2018 年		

## 二、课程目标

### （一）总体目标：

理论力学是物理学（师范）专业的一门专业基础课。本课程的主要内容包括两大部分，其中第一部分为牛顿力学，第二部分为分析力学，在分析力学中，又以拉格朗日力学和哈密顿力学为基本部分。这门课为后续的电动力学、统计力学、量子力学打下必要的基础，其自身也在物理理论中占据着独特的位置。通过本课程的学习，让学生掌握牛顿力学和分析力学的基本概念和计算方法；具备分析和处理一些力学基本问题的能力。在教学中通过对物理前沿课题的教学和讨论，强化学生对牛顿力学和分析力学基本概念和基本原理的理解，使学生体会物理学思想及科学方法，建立科学的世界观和方法论。

### （二）课程目标：

**课程目标 1：** 介绍和掌握牛顿力学的内容，能用牛顿力学解决简单的力学问题。在教学中，可以将牛顿力学的发展历史给予适当的介绍，了解学科的历史是增强对这门学科的理解的一种方式。在数学上，要介绍二阶常微分方程的解法和解的结构。

**课程目标 2：** 讲解和掌握分析力学的拉格朗日和哈密顿力学体系。分析力学的这两种基本方式，对后来的电动力学、统计物理、量子力学产生了深远的影响。在教学目标中，对相应数学方式的介绍和应用，也是这门课的必备部分。用数学方式系统地表达力学问题，这是对理论力学的简明概况。

**课程目标 3：** 应用理论力学分析讨论中学物理力学中的一些问题，培养学生的教育教学能力；同时适当介绍一些与本课程相关的前沿课题，培养学生科学探究能力和终身学习能力。

**课程目标 4：** 通过学习和了解牛顿力学和分析力学的发展史、重大科学事件和物理学家故事等，体会物理学家的物理思想和科学精神，培养学生的爱国热情，探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感。通过教师的示范，给学生积极正面的影响，培养学生坚定理想信念，立德树人，学为人师、行为世范。

### (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	对应课程内容	对应毕业要求（及对应关系说明）	
课程目标 1	第一章 质点力学 第二章 质点系力学 第三章 刚体力学	7-2 具有终身学习的意识，了解物理学前沿和物理教学领域及国际发展动态。	在普通物理-力学课程的基础上，通过数学方式系统化原有的力学内容。在牛顿力学的基础上，通过数学方法求解各种重要的物理情况，如有心力、刚体定点转动等情况。
课程目标 2	第四章 拉格朗日力学 第五章 哈密顿力学		在分析力学中，从最小作用原理出发引入拉格朗日方程，通过勒让德变换引入哈密顿正则方程。哈密顿方程的获得和应用，这是理论上非常重要的方程，从对称性上来说也非常优美。在教学过程中使学生掌握分析与综合、推理类比等科学思维方法，培养学生批判性思维和质疑能力，养成独立思考的习惯。
课程目标 3	第二章 质点系力学 第三章 刚体力学 第四章 拉格朗日力学 第五章 哈密顿力学		通过应用牛顿力学和分析力学理论方法分析讨论中学物理力学中的问题，适当介绍一些与本课程相关的前沿问题，使学生了解物理学前沿，开阔学生的眼界，培养学生科学探究的兴趣和能力。
课程目标 4	第一章 质点力学 第三章 刚体力学 第四章 拉格朗日力学 第五章 哈密顿力学		通过学习和了解牛顿力学和分析力学的发展史、重大科学事件和物理学家故事等，体会物理学家的物理思想和科学精神，培养学生的爱国热情，探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感；培养学生坚定理想信念，立德树人，学为人师、行为世范。

## 三、教学内容

### 第一章 质点力学

#### 1. 教学目标

掌握处理质点运动的数学方法；能合理的选择坐标系；掌握建立和求解质点动力学微分方程的方法，具备分析问题，建立坐标，求解方程，分析结果的能力；掌握动量定理，动量距定理，机械能，保守力和势能等重要概念。

#### 2. 教学重难点

质点运动定律；有心力。

#### 3. 教学内容

运动的描述方法：参照系和坐标系，质点运动学方程；

曲线坐标系和自然坐标系中的速度，加速度；

牛顿定律；运动的相对性原理；

质点动力学方程；

平动参照系，非惯性系，惯性力；

动量定理；动量距定理；

动能定理，机械能，保守力和势能；

有心力，平方反比力，行星轨道运动。

#### 4. 教学方法

教师讲授，师生讨论，翻转模式，指导学生自主学习等。

#### 5. 教学评价

课后相应习题，补充习题。

### 第二章 质点系力学

#### 1. 教学目标

学会分析内力和外力，掌握质心的计算方法，特别是连续体的质心计算；掌握质点系动力学的基本定理，明确质心在质点系力学中的作用和地位；掌握动量矩定理在质点系力学中的重要性；掌握计算动量矩和力矩的方法；能应用这些方法解决理论问题。

#### 2. 教学重难点

质点系力学的基本定理和守恒定律；变质量物体的运动。

#### 3. 教学内容

质点系的内力和外力，质心；  
动量定理，质心运动定理，动量守恒定律；  
动量矩定理，动量矩守恒定理；  
动能定理，机械能守恒定律，科尼希定理，对质心的动能定理；  
两体问题，折合质量，及变质量问题。

#### 4. 教学方法

教师讲授，翻转课堂，师生讨论等。

#### 5. 教学评价

课后相应习题，补充习题，思考题。

### **第三章 刚体力学**

#### 1. 教学目标

学会描述刚体运动的自由度，欧拉角；掌握刚体运动的微分方程，刚体平衡方程及相应的解题能力，掌握转动惯量，惯量张量，惯量主轴的概念和计算。重点掌握刚体的平面运动，掌握刚体活动坐标系的方法。

#### 2. 教学重难点

惯量张量的引入；欧拉角；定点转动。

#### 3. 教学内容

描述刚体的独立变量，欧拉角，刚体运动的分类；

角速度矢量；

刚体的动能，动量矩，转动惯量，惯量张量，惯量主轴；

刚体的平动，定轴转动；

定点转动。

#### 4. 教学方法

教师讲授；同伴教学。

#### 5. 教学评价

课后习题，补充作业，思考题。

## 第四章 拉格朗日力学

### 1. 教学目标

明确约束的分类，广义坐标，广义力的概念；掌握解决平衡问题的虚功原理；掌握拉格朗日方程，能应用这个方程解决物理问题；比较拉格朗日方程和牛顿方程的优点和缺点。

### 2. 教学重难点

拉格朗日方程；小振动。

### 3. 教学内容

约束的分类，广义坐标；虚功原理，达朗伯原理，广义力，拉格朗日方程；诺特定理；

保守力体系的拉格朗日方程，拉格朗日函数，能量积分和循环积分；

拉格朗日方程的应用一：恒定力，弹性力，中心力；

拉格朗日方程的应用二：电磁场中的带电粒子的运动；

拉格朗日方程的应用三：小振动，晶格振动。

### 4. 教学方法

教师讲授，师生讨论等

### 5. 教学评价

课后作业，补充习题，思考题。

## 第五章 哈密顿力学

### 1. 教学目标

掌握哈密顿函数，哈密顿正则方程，正则变换等概念。

### 2. 教学重难点

哈密顿正则方程。

### 3. 教学内容

哈密顿函数，勒让德变换；哈密顿正则方程，正则变换；

哈密顿方程的应用和系统的哈密顿量；泊松括号；

哈密顿-雅可比理论；刘维尔定理。

### 4. 教学方法

教师讲授、师生讨论等

### 5. 教学评价

课后相应习题，补充作业，思考题。

## 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	质点力学	12 学时
第二章	质点系力学	6 学时
第三章	刚体力学	12 学时
第四章	拉格朗日力学	12 学时
第五章	哈密顿力学	9 学时

## 五、教学进度

表 3: 教学进度表

周次	章节名称	内容提要	授课时数	作业及要求	备注
1	第一章	运动的描述; 速度、加速度的分量表示; 平动参考系; 质点运动定律	3	课后习题: 3、6、11、15、19、21、28、35、36、37、44、47、补充习题、思考题	
2	第一章	质点运动方程; 非惯性参考系; 功和能	3		
3	第一章	质点动力学基本定理和基本守恒定律	3		
4	第一章	有心力	3		
5	第二章	质点系概念; 质点系运动定理和守恒定律	3	课后习题: 1、3、6、8、12、13、18、补充习题、思考题	
6	第二章	两体问题; 质心坐标系和实验室坐标系; 变质量物体的运动	3		

7	第三章	刚体运动的描述；角速度矢量；欧拉角	3	课后习题：2、7、9、10、15、17、20、22、26、30、34、补充习题、思考题	
8	第三章	刚体运动方程；转动惯量	3		
9	第三章	定轴转动与平面平行运动	3		
10	第三章	定点转动	3		
11	第四章	最小作用原理；拉格朗日方程的导出	3	课后习题：3、9、11、15、17、19、24、26、30、33、37、39、补充习题、思考题  (注：第四、五章对应教材第五章)	
12	第四章	约束与虚功原理	3		
13	第四章	诺特定理	3		
14	第四章	小振动	3		
15	第五章	哈密顿正则方程；泊松括号	3		
16	第五章	正则变换	3		
17	第五章	哈密顿-雅可比理论；刘维尔定理	3		

## 六、教材及参考书目

1. 周衍柏，理论力学教程（第四版），北京：高等教育出版社，2018.
2. L. D. Landau and E. M. Lifshitz, Mechanics (3<sup>rd</sup> edition), Butterworth-Heinemann, 1976.
3. 刘川，理论力学，北京：北京大学出版社，2019.
4. 管靖，刘文彪，理论力学简明教程，北京：科学出版社，2008.
5. 梁昆淼，鞠国兴，施毅，力学(下)（第四版），北京：高等教育出版社，2009.
6. D. Morin, Introduction to Classical Mechanics: With Problems and Solutions, Cambridge University Press, 2008.
7. D. Tong, Lectures on Classical Dynamics, University of Cambridge, 2005.

## 七、教学方法

本课程作为一门理论课，采用板书和 PPT 讲义的方式，兼取传统与现代化教学手段的优势；采用讲授、讨论、翻转课堂等教学方法和模式；在教师的讲解中，通过提问的方式，将学生引入到具体的情景中，注重开启学生的学习兴趣和探求精神。在讲解中，对抽象的理论，要在具体的物理问题中体现，将抽象概念具体化。习题讲解也是重要部分，通过让学生练习，发现问题及时讲解。通过启发式教学培养学生较强的主动思考习惯，注重对大学生创新思维和实际问题能力的培养；通过对中学物理中的一些问题和相关的物理前沿问题讨论分析，有效培养学生的科学思维能力和问题解决能力。

## 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	考试+平时学习表现
课程目标 2	相关教学内容	考试+平时学习表现
课程目标 3	相关教学内容	考试+平时学习表现
课程目标 4	相关教学内容	考试+平时学习表现

### （二）评定方法

#### 1. 评定方法

平时成绩（作业、讨论、出勤等）20%；考试成绩占 80%（期中 20%，期末 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	考试	总评达成度
--------------	----	----	-------

课程目标 1	40%	40%	例：课程目标 1 达成度 $=\{0.2 \times \text{平时目标 1 成绩} + 0.8 \times \text{考试目标 1 成绩}\} / \text{目标 1 总分}$ 。  总评达成度 $=0.4 \times \text{课程目标 1 的达成度} + 0.3 \times \text{课程目标 2 的达成度} + 0.2 \times \text{课程目标 3 的达成度} + 0.1 \times \text{课程目标 4 的达成度}$ 。
课程目标 2	30%	30%	
课程目标 3	20%	20%	
课程目标 4	10%	10%	

### (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	完全掌握了牛顿力学的基础知识；能很好利用牛顿力学解决常见的力学问题；具有科学的世界观和方法论。	掌握了牛顿力学的基础知识；能利用牛顿力学解决常见的力学问题；具有科学的世界观和方法论。	较好掌握了牛顿力学的基础知识；能较好地利用牛顿力学解决常见的力学问题；具有一定的科学世界观和方法论。	基本掌握了牛顿力学的基础知识；能利用牛顿力学解决简单的力学问题；具有一定的科学世界观和方法论。	未能掌握牛顿力学的基础知识；不具备利用牛顿力学解决简单的力学问题的能力；没有形成科学的世界观和方法论。
课程 目标 2	完全掌握了拉格朗日和哈密顿力学体系的基础内容；能够运用分析力学解决常见的力学问题；深刻体会分析力学理论体系建立过程中的物理思想方法，形成了分析与综合、推理类比等科学思维方法。	掌握了拉格朗日和哈密顿力学体系的基础内容；能够运用分析力学解决常见的力学问题；体会分析力学理论体系建立过程中的物理思想方法，形成了分析与综合、推理类比等科学思维方法。	较好掌握了拉格朗日和哈密顿力学体系的基础内容；能够运用分析力学解决常见的力学问题；初步体会分析力学理论体系建立过程中的物理思想方法，初步形成了分析与综合、推理类比等科学思维方法。	基本掌握了拉格朗日和哈密顿力学体系的基础内容；能够运用分析力学解决简单的力学问题；初步体会分析力学理论体系建立过程中的物理思想方法，初步形成了分析与综合、推理类比等科学思维方法。	未能掌握拉格朗日和哈密顿力学体系的基础内容；未能够运用分析力学解决简单的力学问题；未能体会分析力学理论体系建立过程中的物理思想方法，未能形成分析与综合、推理类比等科学思维方法。

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 3	正确应用牛顿力学和分析力学理论分析讨论中学力学中的问题，有很好的科学探究能力。	可以较好地应用牛顿力学和分析力学理论分析讨论中学力学中的问题，有较好的科学探究能力。	可以应用牛顿力学和分析力学理论分析讨论中学力学中的问题，有一定的科学探究能力。	基本能够应用牛顿力学和分析力学理论分析讨论中学力学中的问题，初步形成科学探究能力。	不能准确应用牛顿力学和分析力学理论分析讨论中学力学中的问题，科学探究能力比较薄弱。
课程 目标 4	深刻体会了物理学家的物理思想和科学精神，有很高爱国热情，自觉形成了很高的探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感。牢固树立了坚定理想信念，学为人师、行为世范的职业理想。	体会了物理学家的物理思想和科学精神，有很高爱国热情，自觉形成了较高的探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感。树立了坚定理想信念，学为人师、行为世范的职业理想。	较好地体会了物理学家的物理思想和科学精神，有很高爱国热情，较好地形成了探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感。初步树立了坚定理想信念，学为人师、行为世范的职业理想。	基本体会了物理学家的物理思想和科学精神，有很高爱国热情，基本形成了较高的探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感。初步树立了坚定理想信念，学为人师、行为世范的职业理想。	没有充分体会物理学家的物理思想和科学精神；探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感相对比较薄弱。