

285767

地质学系图书馆
基本馆藏

高等学校交流讲义

結晶学矿物岩石学基础

华南化工学院
浙江大学合编
北京建筑工业学院



中国工业出版社

高等学校交流讲义



結晶学矿物岩石学基础

华南化工学院 浙江大学 北京建筑工业学院合編

中国工业出版社

全书分为三篇。第一篇介绍晶体的几何性质和光学性质，第二篇介绍矿物学的研究方法和主要的造岩矿物，第三篇介绍岩石学的研究方法和主要的岩类。除此以外，本书还以相当篇幅介绍实验技术。

全书侧重于结晶光学原理和偏光显微镜分析技术，适用于高等工业学校硅酸盐专业、建筑材料专业。

本书的理论部分主要根据天津大学的讲义，并参考华南化工学院和浙江大学的讲义编写而成；实验部分系根据华南化工学院的讲义编写而成。除此以外，还参考了其他有关的书籍。编写的分工：第一章至第八章，由浙江大学陈全庆同志负责，第九章由北京建筑工业学院童大懋同志负责，第十章至第三十章以及本书的全部实验均由华南化工学院王天颐同志负责，全稿最后由童大懋同志进行整理。

结晶学矿物岩石学基础

华南化工学院 浙江大学 北京建筑工业学院合编

中国工业出版社出版（北京东黄城根路10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $15\frac{1}{4}$ · 插页 5 · 字数 410,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数 00,001—25,537 · 定价 (10-6) 2.40 元

统一书号·15165·937 (化工-59)

目 次

第一篇 結晶学

第一章 概論	9
§1. 晶体的初步概念	9
§2. 晶体的内部构造	10
§3. 晶体的基本性质	13
§4. 結晶学的内容与其他科学的关系	15
§5. 結晶学发展簡史	16
§6. 結晶学在国民經济中的意义	17
第二章 晶体的形成	19
§1. 形成晶体的方式	19
§2. 晶体形成的过程	20
§3. 影响晶体生长的因素	23
§4. 晶体的溶解与再生	24
第三章 几何結晶学	26
§1. 面角恒等定律	26
§2. 晶体的对称	28
§3. 对称要素的組合	34
§4. 32种对称型	37
§5. 晶体的分类	39
实验一 晶体的几何結構和对称性	41
第四章 单形与聚形	45
§1. 引言	45
§2. 单形	46
§3. 47种单形及其在各晶系中的分布	49
§4. 聚形	53
§5. 真实晶体的单形及所属晶系的确定	54

第五章 結晶符号	56
§1. 整数定律	56
§2. 晶面符号	58
§3. 晶体定向与晶体常数	60
§4. 晶带的概念	64
实验二 晶体的形状	65
实验三 晶体的定向和結晶符号	67
第六章 晶体的規則連生	70
§1. 平行連生	70
§2. 双晶	71
§3. 浮生	75
第七章 晶体构造的几何理論和晶体构造的X-射綫分析	77
§1. 空間点陣	78
§2. 晶体結構中的对称操作和对称要素	78
§3. 布拉維十四种空間格子	81
§4. 空間群	84
§5. 晶体构造的X-射綫分析	96
§6. X-射綫的应用	100
第八章 結晶化学	102
§1. 晶体的化学結構	102
§2. 同质异象, 类质同象和固体溶液	106
第九章 結晶光学	107
§1. 光的基本概念	107
§2. 非均质晶体的光性	115
§3. 偏光显微镜	125
实验四 偏光显微镜的构造和調节	127
§4. 晶体在单偏光下的观察	134
实验五 晶体在单偏光下的观察(一)	139
实验六 晶体在单偏光下的观察(二)	144
§5. 晶体在正交偏光下的观察	150
实验七 晶体在正交偏光下的观察(一)	165

实验八 晶体在正交偏光下的观察(二).....	169
§6. 晶体在聚敛偏光下的观察.....	175
实验九 晶体在聚敛偏光下的观察(一).....	186
实验十 晶体在聚敛偏光下的观察(二).....	197
实验十一 油浸法透明矿物的鉴定.....	205

第二篇 矿物学

第十章 概論	215
§1. 关于“矿物”的概念.....	215
§2. 矿物学的内容和任务.....	216
§3. 矿物学发展简史.....	217
§4. 矿物学的实用意义.....	220
第十一章 矿物的化学成分	222
§1. 地壳的化学成分.....	222
§2. 元素的地球化学分类.....	223
§3. 矿物的化学組成.....	225
§4. 类质同象.....	226
§5. 含“水”化合物.....	228
§6. 胶体及其对矿物成分的影响.....	230
§7. 同质多象.....	231
§8. 矿物化学式的决定.....	232
第十二章 矿物的形态	233
§1. 矿物个体的形态.....	233
§2. 矿物集合体的形态.....	235
第十三章 矿物的物理性质	243
§1. 矿物的光学性质.....	243
§2. 矿物的力学性质.....	246
§3. 矿物的电学性质.....	248
§4. 矿物的磁学性质.....	249
§5. 矿物的热学性质.....	249
§6. 矿物的其他性质.....	249

实验十二 矿物的形态和物理性质	250
第十四章 矿物的成因	258
§1. 矿物的生成和变化方式	258
§2. 矿物的生成顺序和共生组合	259
§3. 矿物的形成	260
第十五章 矿物的研究方法	269
§1. 研究工作的准备——矿物的分选	269
§2. 最主要的研究方法	269
实验十三 矿物的化学性质	271
第十六章 矿物的应用	279
§1. 有用矿物的概念	279
§2. 矿物的技术检验	279
§3. 矿物的综合利用	280
第十七章 矿物的分类及命名	281
§1. 矿物的分类	281
§2. 矿物的命名	283
第十八章 硅酸盐	284
§1. 概述	284
§2. 岛状构造的硅酸盐	291
§3. 链状构造的硅酸盐	303
实验十四 硅酸盐类矿物鉴定(一)	312
§4. 层状构造硅酸盐	314
实验十五 硅酸盐类矿物鉴定(二)	331
§5. 架状构造硅酸盐	384
第十九章 碳酸盐	346
§1. 无水碳酸盐类	346
§2. 含水碳酸盐类	351
第二十章 氧化物与氢氧化物	352
§1. 氧化物	352
§2. 氢氧化物	361
实验十六 非硅酸盐类矿物鉴定(一)	363

第二十一章	硫化物	366
第二十二章	硫酸盐	372
第二十三章	氟化物及氯化物	376
第二十四章	磷酸盐	379
第二十五章	自然元素	382
§1.	自然金属元素矿物	382
§2.	自然非金属元素矿物	385
实验十七	非硅酸盐矿物鉴定(二)	388

第三篇 岩石学

第二十六章	概論	407
§1.	岩石的概念	407
§2.	岩石在国民經济中的意义	408
§3.	岩石学与硅酸盐学科的关系	408
§4.	岩石学的研究方法	409
§5.	岩石的分类	410
实验十八	岩石的产状、組織、构造和分类	410
第二十七章	岩浆岩	416
§1.	岩浆岩通論	416
§2.	岩浆岩各論	431
§3.	岩浆岩多样性的原因	448
实验十九	岩石的鑑定(一)	450
第二十八章	沉积岩	455
§1.	通論	455
§2.	沉积岩的形成过程	462
§3.	沉积岩的分类	467
第二十九章	变质岩	485
§1.	通論	485
§2.	主要的变质岩	494
实验二十	岩石的鑑定(二)	501
实验二十一	工艺岩石的鑑定	505
实验二十二	矿物岩石学复习	509

第一篇 結晶学

第一章 概論

結晶学是研究晶体的科学,因此首先应了解什么是晶体。

§1. 晶体的初步概念

在古时:無論中外都把水晶(石英晶体)称为晶体。因为它具有規則的几何外形,亦即具有多面体的形态。后来发现多面体形态的物质很多,如石盐、石英、磁铁矿等(图1)。因此,人們就把凡是具有多面体形态的一切固体都称之为“晶体”。

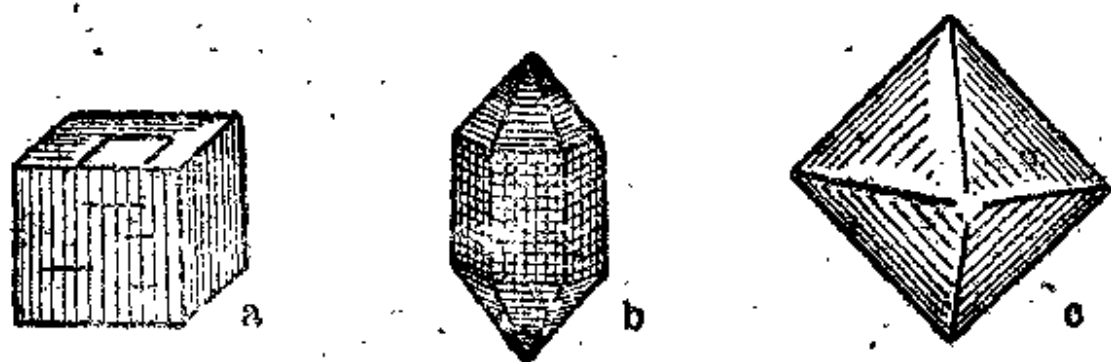


图 1 晶体的外形

a—石盐, b—石英, c—磁铁矿

晶体(結晶物质)的分布甚广;無論是在自然界、实驗室或工厂以及在我们生活周围到处都有。天然的矿物和岩石絕大部分都是結晶的物质,我們脚下踏着的砂粒和土壤,化学实驗室中的許多有机和无机化合物都是晶体。工厂中有許多原料和制成品也是結晶的物质,金属器材和耐火材料、水泥、陶瓷制品等都是由一些小晶体构成的。我們吃的食糖、盐 and 大多数药品也都是晶体。可以說我們是生活在一个結晶的世界里,这个世界是非常复杂的。不同

的晶体,其形态、颜色、大小不同,就是同种晶体,其形态、颜色、大小也往往是复杂多样的。大的晶体可以重达几百斤或几千斤,如北京地质学院有一块我国产的石英,重达673市斤。但经常遇到的晶体是很小的,有些要用显微镜才能看到,如一些天然岩石和耐火材料、水泥等工业产品中的矿物质。有些甚至在一般显微镜下也不能鉴别,而须用伦琴射线或电子显微镜才能判断,例如某些粘土矿物的晶体。还有些晶体由于生长条件的关系,而无多面体的形态(没有规则的几何外形),例如由长石、石英、云母三种矿物组成的花岗岩,因为相互挤着生长的原故,致石英晶体就没有多面体的形态了;而在由一些同样晶体聚集生成的晶簇中,可以看到同样晶体的形态有的完整,有的就不完整甚至没有。

由此可见,晶体的多面体的外形并不是晶体的本质,因而前述定义是很不严格的,而仅是初步的。

晶体的本质要到晶体的内部构造中去寻找。

§2. 晶体的内部构造

晶体具有完整的规则的外形,其内部构造亦必定很规则。自1912年德国科学家劳埃用伦琴射线研究晶体以来,到现在已经有几千种晶体的内部构造经过了详细的研究,证明晶体内部的确具有规则的构造——格子构造。

现以NaCl的晶体构造来作具体分析。

图2中所画的是自然铜、食盐、方解石晶体格子构造的一小部分,用极小的单位 $\text{\AA} = 10^{-8}$ 厘米来度量,这只能用伦琴射线才能研究。

由图中可以看出,无论是铜离子或是钠离子,在构造中任何方向上都是每隔一定的距离重复出现一次。整个构造就是这样的部分重复,所以晶体内部构造的最明显的特点就是质点的分布是有规律的,而不是杂乱无章的。质点分布的规律性又表现在相同的质点作有规律的重复,相同的质点在空间的各个方向上按一定周

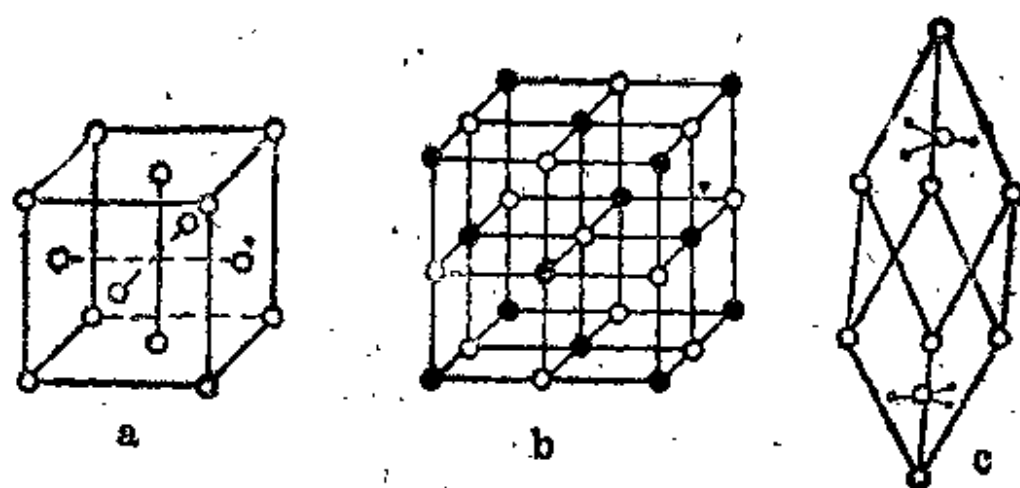


图 2 晶体的格子构造

a—自然銅；b—食鹽；c—方解石

期重复出現。

观察晶体构造中相当的点，可以看出它們在空間是作格子狀的排列的。这种格子就称为空間格子。

空間格子是表示晶体构造規律性的几何图形，对它还要說明三点：

一、空間格子上的点叫結点，它們代表着构造中相当的物质，不但质点种类相同，而且周圍环境也相同。如 NaCl 中选定 Cl^- 为結点，則空間格子应由 Cl^- 圍成，若选定 NaCl 为結点，則由 NaCl 圍成。結点可以是原子、分子或离子，不論拿什么作結点，結構图形應該相同。

二、空間格子是由相当点在三度空間无限排列而成的。实际上晶体在空間中只占有一定的体积，即占有空間格子的一部分，所以它是有限的。但考虑到晶体质点的距离极小，在一毫米大小的距离內就重复千百万次，因而在研究晶体內部构造的規律的时候，可以把空間格子看成是无限的。这样，研究的結果就有最大的适用范围。

三、关于空間格子有几个名詞介紹如下：

1. 結点——空間格子的点称結点。

2. 晶列（行列）——結点在直綫上排列而成晶列（图 3）。一

条晶列中相邻结点之间的距离称为该行列的结点间距。在同一晶列中结点间距不变,平行的行列中结点间距相等,不平行的行列中结点间距一般不等。

3. 面网——结点在平面上排列而成面网(图4)。面网中单位面积内的结点数目称为网面密度。平行的面网的网面密度是相等的,不平行的面网则一般不等。

4. 平行六面体(又称晶胞)——空间格子的一个单位,是由三对平行而且相等的面构成的(图5)。

整个的空间格子可以看成是平行六面体在三度空间重复的结果。晶体是由平行六面体面对面地迭起来而成的,犹如墙由砖砌成的一样,结点就分布在平行六面体的角顶上。空间格子的一般形式如图6所示。

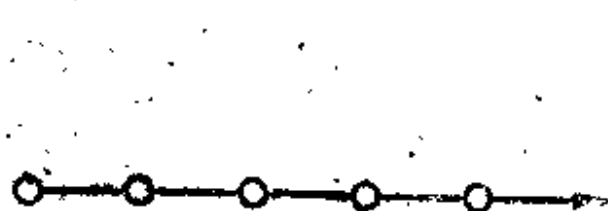


图 3 晶列

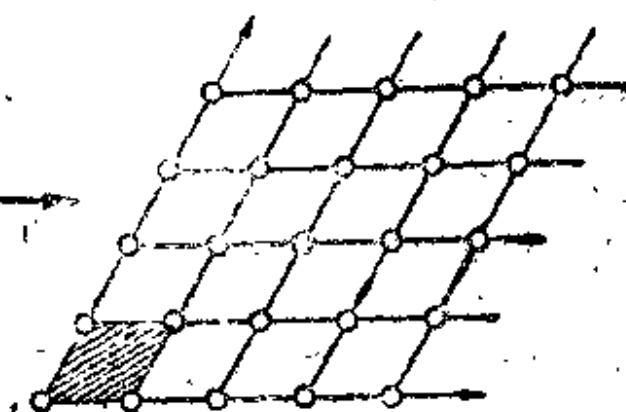


图 4 面网



图 5 平行六面体

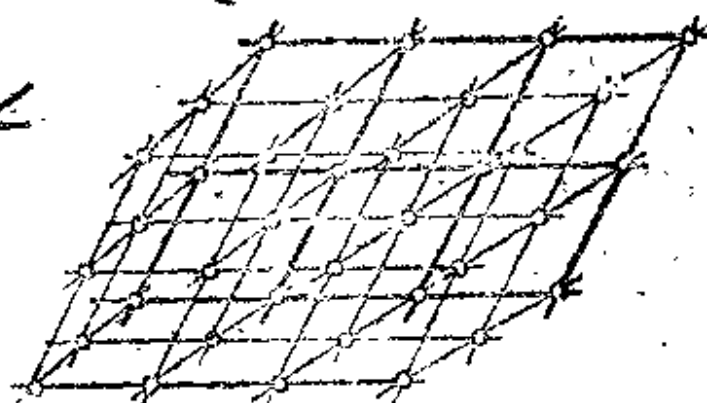


图 6 晶体的空间格子

結点、晶列、面网、平行六面体是空間格子的要素。

总结起来空間格子的定义如下：空間格子是表示晶体构造的規律性的几何图形，是由結点在三维空間作平行六面体状无限排列而成的。

所有的晶体构造中都可以分析出这种空間格子，不过具体形式各不相同。因此，晶体内部是具有格子构造的，或者说，晶体的构造是格子构造。

具有格子构造的物质称为結晶物质（晶质）；反之，质点不作規則排列的物质，即不具格子构造者，称为非晶质，如玻璃、蛋白石等。

在玻璃中质点分布杂乱无章，有如液体，因此称玻璃为过冷液体，不称为固体。只有晶体才配得上称为固体，才是真正的固体。

§3. 晶体的基本性质

为晶体所共有的，并为晶体的格子构造所决定的性质，称为晶体的基本性质，簡述如下。

一、自发地形成多面体形态

晶体在合适的条件下能自发地形成几何多面体的形态（自由生长），而占有一定的空間。这一性质称为自限性。

晶体上的平面称为晶面，是格子的最外边的面网。晶面相变成的直綫称为晶稜。晶稜会聚的点称为角頂。这是晶体的格子构造在其外形上的反映。

晶体的外形不是人为的，因而也不是任意的，因为它受晶体的内部构造的控制。

二、均一性和异向性

晶体就其内部构造来说，在不同部分上其格子是相同的，所以同一晶体在不同部分取下一块，测定其物理化学性质，結果是一样的。这就是晶体的均一性。

另一方面是，同一格子中，在不同的方向上质点的排列間距一

一般是不同的，晶体的性质，在不同的方向上也就不一样（随方向而异），这就是异向性。

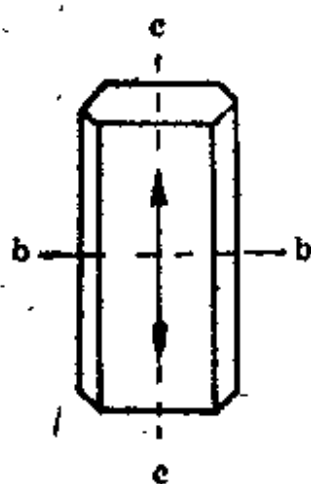


图 7 藍晶石晶体上硬度的变化 ($bb > cc$)

如矿物“二硬石”（藍晶石），不同方向就有明显不同的硬度，沿 $b-b$ 方向小刀刻划不动，沿 $c-c$ 方向则可划动。这是因为在格子构造中，不同方向的行列疏密不同的缘故（图 7）。

三、对称性

晶体由于其内部的格子构造，使其内部的质点存在着对称的性质，因此反映在外形上就常有相等的晶面，晶棱和顶角在晶体上有规律的重复出现。

四、有一定的熔点

当液体冷却时，其温度逐渐降低，到某一温度，开始转变为固体状态，此时温度即行停止下降。这是因为原子由无规则状态被排列而形成结晶格子时伴随着有能量的析出。因此，在一定的热力学环境下，晶体与物质成分相同但处于其他状态的物体比较，具有最小的内能。

这一点也表现在晶体熔融的过程中，即晶体具有一定的熔点，而且须有一定的熔融潜热。将晶体加热时，起初温度是随时间逐渐上升的，但当到某一温度时，温度的上升停顿，如图 8 所示。此时所加之热量，用于破坏晶体的格子构造，致晶体熔融而变为液体，这些热量称为熔融潜热。晶体完全熔融后，温度才开始上升。

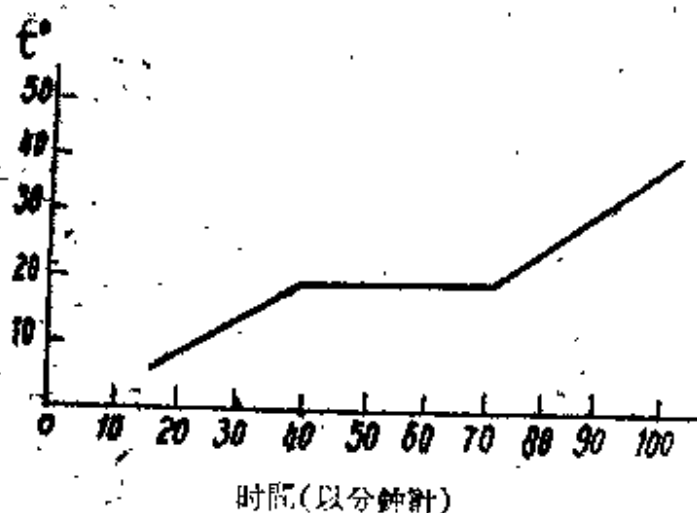


图 8 晶体的加热曲线

由于晶体的各个部分质点都是按同一方式排列的，因此破坏各个部分需要同样的温度。因而晶体具有一定的熔点。

非晶质体则与之不同，它们没有一定的熔点。例如，将玻璃加热时，它首先变软，逐渐变为粘稠的液体，没有一个明显的熔融温度，温度是逐渐上升的，没有停顿的时刻，如图9所示。

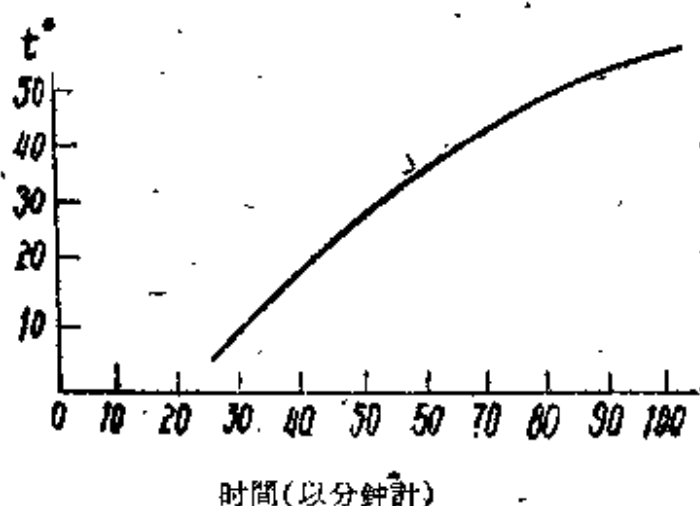


图9 非晶质的加热曲线

由于非晶质体与晶体比较具有较多的内能，所以非晶质体是不稳定的，长时期之后可以转变为结晶状态。

以上是晶体的格子构造在晶体性质各方面的反映。

§4.1 结晶学的内容与其他科学的关系

结晶学是研究晶体发生、成长，外部形态，内部构造以及物理性质、化学性质的科学。

结晶学可以分以下几部分：

一、几何结晶学 研究结晶多面体上晶面、晶棱、角顶分布的规律。几何结晶学知识对学习矿物学与岩石学、工艺岩石学有着头等重要的意义。

二、构造结晶学 研究晶体内部的几何结构，以研究晶体内部的对称为其主要任务。它广泛地利用了数学知识，重要工具是X射线分析。

三、结晶化学 研究晶体构造与晶体的化学成分之间的关系，与化学有密切关系。利用晶体化学的知识可以解决化学中重要问题，如硅酸盐化学及矿物的化学性质等。

四、物理結晶学 研究晶体物理性质，研究晶体的物理性质与几何性质及晶体构造之间的关系。物理結晶学与固体物理有密切关系，很难划出一条明显的界限。

对本课程而言，結晶学中以結晶光学占重要地位，这对研究矿物与岩石有重大作用。对其他物理性能的研究也日益重要。

§5. 結晶学发展簡史

結晶学萌芽于十七世紀。1669年丹麦学者斯丹諾在石英及赤铁矿晶体上发现了面角恒等定律。这使人們認識到晶体外形上的規律和注意到晶体的内部构造，奠定了結晶学，特别是几何結晶学的基础。与此同时，斯丹諾的老师巴尔托林在方解石的晶体上发现了双折射現象，从而奠定了結晶光学的基础。

十八及十九世紀为結晶学的发展阶段。1749年俄国学者罗蒙諾索夫亦在硝石、黄铁矿、金剛石等矿物上发现了面角恒等，并創立了物质构造的微分子說，用以解釋硝石晶体上的面角恒等以及物质的其他一些性质。1776年法阿羽依发现結晶学中的第二定律——整数定律，提出晶体是对称的。1818年及1837年德国学者魏斯及米勒相继提出晶面空間位置的表示方法——魏氏、米氏符号。

十九世紀中叶，晶体构造理論又在已有的几何結晶学的基础上得到了发展。1885年，A. 布拉維用数学方法推出了晶体的空間格子有十四种（现称为布拉維格子），并已为倫琴射綫分析所证实。

1867年俄国学者加多林用严密的数学方法推导出晶体外形对称所可能有的形式，即32个对称型。

現代結晶学是与偉大的俄国学者費多洛夫的名字分不开的。他在結晶学的各个領域里都有着卓越的成就，創立了平行六面体學說，推导出了晶体构造的对称可能有的形式，即230个空間群（1889年），发明了双圈反射测角仪，成为結晶学研究中不可缺