

《热学》课程教学大纲

一、课程基本信息

英文名称	Thermal Physics	课程代码	PHYS1002
课程性质	专业必修课程	授课对象	物理学
学 分	3 学分	学 时	54 学时
主讲教师	杨恺 田文得等	修订日期	2021 年 9 月
指定教材	李椿等, 热学 (第 3 版) [M], 北京: 高等教育出版社, 2015.		

二、课程目标

(一) 总体目标:

让学生了解热力学和统计物理学的基本知识和基本概念,掌握由宏观的热力学定律和从物质的微观结构出发来研究宏观物体的热的性质的研究方法,了解宏观可测量量与微观量的关系以及如何把宏观规律与微观解释相联系的方法。在教学中通过对热学相关问题的深入讨论、物理前沿课题、新技术应用的教学和讨论,强化学生对热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,更好地理解科学本质,形成辩证唯物主义世界观和科学的时空观,培养学生科学思维能力,分析问题和解决问题能力。

(二) 课程目标:

课程目标 1: 通过系统的学习热学的基本规律,让学生掌握物体内部热学的普遍规律,以及热运动对物体性质的影响。

课程目标 2: 体会该课程理论体系建立过程中的物理思想方法,培养学生模型建构、分析与综合、推理类比等科学思维方法,掌握研究宏观物体热性质的宏观描述方法(热力学)和微观描述方法(统计物理学),为学习后续课程和独立解决实际问题打下必要的基础。

课程目标 3: 应用热学理论分析讨论固、液、气相变中的问题,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。

课程目标 4: 通过学习和了解热学发展史、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。

(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 温度 第二章 气体分子动理论的基本概念 第三章 气体分子热运动速率和能量的统计分布律 第四章 气体内的输运过程 第五章 热力学第一定律 第六章 热力学第二定律 第八章 液体 第九章 相变	7-2	掌握如何运用热学处理热运动问题；理解热运动的基本性质，及其对物体性质的影响。
课程目标 2	第一章 温度 第二章 气体分子动理论的基本概念 第三章 气体分子热运动速率和能量的统计分布律 第四章 气体内的输运过程 第五章 热力学第一定律 第六章 热力学第二定律 第八章 液体 第九章 相变	识，了解物理学前沿和物理教学领域及国际发	通过学习运用高等数学和矢量分析处理热学问题，掌握模型建构、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 气体分子动理论的基本概念 第三章 气体分子热运动速率和能量的统计分布律 第四章 气体内的输运过程 第五章 热力学第一定律 第六章 热力学第二定律	展动态。	通过应用热学理论分析讨论固、液、气相变中的问题，适当介绍物理学前沿，开阔学生的眼界，培养学生科学探究的兴趣和能力。

	第八章 液体 第九章 相变		
课程目标 4	第一章 温度 第二章 气体分子动理论的基本概念 第五章 热力学第一定律 第六章 热力学第二定律		通过学习和了解热学发展史、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。

三、教学内容

第一章 温度

1. 教学目标

了解热学理论的建立和发展过程, 培养学生的责任感及科学精神。

掌握平衡态、状态参量的基本概念;

掌握温度和气体物态方程。

2. 教学重难点

平衡态、状态参量的基本概念;

理想气体的物态方程、道尔顿分压定律。

3. 教学内容

3.1 热学发展历史

热学发展历史, 包括热学基本概念的历史背景, 温标的建立过程, 科学家的贡献, 等等。

3.2 平衡态 状态参量

掌握平衡态、状态参量的基本概念; 描述物质的状态的参量有哪些。

3.3 温度

掌握热力学第零定律, 理解定律的物理意义; 建立温标的基本要素, 了解经验温标、理想气体温标、热力学温标。

3.4 气体的物态方程

掌握理想气体的物态方程、道尔顿分压定律；了解非理想气体的物态方程，范德瓦耳斯方程、昂内斯方程。

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

完成“***科学家的生平及科学贡献”小论文；课后相应习题，补充习题

第二章 气体分子动理论的基本概念

1. 教学目标

掌握气体分子动理论的基本规律；会用气体分子动理论求解气体分子分布问题，推导范德瓦耳斯方程；培养学生的创新精神。

2. 教学重难点

理解分子间的势能曲线的意义；理解宏观量与微观量之间的关联

3. 教学内容

3.1 物质的微观模型

掌握物质的微观模型的基本概念；掌握如何从物质的微观结构出发来解释热现象的基本规律。

3.2 理想气体的压强

掌握理想气体的微观模型；推导理想气体的压强公式，理解宏观量是微观量的统计平均。

3.3 温度的微观解释

掌握理想气体的温度的微观解释；理解温度是大量分子热运动的集体表现的统计意义。

3.4 分子力

掌握分子间相互作用的规律；理解分子间的势能曲线的意义。

4. 教学方法

教师讲授，同伴教学，师生讨论，翻转课堂等。

5. 教学评价

课后相应习题，补充习题

第三章 气体分子热运动速率和能量的统计分布律

1. 教学目标

掌握气体分子的速率分布律；掌握能量按自由度均分定理；培养学生的创新精神。

2. 教学重难点

玻耳兹曼分布律 重力场中微粒按高度的分布

3. 教学内容

3.1 气体分子的速率分布律

掌握速率分布函数的意义；理解麦克斯韦速率分布律、麦克斯韦速度分布律的规律；理想分布律的统计意义。

3.2 用分子射线实验验证麦克斯韦速度分布律

了解分子射线；了解葛正权实验、密勒和库士实验。

3.3 玻耳兹曼分布律 重力场中微粒按高度的分布

掌握玻耳兹曼分布律；理解重力场中微粒按高度的分布、等温压强公式。

3.4 能量按自由度均分定理

掌握自由度的概念；掌握能量按自由度均分定理；掌握理想气体的热容的概念；了解经典理论在解释热容随温度变化的缺陷。

4. 教学方法

教师讲授，同伴教学，师生讨论，翻转课堂等。

5. 教学评价

课后习题，补充作业

第四章 气体内的输运过程

1. 教学目标

掌握气体分子的平均自由程和运输过程；培养学生的创新精神。

2. 教学重难点

气体分子的平均自由程。

3. 教学内容

3.1 气体分子的平均自由程

掌握平均自由程、碰撞频率的基本概念；理解平均自由程、碰撞频率与哪些因素有关；了解分子按自由程的分布。

3.2 输运过程的宏观规律

理解黏性现象、热传导现象、扩散现象的宏观规律；了解牛顿黏性定律、傅里叶定律、斐克定律。

3.3 输运过程的微观解释

了解黏性现象、热传导现象、扩散现象的微观解释；了解黏性系数、导热系数、扩散系数与哪些因素有关；了解低压下的热传导和黏性现象。

4. 教学方法

教师讲授，同伴教学，师生讨论，翻转课堂等

5. 教学评价

课后作业，补充习题

第五章 热力学第一定律

1. 教学目标

理解热力学过程；掌握热力学第一定律；培养学生的创新精神。

2. 教学重难点

热力学第一定律

3. 教学内容

3.1 热力学过程

掌握准静态过程、非静态过程的基本概念；理解 p - V 图上任意一点、任意一条线的意义。

3.2 功

掌握体积功的计算，在 p - V 图的表示，功是过程的特征；了解其他形式的功，表面张力的功、电荷移动的功，广义功的概念。

3.3 热量

了解热量的认知过程；理解焦耳实验的意义。

3.4 热力学第一定律

掌握热力学第一定律；理解内能是态函数的意义，内能、功、热量之间的守恒和转化。

3.5 热容 焓

掌握热容、焓的基本概念；理解定容热容、定压热容的概念。

3.6 气体的内能 焦耳-汤姆孙实验

了解焦耳实验、焦耳-汤姆孙实验；理解焦耳实验的意义，理想气体内能仅是温度的函数；理解焦汤效应；掌握理想气体的内能、焓的计算。

3.7 热力学第一定律对理想气体的应用

掌握等体过程、等压过程、等温过程、绝热过程中的内能、功、热量的转化；了解多方过程。

3.8 循环过程和卡诺循环

掌握循环过程及其效率的计算；掌握卡诺循环及其效率的计算。

4. 教学方法

教师讲授，同伴教学，师生讨论，翻转课堂等

5. 教学评价

课后相应习题，补充作业

第六章 热力学第二定律

1. 教学目标

掌握热力学第二定律、卡诺定理、热力学温标。培养学生的创新精神。

2. 教学重难点

热力学第二定律、卡诺定理。

3. 教学内容

3.1 热力学第二定律

掌握开尔文表述、克劳修斯表述；理解开尔文表述和克劳修斯表述的等效性。

3.2 热现象过程的不可逆性

掌握可逆过程、不可逆过程的概念；理解真空自由膨胀的不可逆性、功转化为热的不可逆性、热传导的不可逆性。

3.3 相对论的时空理论

掌握相对论时空结构、因果律、同时的相对性、运动时钟变慢、运动尺度缩短和速度变换等相对论中的基本效应；解决相对论运动中问题。

3.4 热力学第二定律的统计意义

理解概率、宏观状态、微观状态的概念；理解热力学第二定律的统计意义。

3.5 卡诺定理

掌握卡诺定理的意义；了解卡诺定理的证明。

3.6 热力学温标

了解热力学温标的引入；了解热力学温标与理想气体温标的关系。

3.7 熵

理解克劳修斯等式；理解态函数熵的定义；掌握可逆过程中的熵变的计算；理解温熵图的意义。

3.8 熵增加原理

了解不可逆过程中的熵的变化的计算；理解熵增加原理。

3.9 熵与热力学概率

了解如何表示热力学概率；了解玻耳兹曼关系式；了解熵增加原理的微观实质、熵的微观意义。

4. 教学方法

教师讲授，同伴教学，师生讨论，翻转课堂等

5. 教学评价

课后相应习题，补充作业

第八章 液体

1. 教学目标

了解液体的微观结构，掌握液体的表面性质。培养学生的创新精神。

2. 教学重难点

液体的表面性质

3. 教学内容

3.1 液体的微观结构 液晶

了解液体的微观结构；了解不同类型液晶的分子排列、性质的不同。

3.2 液体的物性性质

了解液体的热容、热膨胀、热传导、扩散、黏性现象。

3.3 液体的表面性质

掌握表面张力的概念；理解表面层内分子力的作用；推导球形液面内外的压强差；理解液面与固体接触处的表面现象、毛细现象。

4. 教学方法

教师讲授，同伴教学，师生讨论，翻转课堂等

5. 教学评价

课后相应习题，补充作业

第九章 相变

1. 教学目标

掌握相、相变、一级相变；理解克拉珀龙方程；掌握三相图；培养学生的创新精神。

2. 教学重难点

一级相变，克拉珀龙方程，三相图。

3. 教学内容

3.1 单元系一级相变的普遍特征

掌握相、相变的概念；掌握一级相变的特征。

3.2 气液相变

解蒸发与沸腾的相同和不同之处；了解影响蒸发和沸腾的因素；了解过热液体、过饱和和蒸气；掌握气液的等温相变过程。

3.3 克拉珀龙方程

推导克拉珀龙方程；理解沸点与压强、熔点与压强的关系。

3.4 临界温度很低的气体的液化 低温的获得

了解节流膨胀法使气体液化；了解绝热膨胀法使气体液化；了解绝热去磁法获得低温。

3.5 范德瓦耳斯等温线 对比物态方程

理解范德瓦耳斯等温线；推导临界点的温度、压强、体积；了解对比物态方程

3.6 固液相变

了解熔化、结晶的过程

3.7 固气相变 三相图

了解固气相变过程；理解三相图

4. 教学方法

教师讲授，同伴教学，师生讨论，翻转课堂等

5. 教学评价

课后相应习题，补充作业

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	温度	6 学时
第二章	气体分子动理论的基本概念	6 学时
第三章	气体分子热运动速率和能量的统计分布律	9 学时
第四章	气体内的输运过程	3 学时
第五章	热力学第一定律	12 学时

第六章	热力学第二定律	9 学时
第八章	液体	3 学时
第九章	相变	6

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	平衡态 状态参量	3	课后习题：2、3、6、补充习题	
2	第一章	温度、气体物态方程	3	了解热学理论的建立和发展过程，培养学生的责任感及科学精神。 掌握平衡态、状态参量的基本概念； 掌握温度和气体物态方程。	
3	第二章	物质的微观模型 理想气体的压强	2	课后习题：8、9、11、12、13、14、补充习题	
4	第二章	温度的微观解释	2	掌握气体分子动理论的基本规律；	
5	第二章	分子力 范德瓦耳斯气体的压强	2	会用气体分子动理论求解静电场问题，推导范德瓦耳斯方程。	
6	第三章	气体分子的速率分布律 用分子射线实验验证麦克斯韦速度分布律	3	课后习题： 1、2、6、7、9、10、11、12、补充习题 掌握气体分子的速率分布律；	
7	第三章	玻耳兹曼分布律 重	3	掌握能量按自由度均分	

		力场中微粒按高度的分布		定理。	
8	第三章	玻耳兹曼分布律 重力场中微粒按高度的分布 能量按自由度均分定理	3		
9	第四章	气体分子的平均自由程	1	课后习题： 7、9、10、11、12、补充习题	
10	第四章	输运过程的宏观规律 输运过程的微观解释	2	掌握气体分子的平均自由程和运输过程。	
11	第五章	热力学过程 功 热量	3		
12	第五章	热力学第一定律 热容 焓	3	课后习题：2、3、7、8、9、13、补充习题	
13	第五章	气体的内能 焦耳-汤姆孙实验	3	理解热力学过程； 掌握热力学第一定律。	
14	第五章	热力学第一定律对理想气体的应用 循环过程和卡诺循环	3		
15	第六章	热力学第二定律 热现象过程的不可逆性 热力学第二定律的统计意义	5	课后习题：1、2、9、补充习题	
16	第六章	卡诺定理 热力学温标 熵 熵增加原理	4	掌握热力学第二定律、卡诺定理、热力学温标。	

		熵与热力学概率			
17	第八章	液体的微观结构 液晶 液体的彻体性质	1	课后习题：2、3、4、6、7、补充习题 了解液体的微观结构、液晶、彻体性质，掌握液体的表面性质。	
18	第八章	液体的表面性质	2		
19	第九章	单元系一级相变的普遍特征 气液相变 克拉珀龙方程 临界温度很低的气体的液化 低温的获得 范德瓦耳斯等温线 对比物态方程 固液相变 固气相变 三相图	6	掌握相、相变、一级相变；理解克拉珀龙方程；掌握三相图，培养学生的创新精神。	

六、教材及参考书目

- 1、秦允豪 热学 高等教育出版社
- 2、黄淑清 热学教程 高等教育出版社
- 3、包科达 热学教程 科学出版社
- 4、张玉民 热学 科学出版社
- 5、赵凯华 热学 高等教育出版社

七、教学方法

采用板书和电子讲义的方式，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；教学中始终突出以学生为本的教育理念，重视课程的规划和建设，按照课程体系制定规范的教学大纲和教学进度表因材施教，使学生掌握物理学的发展脉络和科学思维方法，使学生变被动学习为主动学习，真正达到从会学到好学；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解决问题能力的培养；及时与学生进行有效沟通，布置课后作业，必要时进行习题讲解；通过对热学中的一些问题和相关的

物理前沿问题讨论分析，加深学生理解热本质，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	过程化考试+平时学习表现
课程目标 2	相关教学内容	过程化考试+平时学习表现
课程目标 3	相关教学内容	过程化考试+平时学习表现
课程目标 4	相关教学内容	过程化考试+平时学习表现

（二）评定方法

1. 评定方法

过程化考试 4-5 次，占 80%，平时成绩（作业、讨论等）20%。

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	过程化考试	总评达成度
课程目标 1	60%	60%	（例：课程目标 1 达成度 = {0.2 x 平时目标 1 成绩 + 0.8 过程化考试目标 1 成绩} / 目标 1 总分。 过程化考核按考核实际情况分析）
课程目标 2	20%	20%	
课程目标 3	10%	10%	
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	完全掌握该课程的基础知识，完全理解热的基本性质，完全掌握热运动的规律以及热运动对物体性质的影响。	掌握了该课程的基础知识，理解热的基本性质，掌握了热运动的规律以及热运动对物体性质的影响。	较好地掌握该课程的基础知识，较好地理解热的基本性质，掌握了热运动的规律以及热运动对物体性质的影响。	基本掌握该课程的基础知识，基本理解热学基本性质，基本掌握了热运动的规律以及热运动对物体性质的影响。	没有掌握该课程的基础知识，没有理解热学基本性质，没有掌握了热运动的规律以及热运动对物体性质的影响。
课程 目标 2	深刻体会热学课程理论体系建立过程中的物理思想方法，形成了模型建构、分析与综合、推理类比等科学思维方法，掌握研究宏观物体热性质的宏观描述方法(热力学)和微观描述方法(统计物理学)。	体会了热学课程理论体系建立过程中的物理思想方法，形成了模型建构、分析与综合、推理类比等科学思维方法，掌握研究宏观物体热性质的宏观描述方法(热力学)和微观描述方法(统计物理学)。	较好地体会热学课程理论体系建立过程中的物理思想方法，较好地形成了模型建构、分析与综合、推理类比等科学思维方法，掌握研究宏观物体热性质的宏观描述方法(热力学)和微观描述方法(统计物理学)。	基本体会热学课程理论体系建立过程中的物理思想方法，基本形成了模型建构、分析与综合、推理类比等科学思维方法，掌握研究宏观物体热性质的宏观描述方法(热力学)和微观描述方法(统计物理学)。	没有体会热学课程理论体系建立过程中的物理思想方法，初步形成了模型建构、分析与综合、推理类比等科学思维方法，掌握研究宏观物体热性质的宏观描述方法(热力学)和微观描述方法(统计物理学)。
课程 目标 3	正确应用热学理论分析讨论用热学理论分析讨论固、液、气相变中的问题，有很好的科学探究能力。	可以较好地应用热学理论分析讨论用热学理论分析讨论固、液、气相变中的问题，有较好的科学探究能力。	可以应用热学理论分析讨论用热学理论分析讨论固、液、气相变中的问题，有一定的科学探究能力。	基本能够应用热学理论分析讨论用热学理论分析讨论固、液、气相变中的问题，初步形成科学探究能力。	不能准确应用热学理论分析讨论用热学理论分析讨论固、液、气相变中的问题，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。	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。	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。	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。	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。