

# 《固体物理》课程教学大纲

## 一、课程基本信息

英文名称	Solid State Physics	课程代码	PHYS3005
课程性质	专业必修课程	授课对象	物理学
学 分	4 学分	学 时	72 学时
主讲教师	韩琴	修订日期	2021 年 9 月
指定教材	黄昆, 固体物理, 北京: 高等教育出版社, 1988.		

## 二、课程目标

### (一) 总体目标:

让学生通过本课程的学习掌握理想晶体的基本结构特性和固体材料的宏观对称性, 晶体的结合性质、晶格振动的基本特征、金属的自由电子气模型, 能带理论等; 要求学生掌握固体物理的基本概念和基本规律, 能建立起鲜明的物理图象, 特别强调对物理模型的建立和描述, 处理各种大量粒子系统的近似方法, 注意理论和实际的结合。在教学中通过对物理前沿课题、新技术应用的教学和讨论, 强化学生对固体物理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:** 掌握固体物理学的基础知识和基本理论; 重点掌握晶体所具有的微观特征和宏观特征的数学描述方法, 并把其运用在晶格振动, 电子运动以及晶体物性的研究中去; 培养学生运用对称观念求解问题的思路和方法。

**课程目标 2:** 对晶格振动和电子运动能够建立出自己的物理图景, 运用所学知识分析和解决物理问题, 掌握处理多粒子系统的近似方法, 注意理论和实际的结合; 提高学生的建模能力和分析问题与解决问题的能力。

**课程目标 3:** 了解固体物理发展的主要脉络、重大科学事件和科学家故事等; 了解现代研究固体的常用实验手段和方法; 培养学生的现代科学意识, 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
课程目标 1	第〇章 前言 第一章 晶体结构 第二章 固体的结合 第三章 晶格振动与晶体的热学性质 第四章 金属电子论 第五章 能带理论 第六章 晶体中电子在电场中的运动	毕业要求 2: 掌握数学、物理相关的基础知识、基本物理实验方法和实验技能, 具有运用物理学理论和方法解决问题、解释或理解物理规律。
课程目标 2	第〇章 前言 第一章 晶体结构 第二章 固体的结合 第三章 晶格振动与晶体的热学性质 第四章 金属电子论 第五章 能带理论 第六章 晶体中电子在电场中的运动	毕业要求 2: 掌握数学、物理相关的基础知识、基本物理实验方法和实验技能, 具有运用物理学理论和方法解决问题、解释或理解物理规律。
	第一章 晶体结构 第二章 固体的结合 第三章 晶格振动与晶体的热学性质 第四章 金属电子论 第五章 能带理论 第六章 晶体中电子在电场中的运动	毕业要求 7: 具有课题调研、设计、数据处理和学术交流能力。
	第二章 固体的结合 第三章 晶格振动与晶体的热学性质	毕业要求 8: 具有自主学习和终身学习意识和社会适应能力。

	第四章 金属电子论 第五章 能带理论	
课程目标 3	第〇章 前言 第一章 晶体结构 第二章 固体的结合 第三章 晶格振动与晶体的热学性质 第四章 金属电子论 第五章 能带理论 第六章 晶体中电子在电场中的运动	毕业要求 3: 了解物理学前沿和发展动态, 新技术中的物理思想, 熟悉物理学新发现、新理论、新技术对社会的影响。

### 三、教学内容

#### 第〇章 前言

##### 1. 教学目标

了解固体的概念, 固体物理的研究内容和研究方法; 了解晶体的概念, 晶体的研究历史, 晶体的实验研究史, 晶体的特征。

##### 2. 教学重难点

晶体的特征和物性之间的关系。

##### 3. 教学内容

固体的概念, 固体物理的研究内容和研究方法; 晶体的概念, 晶体的研究历史, 晶体的实验研究史, 晶体的特征。

##### 4. 教学方法

教师讲授, 师生讨论等等。

##### 5. 教学评价

课堂讨论、课后阅读。

#### 第一章晶体结构

##### 1. 教学目标

掌握基元、点阵、基矢、格矢、原胞、 $w$ -s 原胞、晶面、晶列等描述晶体几何性质的基本物理量；区分简单晶格和复式晶格(sc, bcc, fcc, hcp, 金刚石, CsCl, NaCl, 立方 ZnS, 六方 ZnS)；熟悉常见晶格实例；了解晶体的对称性, 基本的对称操作(点群对称、空间对称), 七大晶系, 十四种布拉菲点阵, 32 类点群；了解晶体学的建立和发展过程, 培养学生探究本质的科学精神。

## 2. 教学重难点

掌握晶体的描述是由基元和点阵构成；掌握倒格子的概念及其衍生的几何关系。

## 3. 教学内容

### 3.1 一些晶格的实例

理解致密度的意义, 会计算致密度；理解密堆积的形式, 知道有两种密排方式；会画金刚石、NaCl, CsCl, ZnS 等常见晶体的晶胞。

### 3.2 晶格的周期性

从晶体实例中抽象出结构基元和点阵的概念；理解晶胞和原胞的概念；会从具体的晶体结构图中画出原胞, 并用合适的数学形式表示出来；掌握简单立方、体心立方和面心立方的原胞和晶胞的结构关系；理解为什么要区分简单晶格和复式晶格, 简单晶格和复式晶格有什么关系。能够判定单一原子组成的晶格是简单还是复式晶格；能够用数学表达式描述晶格周期性和原子位置, 为后续的计算打好基础。

### 3.3 晶向、晶面和它们的标志

理解各向异性, 学会如何标识晶向, 理解等效晶向；理解米勒指数的定义, 学会用米勒指数标识晶面, 了解低指数面的物理学意义。

### 3.4 倒格子

掌握倒格子的两种定义以及基本的 7 个性质；理解倒格子空间和实空间的变换关系；了解倒易点阵的意义。

### 3.5 晶体的宏观对称性

掌握和理解基本的对称操作和表示方法, 能够判断物体的对称特征。难点是旋转反演操作；立方体、正四面体、和正六角柱。要求能够熟练分析它们所有的对称操作；掌握群的概念, 群的四个要素, 以及对称操作群的闭合性等特点；以介电张量为示例, 展示对称性分析在物理中的应用。

### 3.6 点群

要求掌握晶体学点群中不存在五重轴证明。难点是理解为什么不存在五重轴；了解十种对称素组成的 32 个点对称操作群, 即点群, 粗略知道它们的构型和分类。

### 3.7 晶格的对称性

了解晶系的划分方法, 对应的 14 种布拉伐格子的由来, 以及相应的点群；了解空间群的概念, 以及晶体学中表示空间群的方法和符号。

### 3.8 晶体表面的几何结构

掌握二维原胞的画法，及其具有的对称性。掌握二维倒格矢的计算；了解晶体解理后的表面结构的常见特点和描述方法。

### 3.9 晶体的 X 射线衍射

了解研究晶体结构的常见方法和实验设备；掌握布拉格反射公式，了解劳厄衍射方程，理解其等价性。

### 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 固体的结合

### 1. 教学目标

掌握晶体结合的五种方式：离子性结合、共价键结合、金属性结合、范德瓦尔斯结合、氢键结合；熟悉离子性结合和范德瓦尔斯结合势的表示形式；了解晶体共价结合的方向性和饱和性；了解元素和化合物结合的规律性。

### 2. 教学重难点

结合能和弹性模量的计算。

### 3. 教学内容

#### 3.1 离子性结合

理解离子成键的结合特点，计算离子之间的相互作用，包括库仑作用和排斥能，从相互作用能计算内能和晶格常数，弹性模量等物理量；了解离子晶体的结构与特征。

#### 3.2 共价结合

由氢分子出发，理解共价键的本质、共价键的特点；扩展学习杂化轨道在共价键中的解释和意义。

#### 3.3 金属性结合

了解金属键提出的背景和历史发展，了解其相互作用的主要来源；金属晶体倾向于紧密堆积，了解其成键特点，以及相应的物性特点。

#### 3.4 范德瓦尔斯结合和氢键

了解范德瓦尔斯力的来源，以及对应的分子晶体结合能的计算思路，比照离子成键的相关计算，自主学习和推导非极性分子晶体的晶格常数、结合能和体变模量。了解分子晶体的结构与特征。了解氢键的来源和结构特征。

#### 3.5 元素和化合物晶体结合的规律性

理解电负性的概念，并用电负性的概念判断晶体的结合类型和规律。学生自学内容。

### 4. 教学方法

教师讲授，自主学习等。

### 5. 教学评价

编程计算，课后相应习题，补充习题。

## 第三章 晶格振动与晶体的热学性质

### 1. 教学目标

掌握从运动方程推导一维单原子链和一维双原子链的色散关系；掌握格波的特点、周期性边界条件和布里渊区的基本概念；了解描述晶格振动的声学波、光学波的物理意义和声子的概念；掌握晶格振动的量子热容理论，计算晶格振动谱密度；体会类比的物理学思想。

### 2. 教学重难点

运动方程，色散关系特点，声子的概念，晶格振动谱。

### 3. 教学内容

#### 3.1 一维单原子链

了解简谐近似的来源，理解什么是简谐近似。会写出一维单原子链的动力学方程，并且能求解出振动频率和波矢的关系，即色散关系。理解格波的含义，能够指出格波和平面波的联系和区别，指出波矢  $q$  的含义。理解玻恩-卡门周期性边界条件，能够给出波矢  $q$  的取值以及其范围。理解长波和短波极限下，原子链的振动模式。本节要求掌握晶格振动的基本研究思路和方法。

#### 3.2 一维双原子链 声学波和光学波

掌握一维双原子链的处理方法，并能扩展到多原子链以及三维的情况。掌握  $q$  波矢的取值及其意义。了解声学波和光学波的区别以及特征，能够分析长波和短波极限下，原子链的振动模式。

#### 3.3 三维晶格的振动

了解三维复式格子的动力学方程组及其解的特点。掌握声学支和光学支的数量。掌握  $q$  的取值及其范围，以及如何用倒格子表示  $q$ 。掌握晶格振动的模式数和晶体的总自由度数度的关系。掌握简约布里渊区的做法。了解金属晶体，共价晶体的声子振动谱的基本特点。

#### 3.4 晶格振动的量子理论

从经典力学出发，通过坐标变换把晶格哈密顿量对角化为平方和的形式，借助哈密顿量，通过变换得到对应的量子力学体系中的波动方程，求解获得系统的本征态和本征能量。理解声子的意义，掌握声子所服从的统计规律。

#### 3.5 晶格热容的量子理论

掌握热容定义，了解经典的理论。了解低温的发展带来的晶格热容的新结论。结合晶格振动的量子理论，计算晶格热容。爱因斯坦模型的假设和相应的结论，及其局限性。德拜模型的假设，掌握基于德拜模型的热容量的计算，及其相应的结论。了解德拜模型的局限性。

#### 3.6 晶格振动模式密度

了解晶格振动模式的意义。掌握模式密度的一般表达方法，并会根据定义和公式探讨简单体系的振动模式密度。晶格振动谱的测定方法其本质是利用波与格波的相互作用。了解中子与声子的非弹性散射的实验原理。了解光子和 X 射线与声子的非弹性的优缺点。

### 3.7 晶格振动谱的实验测定方法

掌握晶格振动的振动谱测定原理，了解中子非弹性散射装置，了解不同粒子与声子的非弹性散射。

### 4. 教学方法

教师讲授；师生讨论等。

### 5. 教学评价

课后习题，补充作业

## 第四章 金属电子论

### 1. 教学目标

了解经典电子气体模型，利用经典模型解释金属中的输运问题，了解经典理论的局限性；了解自由电子气模型，运用量子化的自由电子气模型解释魏德曼-弗兰兹定律；掌握功函数的概念，解释金属的接触电势差问题，了解自由电子气模型的局限性。通过对金属电子论建立的历史背景和过程，培养学生的创新精神。

### 2. 教学重难点

运用量子化的自由电子气模型解释魏德曼-弗兰兹定律，电导和热导以及热容问题。

### 3. 教学内容

#### 3.1 经典电子气体模型

了解经典电子气体模型，知道其四个基本假设，能够解释欧姆定律；计算出热导率与电导率之间的比例关系；了解经典模型的局限性。

#### 3.2 自由电子气模型

了解自由电子气体模型，知道其四个基本假设，重新解释金属的电导率；计算出热导率与电导率之间的比例关系；解释金属的电子热容问题；了解自由电子气体模型的局限性。

#### 3.3 电子发射和接触电势差

掌握功函数的概念，理解金属的接触电势差与费米面的关系。

### 4. 教学方法

教师讲授，师生讨论，翻转课堂

### 5. 教学评价

课后相应习题，补充作业

## 第五章 能带理论

### 1. 教学目标

了解周期场中的电子可用布洛赫波描述的物理意义；从近自由电子近似模型出发，了解连续能级在布里渊区边界断开形成能带的图像；从紧束缚近似出发，了解分立原子聚集成晶体一原子分立能级变成能带的图像；掌握从紧束缚近似出发，导出  $E_n(k)$  能带结构的表示式，学会从能带结构函数计算能态密度，了解能带的三种展示图式；了解等能面，费米面。

### 2. 教学重难点

能带结构的理解，和态密度的计算。

### 3. 教学内容

#### 3.1 布洛赫定理

了解固体能带的形成，理解能带理论的基本假设和研究意义。理解晶格周期性导致的电子波函数的特点，及其表达方式。能够运用量子力学知识证明布洛赫定理。根据波恩卡门边界条件给出波矢  $k$  的取值，并能理解其物理意义。

#### 3.2 一维周期场中电子运动的近自由电子近似

了解金属的自由电子气体模型的发展，利用自由电子气模型处理金属材料的电导热导问题。了解自由电子气模型的局限性。掌握近自由电子近似的模型和假设，掌握非简并微扰和简并微扰的处理方法。理解能带和能隙的产生以及其一般性质。能够区分电子波矢和简约波矢。了解能带的 3 种表示图式。

#### 3.3 三维周期场中电子运动的近自由电子近似

能够从一维周期场中电子运动的近自由电子近似类比推导出三维的情况。理解布里渊区的来源、性质及其意义，能够作出布里渊区，熟悉常见构型的布里渊区。

#### 3.4 紧束缚近似

了解原子轨道线性组合法的一般思路。掌握紧束缚近似中的零级近似和微扰处理方法。能够计算常见晶体的能带结构。了解原子能级与能带的对应关系，探索复式晶格的紧束缚近似的处理方法。

#### 3.5 晶体能带的对称性

了解对称操作算符与能量算符的对易性。理解  $E(k)$  函数的对称性及其表示方法，了解波函数的对称性。

#### 3.6 能态密度和费米面

与晶格振动模式密度比照学习，掌握能态密度函数的一般表示方法。能够运用公式计算电子的能态密度。了解近自由电子和紧束缚近似下的电子能态密度特点。了解费米球和费米面引入的缘由，能够计算费米球半径，费米能级、费米动量、费米速度和费米温度等物理量。了解晶体中的电子在能带中占据特点，初步从能带角度理解金属、半导体和导体。

### 4. 教学方法

教师讲授，同伴教学，师生讨论等



## 5. 教学评价

课后作业，补充习题

# 第六章 晶体中电子在电场中的运动

## 1. 教学目标

掌握描述电子作准经典运动的两个基本关系式：学会计算电子在不同状态下有效质量，明确有效质量的物理意义；了解在恒定电场下，布洛赫电子在实空间（倒格子空间）中的运动状况；了解在恒定磁场下，布洛赫电子在实空间（倒格子空间）中的运动状况；掌握用能带论来解释导体、绝缘体、半导体。

## 2. 教学重难点

有效质量的计算和理解；布洛赫电子在实空间（倒格子空间）的运动规律。

## 3. 教学内容

### 3.1 准经典运动

用波包的概念处理晶体中的布洛赫波，推导出准经典近似下的粒子的速度。根据功能原理导出晶体中电子的动量，理解准动量的含义。导出布洛赫电子的加速度和有效质量，并和宏观物体的加速度和质量相比较，理解有效质量的意义。要求能够从给出的  $E(k)$  函数关系计算出速度、有效质量等物理量。

### 3.2 恒定电场作用下的电子的运动

理解外加电场下电子在  $k$  空间的状态变化规律。理解外加电场下电子在实空间的运动情况，能够计算理想情况下电子在实空间的振荡周期。

### 3.3 导体、绝缘体和半导体的能带论解释

能够解释满带电子不导电的缘由。能够解释非满带电子导电的原因，利用能带结构解释导体、半导体和绝缘体的电学特性。理解空穴引入的缘由，掌握空穴的概念和特点。

## 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

# 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
----	------	------

第〇章	前言	2 学时
第一章	晶体结构	16 学时
第二章	固体的结合	6 学时
第三章	晶格振动与晶体的热学性质	18 学时
第六章	金属电子论	8 学时
第四章	能带理论	16 学时
第五章	晶体中电子在电场中的运动	6 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 数	作 业 及 要 求	备 注
1	第〇章	前 言	2	课后作业: 阅读各种固体/晶体物性的科普/科学文章 掌握晶体的概念和基本特性	
		晶格初探	2	课后习题: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 补充习题	
2		晶格的周期性	2		
		晶向、晶面和它们的标志	2		
3	第一章	倒易点阵基础	2		
		晶体的宏观对称性	2		
4		点群, 晶格的对称性	2		
		晶体表面的几何结构	2		

5		晶体的 X 射线衍射	2		
	第二章	固体的结合引言	2	课后习题：1, 2, 3, 4, 6, 7 补充习题	
6		离子型结合	2		
		共价键结合，金属性结合和范德瓦尔斯结合，元素和化合物晶体结合的规律性	2		
7	第三章	晶格振动	2	课后习题： 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11 补充习题	
		一维单原子链	2		
8		一维双原子链，声学波和光学波-1	2		
		一维双原子链，声学波和光学波-2	2		
9		三维晶格的振动	2		
		晶格振动的量子理论	2		
10		晶格热容的量子理论	2		
		晶格振动的模式密度；非简谐效应	2		
11		确定晶格振动谱的实验方法			
		第四章	自由电子气经典模型		2
12	自由电子气索末菲模型(1)		2		
	自由电子气索末菲模型(2)		2		
13	电子发射和接触电势差		2		
	第五章	布洛赫定理	2	课后习题：1, 2, 3, 4 补充习题	
14		一维周期场中电子运动的近自由电子近似-1	2		
		一维周期场中电子运动的近自由电子近似-2	2		

15		三维周期场中电子运动的近自由电子近似	2		
		紧束缚近似-----原子轨道线性组合法-1	2		
16		紧束缚近似-----原子轨道线性组合法-2	2		
		晶体能带的对称性	2		
17		能态密度和费米面	2		
	第六章	准经典运动		课后习题：1, 2, 6 补充习题	
18		恒定电场作用下的电子的运动	2		
		导体、绝缘体和报道体的能带论解释	2		

## 六、教材及参考书目

### 教材：

黄昆. 固体物理学【M】. 北京：高等教育出版社，2005年.

### 参考书目：

1. C. 基泰尔. 固体物理导论【M】. 北京：化学工业出版社，2005年.
2. 阎守胜. 固体物理基础【M】. 北京：北京大学出版社，2000年.
3. 文尚胜, 彭俊彪. 固体物理简明教程【M】. 广州：华南理工大学出版社，2007年.
4. 韩其智, 孙洪洲. 群论【M】. 北京：北京大学出版社，1987年.
5. 张建中, 杨传铮. 晶体的射线衍射基础【M】. 南京：南京大学出版社，1992年.
6. 王仁卉, 郭可信. 晶体学中的对称群【M】. 北京：科学出版社，1990年.
7. Richard M. Martin. Electronic structure【M】. Cambridge University Press, 2004年.
8. J. Singleton. Band theory and electronic properties of solids【M】. 北京：科学出版社，2009年.
9. 唐景昌, 徐伦彪. 固体理论导论【M】. 杭州：浙江大学出版社，1997年.
10. 王矜奉, 范希会, 张承琚. 固体物理概念题和习题指导【M】. 济南：山东大学出版社，2010年.

## 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，使学生掌握固体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实际问题能力的培养；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；通过对相关的物理前沿问题讨论分析，加深学生理解固体物理模型的局限性和发展方向，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

### （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

课程目标	考核占比		
	平时	过程化考试	总评达成度

课程目标 1	60%	60%	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。
课程目标 2	30%	30%	课程目标 2 达成度=0.2 x 平时目标 2 成绩+0.8 过程化考试目标 2 成绩}/目标 2 分。
课程目标 3	10%	10%	课程目标 3 达成度=0.2 x 平时目标 3 成绩+0.8 过程化考试目标 3 成绩}/目标 3 总分。

### (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	完全掌握固体物理学的基础知识和基本理论；熟练能够运用对称观念求解物理问题。	掌握了固体物理学的基础知识和基本理论；能够运用对称观念求解物理问题。	较好地掌握固体物理学的基础知识和基本理论；基本能够运用对称观念求解物理问题。	基本掌握固体物理学的基础知识和基本理论；在教师指导下能运用对称观念求解物理问题。	没有掌握固体物理学的基础知识和基本理论；不能够运用对称观念求解物理问题。
课程 目标 2	清晰的建立晶格振动和电子运动物理图景，熟练运用所学知识分析和解决物理问题，熟练掌握处理多粒子系统的近似方法，理论和实际相结合。	较清晰的建立晶格振动和电子运动物理图景，较熟练运用所学知识分析和解决物理问题，较熟练掌握处理多粒子系统的近似方法，理论和实际能够相结合。	能够建立晶格振动和电子运动物理图景，可以运用所学知识分析和解决部分物理问题，掌握处理多粒子系统的近似方法，理论和实际在某些情况下可以做到结	能够建立晶格振动和电子运动物理图景，在老师提醒下能够运用所学知识分析和解决物理问题，了解处理多粒子系统的近似方法，但是理论和实际无法结合起来讨	不能建立晶格振动和电子运动物理图景，不会运用所学知识分析和解决物理问题，没有掌握处理多粒子系统的近似方法。

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
			合。	论问题。	
课程 目标 3	了解固体物理发展的主要脉络、重大科学事件和科学家故事等；了解现代研究固体的常用实验手段和方法；深刻体会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。	部分了解固体物理发展的主要脉络、重大科学事件和科学家故事等；初步了解现代研究固体的常用实验手段和方法；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。	部分了解固体物理发展的主要脉络、重大科学事件和科学家故事等；初步了解现代研究固体的常用实验手段和方法；较好地体会了物理学家的物理思想和科学精神，有爱国热情，形成了探索未知、追求真理、永攀高峰的责任感和使命感。	部分了解固体物理发展的主要脉络、重大科学事件和科学家故事等；初步了解现代研究固体的常用实验手段和方法；基本体会了物理学家的物理思想和科学精神，有爱国热情，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。	不了解固体物理发展的主要脉络、重大科学事件和科学家故事等；初步了解现代研究固体的常用实验手段和方法；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。