附件 2：

中国海洋大学 热 学 课程大纲（理论课程）

英文名称: Thermal Physics

【开课单位】 物理系 【课程模块】 学科基础

【课程编号】071302101203 【课程类别】 必修课

【学时数 】 48 （理论 48 实践 0 ） 【学分数 】 3

备注：课程模块为公共基础、通识教育、学科基础、专业知识或工作技能；课程类别为必修

或选修。

一、课程描述

本课程大纲根据 2011 年本科人才培养方案进行修订或制定。

（一） 教学对象

物理系物理学专业和光信息科学与技术专业本科二年级学生。

（二）教学目标及修读要求

1、教学目标（课程结束后学生在知识、技能和态度三个层面达到的目标）

物理学是研究物质的基本结构、相互作用和物质最基本、最普遍的运动形式及其相互转

化规律的科学。物理学的基本理论和基本技能渗透于各科技领域而成为自然科学和工程技术

的基础。

作为物理学基础课， 通过本门课程的教学,使学生全面系统地学习物理学的基本原理和基本

知识，着重要求学生掌握物理学的基本概念、基本规律和基本方法，让学生建立起鲜明的物理

图像，为学生其它课程的学习和学生毕业后从事与物理学相关科研、教学等工作打下良好的基

础。教学过程中应使学生受到科学思维的严格训练，帮助学生树立辩证唯物主义世界观，培养

学生的探索精神、创新精神和利用科学的工作方法解决实际问题的能力。充分发挥本课程在提

高学生素质方面的重要作用。

2、修读要求（简要说明课程的性质，与其他专业课程群的关系，学生应具备的基本专业素

质和技能等）

热物理学是研究有关物质的热运动以及与热相联系的各种规律的科学。它与力学、电磁学

及光学一起共同被列为经典物理的四大基石。在各种实际变化过程中，热运动与机械的、电磁

的等其他基本运动形式之间存在着极为广泛和深刻的内在联系。热学是热力学与统计物理、半

导体物理、量子力学和固体物理等课程的重要基础课。

对于普通物理学——热学的学习，学生应具有扎实的高等数学知识，具有文献检索、资料

查询和运用现代信息技术获取相关信息的基本方法。具有一定英语阅读能力。

（三）先修课程（参照 2011 版人才培养方案中的课程名称，课程名称要准确）

高等数学、力学

二、教学内容

（一）第一章 导论

1、主要内容：

热学是热物理学得简称，它有宏观描述和微观描述两种方法。本章作为导论在宏观上要

介绍热物理学最基本的概念：平衡态，温度、压强以及它们满足的状态方程；从微观上要介

绍物质的微观模型，并且利用它来描述温度、压强以及各种状态方程。

2、教学要求： （按照掌握、理解、了解三个层次对学生学习提出要求）

（1）理解热力学是热物理学的宏观理论，而统计物理学则是热物理学的微观理论。

（2）热力学系统的平衡态

（ⅰ）理解热力学与力学的区别。热物理学中一般不考虑系统作为一个整体的宏观的机

械运动。若系统在作整体运动，则常把坐标系建立在运动的物体上。

（ⅱ）理解平衡态的定义：在不受外界条件影响下，经过足够长时间后系统必将达到一

个宏观上看来不随时间变化的状态才是平衡态。

（ⅲ）判别是否处于平衡态的方法——看系统中是否存在热流与粒子流。或者看是否同

时满足力学平衡条件（ 即系统内部各部分之间、系统与外界之间应达到力学平

衡）、热学平衡条件（ 即系统内部的温度处处相等 ）、化学平衡条件（ 指系统

各部分的化学组成也应是处处相同 ）。

（3）热力学第零定律和温标

（ⅰ）理解热力学第零定律的物理意义——互为热平衡的物体之间必存在一个相同的特

征（ 它们的温度是相同的 ）。

（ⅱ）理解温标是温度的数值表示法。理解经验温标的三个要素。

（ⅲ）了解摄氏温标、理想气体温标和热力学温标。

（ⅳ）理解国际上规定热力学温标为基本温标，一切温度测量最终都以热力学温标为准。

虽然热力学温标只是一种理想化的温标，但它却与理想气体温标是一致的。只要

在理想气体温标适用的范围内，热力学温标就可通过理想气体温标来实现。

（4）物态方程

（ⅰ）理解处于平衡态的某种物质的诸热力学参量（ 如压强、体积、温度 ）之间所满

足的函数关系称为这种物质的物态方程，或称状态方程。物态方程中一般都都显

含状态参量温度 T。

（ⅱ）掌握理想气体物态方程。理解能严格满足理想气体物态方程的气体被称为理想气

体，这是从宏观上对什么是理想气体做出的定义。

（5）物质的微观模型

（ⅰ）理解物质的微观模型的基本内容： 1, 物质由大数分子组成。 2, 分子（ 或原子 ）

处于不停的热运动中。 3, 分子间存在吸引力与排斥力。

（ⅱ）了解布朗运动是如何形成的。

\*

简单了解涨落现象。

（6）理想气体微观描述的初级理论

（ⅰ）理解理想气体微观模型

理想气体微观模型是指： 1, 分子线度比分子平均间距小得多而可忽略不计。 2,

除碰撞一瞬间外，分子间互作用力可忽略不计。 3, 处于平衡态的理想气体，

分子之间及分子与器壁间的碰撞是完全弹性碰撞。气体分子动能不因碰撞而损

失，在碰撞中动量守恒、动能守恒。

（ⅱ）掌握洛施密特常量——标准状况下 1 m

3

理想气体中的分子数

3 25

0 m 10 7 . 2



  n

（ⅲ）会对一些微观物理量（ 例如分子线度、分子质量、分子数密度等 ）进行数量级

估计。

（ⅳ）掌握单位时间内碰在单位面积器壁上的平均分子数（ 简称气体分子碰壁数 ）

6 / v n  

的推导过程和近似假定。

（ⅴ）掌握理想气体压强公式

 

2

3 / 1 v nm p 

和

nkT p 

（ⅵ）理解玻耳兹曼常量

1 23

A K J 10 38 . 1 /

 

    N R k

（ⅶ）掌握理想气体分子热运动平均平动动能公式

2 / 3 2 /

2

t

kT v m   

（ⅷ）理解温度的微观意义——温度是平衡态系统中的微观粒子热运动程度强弱的度

量。

（7）分子间作用力势能与范德瓦耳斯方程

（ⅰ）了解分子间作用力曲线和分子间互作用势能曲线。

\*

会利用它们来简单分析分子

间的对心碰撞等问题。

（ⅱ）理解范德瓦斯方程

RT b V V a p    ) )( / ( m

2

m

理解它是在理想气体方程基础上作分子固有体积修正和分子吸引力修正以后得

到的。理解固有体积修正

b

是分子固有体积的 4 倍，经过修正以后

b

前面取

负号。理解分子吸引力修正就是内压强

2

m

/ V a p

i

 

，经过修正以后

2

m

/ V a

前

面取正号。

3、重点、难点：

平衡态、热力学平衡、热力学第零定律与温度的意义，理想气体温标，理想气体微观模型，

理想气体压强及温度的微观意义，理想气体状态方程， 分子间作用力势能与真实气体物态

方程。

4、其它教学环节（如实验、习题课、讨论课、其它实践活动）：

通过课下，与学生讨论，加深对课堂知识的理解。

（二）第二章 分子动理学理论的平衡态理论

1、主要内容：

本章主要在理想气体微观模型的基础上用概率统计的方法来描述气体分子的速度分布

（麦克斯韦速率分布和麦克斯韦速度分布以及它们的重要应用——气体分子碰壁数）和空间

位置分布（外力场中自由粒子的分布），并由此得到玻尔兹曼分布。本章还讨论了分子无规

则运动的能量所遵从的统计规律——能量按自由度均分定理。

2、教学要求： （按照掌握、理解、了解三个层次对课程内容提出要求）

（1）了解分子动理论的主要特点。

（2）掌握概率的基本性质和求平均值和基本方法。 理解什么是概率分布函数。

（3）麦克斯韦速率分布

（ⅰ）初步了解验证麦克斯韦速率分布的分子射线束实验。

（ⅱ） 掌握麦克斯韦速率分布函数， 理解它的物理意义， 理解它的分布曲线是如何的，

理解它的分布曲线是如何分别随了温度或者气体分子质量而改变的。

（ⅲ）熟练掌握平均速率、方均根速率、最概然速率这 3 个公式。

（4）麦克斯韦速度分布

（ⅰ）理解速度空间概念。

（ⅱ） 理解麦克斯韦速度分布是任一分子处在速度空间中任一体积为

z y x

v v v d d d

的小立

方体中的概率。

（ⅲ）掌握麦克斯韦速度分布。

（ⅳ）理解如何利用麦克斯韦速度分布导出麦克斯韦速率分布。

（ⅴ）了解相对于最概然速率的麦克斯韦速度分布和速率分布。

（5）了解气体分子碰壁数及其应用。

（6）外力场中自由粒子的分布 玻耳兹曼分布

（ⅰ）掌握等温大气压强公式。

（ⅱ）了解旋转体中悬浮粒子径向分布及其应用。

（ⅲ）了解玻耳兹曼分布。

（7）能量均分定理

（ⅰ）理解自由度与自由度数。

（ⅱ）掌握能量均分定理， 理解对于常见的双原子分子一般都有 3 个平动自由度、2

个转动自由度。

3、重点、难点：

速率分布概率密度（速率分布函数）、麦克斯韦速率分布与能量均分定理。

4、其它教学环节：（如实验、习题课、讨论课、其它实践活动）：

通过演示实验课，例如伽尔顿板实验，加深对课堂讲解内容的理解

（三）第三章 输运现象与分子动理学理论的非平衡态理论

1、主要内容：

本章主要讨论非平衡态气体的微观过程，特别是接近平衡时的非平衡态过程。分子动理

学理论的“最终及最高目标是描述气体由非平衡态转入平衡态的过程”。而这些近平衡的非平

衡过程中最为典型的例子是气体的黏性、扩散现象和热传导现象。这三种过程分别对应于定

向运动动量较高的分子越过某平面与定向运动动量较低的分子混合所产生的与黏性有关的

分子运动过程， 热运动动能较大的分子越过某平面，与热运动动能较小的分子混合所产生的

与热传导有关的过程及一种分子越过某平面与其他种分子混合的扩散过程，它们都称为输运

现象。

2、教学要求： （按照掌握、理解、了解三个层次对课程内容提出要求）

（1）黏性现象

（ⅰ）理解什么是层流，什么是湍流。掌握牛顿黏性定律，理解气体黏性微观机理。

（ⅱ）了解泊肃叶定律，※理解什么是管道流阻；了解斯托克斯定律。

（2）扩散现象：掌握菲克定律，理解气体扩散微观机理。

（3）热传导现象

（ⅰ）掌握傅里叶定律，理解气体热传导微观机理。

（ⅱ）会利用热阻作简单的热传导计算。

（4）对流传热：了解自然对流和牛顿冷却定律。

（5）气体分子平均自由程

（ⅰ）理解什么是碰撞（散射）截面，掌握刚性分子碰撞截面公式。

（ⅱ）掌握气体分子间平均碰撞频率和分子平均自由程公式。

（6）气体输运系数： 理解气体黏性系数气体的导出；理解气体黏性系数、 气体热传

导系数、气体扩散系数是如何分别随了温度和压强而变化的。

（7）理解稀薄气体特征，理解真空概念。理解稀薄气体中热传导现象。

3、重点、难点：

粘性现象、热传导现象和扩散现象所遵循的宏观规律，理想气体三种输运现象的微观解释，

分子间平均碰撞频率，气体分子平均自由程。

4、其它教学环节：（如实验、习题课、讨论课、其它实践活动）：

通过演示实验，加深对理论课讲解内容的理解

（四）第四章 热力学第一定律

1、主要内容：

本章的内容主要是运用宏观观点和方法来研究热现象的基本规律。在本章中，首先介绍

准静态过程的概念，然后引入功、内能和热量这三个重要的物理量，并讨论在任意热力学过

程中系统的内能改变与功和热量之间的关系，从而阐明热力学第一定律。然后讨论理想气体

的内能，引进热容的概念，并研究热力学第一定律在理想气体的准静态过程中德应用，最后

通过对惹急循环过程的理论研究，揭示决定热机效率的基本因素，并为下一章的教学奠定基

础。

2、教学要求： （按照掌握、理解、了解三个层次对课程内容提出要求）

（1）理解准静态过程的概念，掌握计算准静态过程的功的公式及功的图线表示法。

（2）理解功、热量和内能三个概念的含义及三者的区别。

（3）掌握热力学第一定律的意义及其数学表达式，指出第一类永动机不可能造成。

（4）通过热力学第一定律对理想气体的等容、等压、等温、绝热等四个过程的应用，

掌握应用热力学第一定律分析热力学过程的基本方法。

（5）介绍循环过程的一般概念和正循环的热机效率及逆循环的致冷系数的定义式，着

重分析卡诺循环并推导理想气体准静态过程的卡诺循环效率公式。

3、重点、难点：

功、热量、内能的物理意义及其计算；热容量的定义及物理意义；热力学第一定律及其对

理想气体各种过程的应用；循环过程热机效率的计算

4、其它教学环节：（如实验、习题课、讨论课、其它实践活动）：

通过演示实验，加深对理论课讲解内容的理解

（五）第五章 热力学第二定律与熵

1、主要内容：

本章首先结合热机效率等问题总结出热力学第二定律的两种经典表述，揭示热力学第二

定律的普遍意义。提出一种理想循环——卡诺循环，再介绍卡诺定理，并应用热力学第二定

律证明这个定理从而找出提高热机效率的途径，并由热力学第二定律建立热力学温标，最后

引入态函数熵，找出热力学第二定律的数学表述，并运用熵的概念讨论自发过程进行的方向

和限度。

2、教学要求： （按照掌握、理解、了解三个层次对课程内容提出要求）

（1）掌握热力学第二定律的开尔文表述和克劳修斯表述。论证两种表述的一致性，指

出第二类永动机是不可能造成的。

（2）理解可逆过程、不可逆过程的概念，通过摩擦生热、热传导、气体自由膨胀的实

例指出与热现象有关的实际宏观过程的不可逆性。

（3）掌握卡诺循环，理解卡诺定理。

（4）理解热力学温标，突出其不依赖于任何测温物质，明确热力学温标与理想气体温

标的一致性，从而能够在一定范围内使用气体温度计测定热力学温标。

（5）了解由克劳修斯等式引出态函数熵，介绍热力学第二定律的数学表达式，由克劳

修斯不等式推证熵增加原理。

（6）了解通过气体自由膨胀的微观过程，分析揭示实际宏观过程的不可逆的原因，从

而阐明热力学第二定律的统计意义。

3、重点、难点：

热力学第二定律的两种表述及其实质，热力学第二定律的实质，与第一定律、第零定律的

区别，熵的概念与熵增加原理

4、其它教学环节：（如实验、习题课、讨论课、其它实践活动）：

通过演示实验，加深对理论课讲解内容的理解

（六）第六章 物态与相变

1、主要内容：

本章除了对固态作简单介绍外，重点讨论液体（以及它的表面性质），以及液气转变，

并且通过液气转变的讨论，掌握物态变化的一般概念和规律，然后讨论固液转变和固气转变，

最后通过物质的 p-V -T 曲面对物态平衡及转变的条件作一个概括性回顾。

2、教学要求： （按照掌握、理解、了解三个层次对课程内容提出要求）

（1）理解什么是物态？什么是相？自然界中的五种物态是什么？理解固态、液态都属

于凝聚态。

（2）理解晶体的宏观特征是什么。理解什么是单晶体；什么是多晶体。简单了解晶体

的微观结构。理解晶体在长程与短程上均是有序的。

（3） 简单了解：（ⅰ）液体的短程有序和长程无序的结构。整个液体由一个个单元组成。

同一单元中呈现一定的有序性，而不同单元的有序性各有差异。

（ⅱ）液体分子热运动的特点为分子都在平衡位置附近作振动。在同一单元中的液

体分子振动模式基本一致，不同单元间分子振动模式各不相同。但是这种状况仅能

保持短暂时间（它称为称定居时间）。以后，由于涨落等其他因素，单元会被破坏，

并和其它分子重新组成新单元，因而液体具有流动性。

（4）液体的表面现象

（ⅰ）理解表面张力是作用于液体表面上的使液面具有收缩倾向的一种力。从微观上看，

表面张力是由于液体表面的过渡区域 ( 称为表面层 ) 内分子力作用的结果。单

位长度上的表面张力称为表面张力系数 σ，它也等于在等温条件下增加单位面积

液体表面所增加的表面自由能。

（ⅱ）理解弯曲液面的附加压强是由表面张力产生。掌握球形液面附加压强（液体球内

比球外压强增加的数值 ）公式

R p p σ/ 2  

球外 球内

（ⅲ）了解任意弯曲液面附加压强的表达式—拉普拉斯公式

)

1 1

(

2 1

R R

σ p  

其中

1

R

和

2

R

分别为互相垂直的正截面在弯曲液面上截得的曲线的曲率半

径。

（ⅳ） 理解什么是润湿现象，什么是不润湿现象，并且能够做定性解释。 理解什么是接

触角

θ

。理解

0

90 0   θ

为润湿的情形，

0 0

180 90   θ

为不润湿的情形。

习惯把

0  θ

时的现象称为完全润湿，

0

180  θ

的现象称为完全不润湿。

（5）相变

（ⅰ） 理解物质在压强、温度等外界条件不变的情况下，从一个相转变为另一个相的过

程称为相变。相变过程也就是物质结构发生突然变化的过程。在相变中都伴随有

某些物理性质的突然变化。

（ⅱ）气液相变

理解饱和蒸汽是在气、液两相共存时满足力学、热学及化学平衡条件的蒸汽相。

饱和蒸汽的压强称为饱和蒸汽压。描述饱和蒸汽压随温度的变化曲线称为饱和蒸

汽压曲线。

了解在一定温度和蒸汽压下液滴凝结的临界半径。理解什么是过饱和蒸汽，什么

是过热液体，它们都是亚稳态。

理解产生沸腾的条件。理解沸点就是液体的饱和蒸汽压等于液体上方气体压强时

的液体温度。

理解真实气体等温线和范德瓦耳斯等温线以及它们之间的对应关系。了解范德瓦

耳斯等温线各线段的物理意义。了解临界点的特点。理解临界参数是什么。掌握

摩尔汽化热公式

（ⅲ）了解固－液、固－汽相变。掌握摩尔熔解热、摩尔升华热公式

（ⅳ）了解由压强、体积为直角坐标所表示的能够描述汽、液、固三相以及两相共存

的状态图。了解由压强、温度为直角坐标所表示的能够描述汽、液、固三相的

相图。

（ⅴ）了解克拉珀珑方程，它表示了在由压强、温度为直角坐标所表示的相图上的两相

共存曲线中各点的斜率。

3、重点、难点：

球形液面附加压强及其运算，润湿与不润湿，毛细现象

4、其它教学环节：（如实验、习题课、讨论课、其它实践活动）：

通过讨论课，深入理解理论课中讲解的内容

) ( ) ( m l, m g, m l, m g, 0 m l, m g, m l, m g, m v, S S T V V p U U H H L         ) ( ) ( m s, m g, m s, m g, 0 m s, m g, m s, m g, m s, S S T V V p U U H H L         ) ( ) ( m s, m l, m s, m l, 0 m s, m l, m s, m l, m m, S S T V V p U U H H L        

三、教学环节及学时分配

本课程总学时 48 学时（如有实践环节根据课程的实际情况填写，如实验、上机、

案例讨论和角色扮演等） ，其学时分配见下表。

热学课程教学学时分配表

教学内容 总学时

课堂教学学时 课外辅导/

课外实践

学时

备注

理论讲授

实 践 环

节

总论

第一章 导论 7 7 0

第二章分子动理学理论的平衡态

理论

10 10 2

第三章输运现象与分子动理学理

论的非平衡态理论

8 8 1

第四章热力学第一定律 9 9 1

第五章热力学第二定律与熵 8 8 1

第六章物态与相变 6 6 0

合 计 48 48 0

四、考核方式及评价体系（考核方式及成绩评价体系由老师根据课程自己设定）

1、考核方式：闭卷考试

2、评价体系：课程考核成绩由平时成绩和期末考试成绩构成，平时成绩根据出勤、课

堂讨论、课后作业、期中检查等评定，所占比重一般不超过 50%。考核各部分的比重由老

师结合课程内容给定：平时成绩： 30 %期末考试： 70 %

五、选用教材及必读参考书（注明作者、出版社、出版时间及版次）

1、选用教材：热学 秦允豪 高等教育出版社 2011 年 1 月第三版

2、主要参考书：

（1）赵凯华，罗蔚茵，新概念物理教程，热学，高等教育出版社，1998 年。

（2）李椿，章立源，钱尚武，热学，人民教育出版社，1980 年。

（3）王竹溪，热力学简程，人民教育出版社，1979 年。

（4） R．瑞斯尼克，D．哈立德著，郑永令 译，物理学，第一卷、第二分册，科学出版

社,1980 年。

（5）王楚、李椿、徐安士，热学（基础物理教程 面向 21 世纪课程教材），2003 年。

（6）常树人，热学，南开大学出版社，2001 年。

（7）费曼等(美) ，费曼物理学讲义，第一卷，上海科技出版社，2005 年。

（8）黄淑清、聂宜如、申先甲，热学教程，第二版，高等教育出版社，2003 年。

（9）张玉民，热学，科学出版社，2006 年。

六、撰写小组成员： 李春 撰写时间：2012 年 4 月 20 日

七、审核人：