अध्याय – 2

क्रिस्टल एवं खनिज विज्ञान

(Crystallography and Mineralogy)

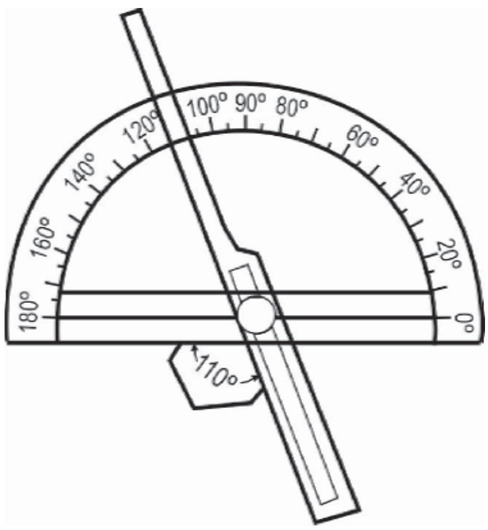
खनिज विज्ञान भूविज्ञान की वह शाखा है जिसमें खनिजों के रासायनिक, भौतिक एवं प्रकाशीय गुणों का अध्ययन किया जाता है। प्रकृति में पाये जाने वाले खनिजों की आंतरिक परमाणु संरचना के कारण विभिन्न बाह्य आकृतियां बनती हैं, जिन्हें हम क्रिस्टल कहते हैं। विज्ञान की वह शाखा जिसके तहत क्रिस्टलों की प्रकृति, उत्पत्ति, उनकी आंतरिक संरचना एवं बाह्य आकृति का अध्ययन किया जाता है उसे क्रिस्टल विज्ञान कहते हैं।

संस्पर्श कोणमापी (Contact Goniometer)

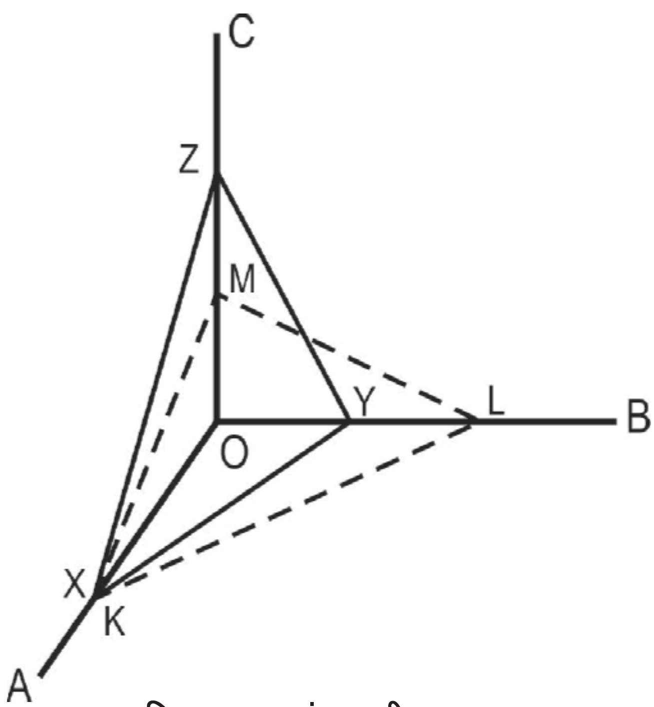
इस कोणमापी से क्रिस्टलों का अंतराफलक (interfacial) कोण मापा जाता है। यह कोणमापी चाँदे (protector) के समान अर्द्धगोलाकार एवं 0° से 180° तक अंकित होता है। इसकी दो पट्टीनुमा भुजाएं होती हैं जो कि स्क्रू द्वारा चाँदें से जुड़ी होती है। एक भुजा स्थिर होती है तो दूसरी भुजा उसकी धुरी पर घुमाई जा सकती है। चित्र 2.1 में दर्शाये अनुसार क्रिस्टल को निकटवर्ती फलकों के साथ दोनों भुजाओं के ठीक से संपर्क में किया जाता है। हमें इन दोनों फलकों के बीच का कोण जो कि आंतरिक कोण कहलाता है का मान प्राप्त होता है। जब इस कोण का मान 180° से घटा दिया जाता है तब अंतराफलक कोण प्राप्त होता है।

अंतःखंडी अनुपात (Parameter)

क्रिस्टल की अक्षों को क्रिस्टल के विभिन्न फलक क्रिस्टल के केन्द्र से कितनी दूरी पर काटते हैं, इन काटों के अनुपात को अंतःखंडी अनुपात या प्राचल (Parameter) कहते हैं।



चित्र 2.1 : संस्पर्शकोण मापी एवं उससे अंतराफलक कोण का मापन



चित्र 2.2 : अंतःखण्डी अनुपात

उपरोक्त चित्र 2.2 में OA, OB और OC क्रिस्टलीय अक्ष है तथा XYZ एक क्रिस्टलीय फलक है जो तीनों अक्षों को क्रमशः OX, OY, OZ दूरियों पर काटता है अतः फलक XYZ का अंतःखंड़ी अनुपात (Parameter) OX, OY, OZ के अनुपात में होगा। इन्हें इस प्रकार लिख सकते हैं –

OX : OY : OZ

यदि इस क्रिस्टल में उपस्थित दूसरी आकृति का फलक KLM को ले जो इन अक्षों को क्रमशः OK, OL, और OM दूरियों पर काटता है। अगर इन दूरियों को OX, OY और OZ के संबंध से जान ले तो फलक KLM की स्थिति का पता चल जाता है। OK=OX, OL=2OY और OM=½OZ हो तो फलक XYZ में KLM का अंतःखंडी अनुपात $\frac{1}{1}, \frac{2}{1}, \frac{1}{2}$ होगा। इस फलक के अंतःखंडी अनुपात को 1A, 2B, ½C, अक्षीय चिन्हों के साथ भी लिख सकते हैं।

क्रिस्टल नामांकन पद्धति

(Notation System of Crystals)

क्रिस्टल के फलक का उसके अक्षों से संबंध को संक्षेप में लिखने के तरीके को क्रिस्टल नामांकन पद्धति कहते हैं। इनमें जो सर्व–प्रचलित पद्धतियाँ हैं वो अंतःखंडी अनुपात या प्राचल (Parametral) एवं अक्षांक (Indices) प्रणाली है। इसमें वाईस की पद्धति प्राचल प्रणाली है और मिलर की अक्षांक प्रणाली है।

वाईस (Weiss) **की प्राचल प्रणाली** : इसके अनुसार यदि तीन अक्ष असमान हों तब उनको a, b, c कहते हैं और इसके अनुसार क्रिस्टल का फलक जिस अक्ष पर जो विच्छेद बनाता है वह उस अक्ष के साथ लिखा जाता है। अगर क्रिस्टल का फलक किसी क्रिस्टलीय अक्ष के समानान्तर (parallel) हो, मतलब अक्ष को अनंत दूरी पर काटता हो तब उसे अनंत चिन्ह (α) के द्वारा प्रदर्शित करते हैं। उदाहरण के लिये यदि एक फलक अक्ष 'a' को इकाई दूरी पर काटता है और अक्ष 'b' को 2 इकाई दूरी पर काटता है एवं अक्ष 'c' के समानान्तर है तब वाईस संकेत के अनुसार इस प्रकार से लिखते हैं। a, 2b, α c

मिलर (Miller) **की अक्षांक प्रणाली** : इस विधि में वाईस प्रणाली के अंतःखंडी अनुपात के सूचकांक का व्युतक्रम (reciprocal) लेते हैं। इसमें ऊपर वाले दिये गये अंकों के साथ a, b, c अक्षों के चिन्ह नहीं लिखते हैं। जैसा कि नीचे लिखा गया है।

a	2b	αc
1	$\frac{1}{2}$	0
2	1	0

मिलर संकेत को अंशों में नहीं लिखते हैं। मिलर संकेत का अंक जितना अधिक होगा, फलक द्वारा काटी गयी दूरी उतनी ही कम होगी। इसमें यह ध्यान में रखने योग्य बात है कि a की दूरी सबसे पहले, b की उसके बाद और c की सबके बाद में लिखी जायेगी। यहाँ पर यह भी ध्यान में रखने योग्य बात है कि यदि क्रिस्टल का पार्श्व अक्ष के ऋण सिरे को काट रहा है तब उस अक्ष वाले अंक के ऊपर ऋण का चिन्ह अंकित कर देते हैं।

क्रिस्टल समुदायों एवं वर्गों का वर्गीकरण

(Classification of crystal system and classes)

क्रिस्टलों का समुदायों में वर्गीकरण का आधार उनके अक्षों की लंबाई का अनुपात एवं कोणीय अनुपातों पर आधारित है। क्रिस्टल समुदायों के वर्गों का वर्गीकरण सममिति तत्त्वों पर आधारित है। समान सममिति तत्त्वों (अवयवों) वाले क्रिस्टल एक ही क्रिस्टल वर्ग में आते हैं। सममिति अवयवों के आधार पर क्रिस्टलों को 32 वर्गों में बाँटा गया है। इन 32 वर्गों में से 11 वर्ग मुख्य है। क्रिस्टल अक्षों के आपसी संबंध एवं सममिति अवयवों की संख्या इत्यादि के साथ यह वर्गीकरण निम्नलिखित तालिका 2.1 में दर्शाया गया है।

तालिका 2.1 : क्रिस्टल समुदायों एवं क्रिस्टल वर्गों का वर्गीकरण

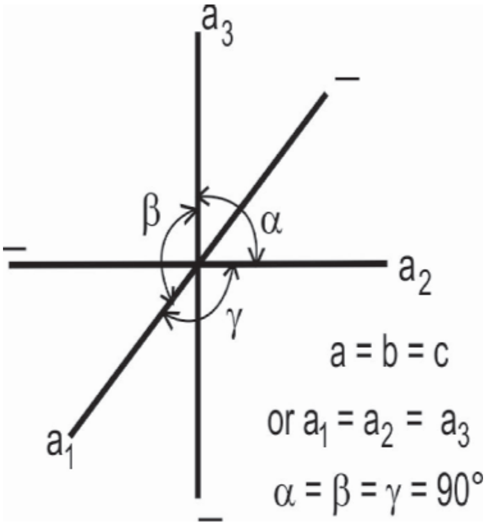
क्रिस्टल समुदाय	सममिति के अक्षों की संख्या						सममिति केन्द्र
	अक्षों की संख्या और उनके संबंध	सममिति के तल	द्विमुखी अक्ष	त्रिकोण अक्ष	चतुष्कोणीय अक्ष	षट्कोण अक्ष	
घनीय समुदाय	$a_1=a_2=a_3$ समकोण पर						
(क) गैलेना टाइप		9	6	4	3	x	1
(ख) पाइराइट टाइप		3	3	4	x	x	1
(ग) टेट्राहेड्राइट टाइप		6	3	4	x	x	x

चतुष्कोणी समुदाय जरकन टाइप	$a_1=a_2$, c तीनों समकोण पर	9 5	6 4	4 x	3 1	x x	1 1
षट्कोणिक समुदाय	$a_1=a_2=a_3$ क्षैतिज 120° के कोण पर, c ऊर्ध्वाधर						
(क) बेरिल टाइप		7	6	x	x	1	1
(ख) कैल्साइट टाइप		3	3	1	x	x	1
(ग) टूरमलीन टाइप		3	x	1	x	x	x
(घ) क्वार्ट्ज टाइप		x	3	1	x	x	x
विषमलंबाक्ष समुदाय बेराइट टाइप	0.8152: 1: 1.3136 a, b, c तीनों समकोण पर	3	3	x	x	x	1
एकनत समुदाय जिप्सम टाइप	0.690 : 1 : 0.412 β = 80° 42' a, b, c तीन अक्ष एक ऊर्ध्वाधर और एक क्षैतिज अक्ष समकोण पर, तीसरा पहले दो वाले तल के साथ तिर्यक् कोण बनाता है।	1	1	x	x	x	1
त्रिप्रवण समुदाय एक्सीनाइट टाइप	a, b, c तीनों तीनों अक्ष असमान और समकोण पर कोई भी नहीं 0.49 : 1 : 0.48 α = 82° 54' β = 91° 52'	x	x	x	x	x	1

घनीय या समलंबाक्ष समुदाय
(Cubic or Isometric System)

इस समुदाय में वे सभी क्रिस्टल आते हैं जिनकी आकृतियों के फलकों का संबंध तीनों अक्षों a, b, c से होता है। ये तीनों अक्ष बराबर होने के कारण केवल आपस में अंतर्बदल हो सकते हैं एवं केवल 'a' द्वारा अंकित किये जा सकते हैं अत: ये a_1, a_2 और a_3 भी कहलाते हैं। ये तीनों अक्ष आपस में समकोण बनाते हुए क्रिस्टल केन्द्र पर मिलते हैं। घनीय समुदाय के अक्षों को चित्र 2.3 में उनके धनात्मक एवं ऋणात्मक चिन्हों के साथ दिखाया गया है। इनका अक्षीय अनुपात $a_1 : a_2 : a_3 = 1:1:1$ होता है एवं

इनका कोणीय अनुपात (angular ratio) $\alpha = \beta = \gamma = 90°$ है।



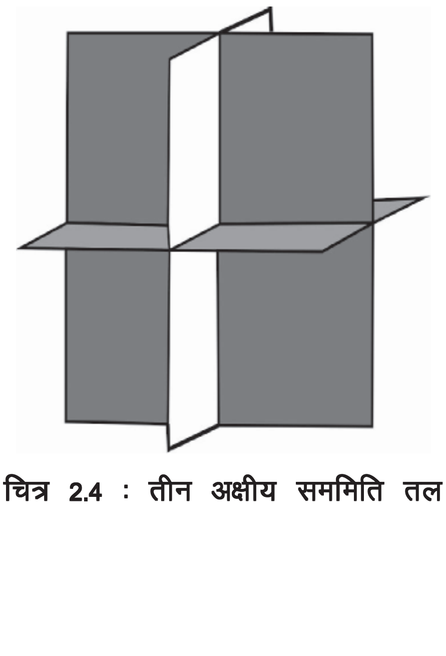
चित्र 2.3 : घनीय समुदाय के अक्ष

घनीय समुदाय में पाँच सममिति वर्ग होते हैं पर हम सामान्य वर्ग जिसे गैलेना टाइप भी कहते हैं का अध्ययन करेंगे।

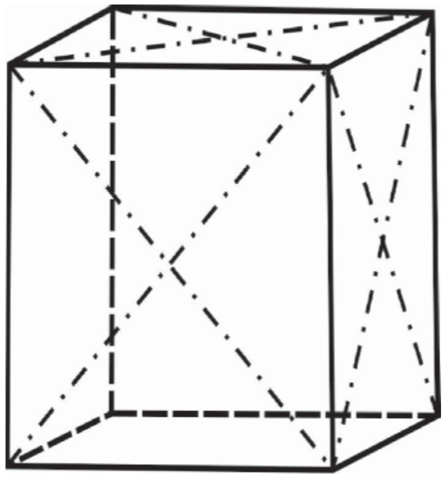
सामान्य वर्ग – गैलेना टाइप : इसमें 9 सममिति तल (चित्र 2.4–2.5) और 13 सममिति अक्ष (चित्र 2.6–2.8) तथा सममिति केन्द्र होता हैं। घन की आकृति से ये सभी सममिति तत्व ज्ञात किये जा सकते हैं।

9 सममिति तल	अक्षीय 3	(2 क्षैतिज, 1 उर्ध्वाधर)
	विकर्ण 6	
13 सममिति अक्ष	3^{iv}	(क्रिस्टलीय अक्ष)
	4^{iii}	
	6^{ii}	

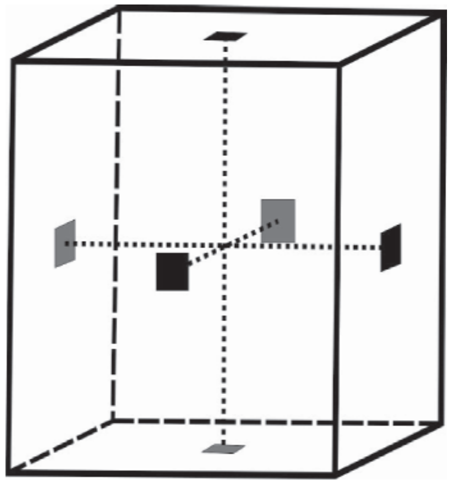
सममिति केन्द्र भी होता है।



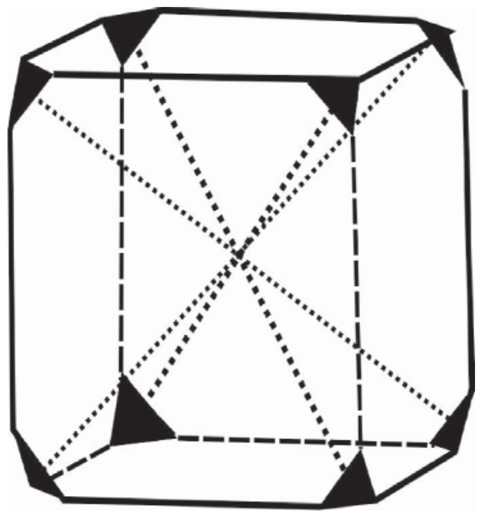
चित्र 2.4 : तीन अक्षीय सममिति तल



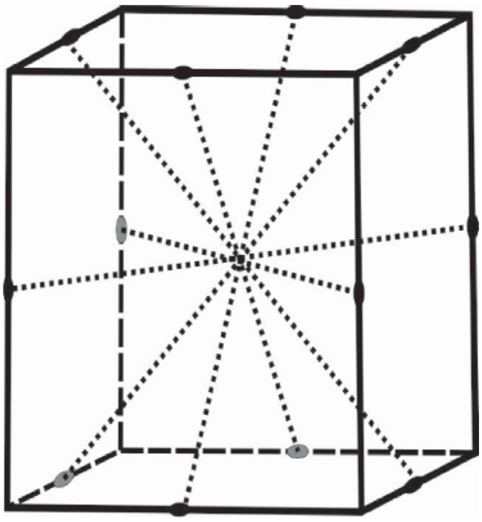
चित्र 2.5 : विकर्ण सममिति तल



चित्र 2.6 : तीन चतुर्थमुखी सममिति अक्ष



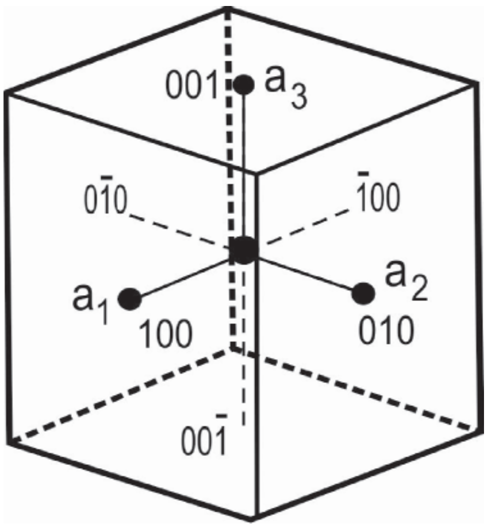
चित्र 2.7 : चार त्रिमुखी (त्रिकोण) सममिति अक्ष



चित्र 2.8 : छः द्विमुखी सममिति अक्ष

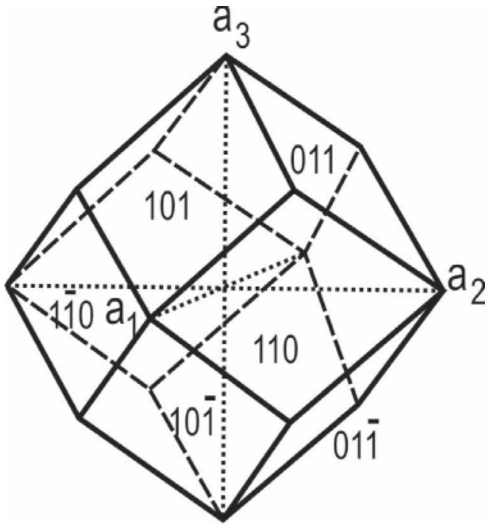
मुख्य और सामान्य आकृतियाँ

(1) **घन** (Cube) : इसमें छः एक से वर्गाकार फलक होते हैं। प्रत्येक फलक एक क्रिस्टलीय अक्ष को काटता है और अन्य दो अक्षों के समानान्तर होता है। इस आकृति का सामान्य संकेत (100) हैं। इस आकृति में निम्न छः फलक 100 (सम्मुख फलक), $\bar{1}00$ (पश्च फलक), 010 (दायां फलक), $0\bar{1}0$ (बायां फलक), 001 (ऊपरी फलक), $00\bar{1}$ (आधार या तली फलक) होते हैं (चित्र 2.9)।



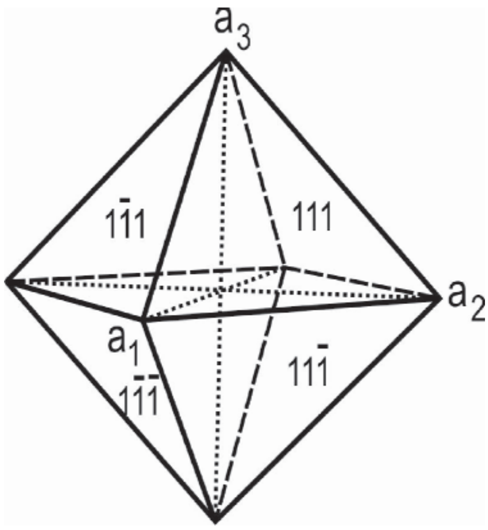
चित्र 2.9 : घन

(2) **द्वादशफलक** (Rhombdodecahedron) : यह आकृति 12 एक जैसे समचतुर्भुजीय (Rhomb shape) फलकों से बनी होती है। ये फलक दो अक्षों को समान दूरी पर काटते हैं और तीसरे अक्ष के समानान्तर होते हैं। इस आकृति का सामान्य संकेत (110) है (चित्र 2.10)।



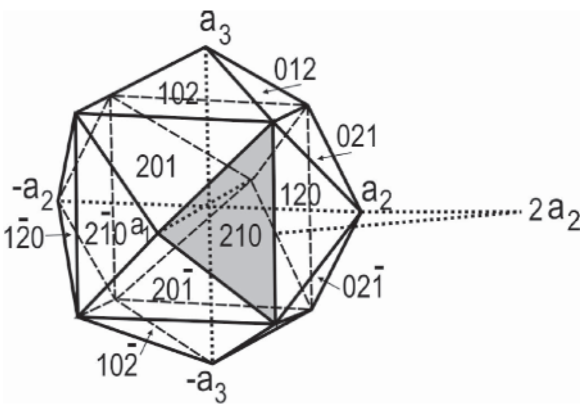
चित्र 2.10 : द्वादशफलक

(3) **अष्टफलक** (Octahedron) : यह ठोस 8 समान समबाहु त्रिभुजाकार फलकों से बना है। इसमें प्रत्येक फलक तीनों अक्षों को केन्द्र से समान दूरी पर काटता है। इसका मिलर संकेत या सूचकांक (111) है। यह गैलेना टाइप वर्ग की इकाई (unit) आकृति है (चित्र 2.11)।



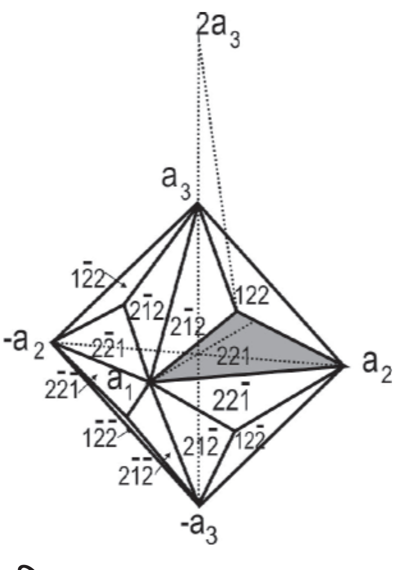
चित्र 2.11 : अष्टफलक

(4) **चतुःष्ट्क फलक** (Tetrahexahedron) : इसमें 24 एक जैसे समद्विबाहु (Isoscalene) त्रिभुजाकार फलक होते है। इसका प्रत्येक फलक दो अक्षों को भिन्न–भिन्न दूरी पर काटता है और तीसरे अक्ष के समानांतर होता है। इस आकृति का संकेत hko और मिलर सूचकांक (210) है। घन के हर एक फलक में 4 पिरैमिड फलक पाये जाते हैं, इस कारण इसका नाम चतुःष्ट्क फलक है (चित्र 2.12)।



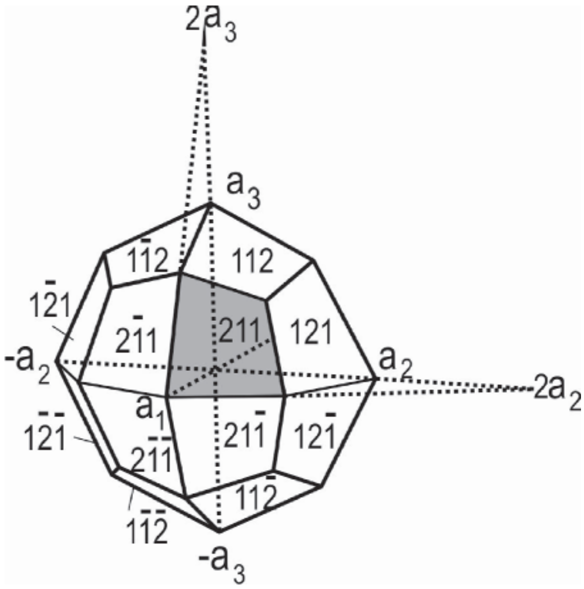
चित्र 2.12 : चतुःष्ट्क फलक

(5) **त्रयष्टक फलक** (Trisoctahedron) : इसमें 24 समद्विबाहु त्रिभुजाकार फलक होते हैं। इसका प्रत्येक फलक दो अक्षों को समान दूरी पर काटता है और तीसरे अक्ष को दुगुनी दूरी पर। इसका मिलर संकेत hhl या (221) है। इसमें 8 अष्टफलक दिखाई देते है और प्रत्येक फलक में 3 फलकों वाले पिरैमिड होते है। इस प्रकार कुल फलकों की संख्या 24 होती है (चित्र 2.13)।



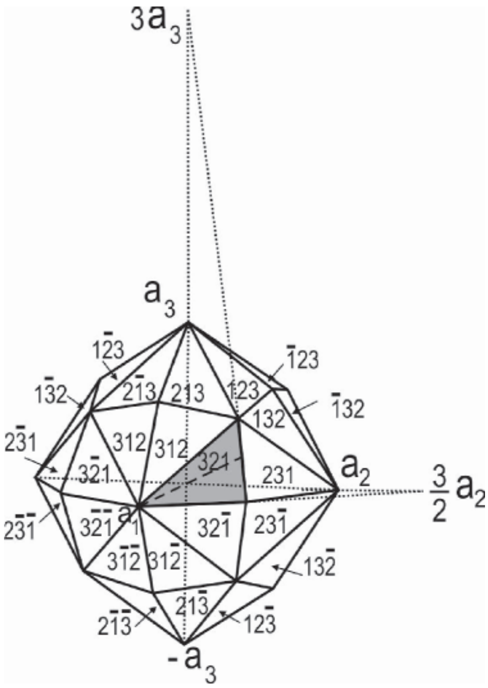
चित्र 2.13 : त्रयष्ट्क फलक

(6) **समलम्ब पार्श्वक** (Trapezohedron) : इसमें 24 समान फलक होते हैं। हर एक फलक समलंबाभ (Trapezoid) होता है। हर एक फलक दो अक्षों को समान (दुगुनी) दूरी पर और तीसरे अक्ष को इकाई दूरी पर काटता है। इसका सामान्य संकेत (211) होता है (चित्र 2.14)।



चित्र 2.14 : समलम्ब पार्श्वक

(7) **षडष्टक फलक** (Hexoctahedron) : इसमें 48 समान फलक होते हैं। हर एक फलक विषमबाहु (scalene) त्रिभुज होता है। हर एक फलक तीनों अक्षों को असमान दूरी पर काटता है। इसका संकेत hkl या सामान्य संकेत (321) है (चित्र 2.15)। इस आकृति से गैलेना टाइप की अन्य सभी आकृतियाँ प्राप्त की जा सकती हैं इसलिए यह इस वर्ग की सामान्य आकृति एवं अन्य छः विशिष्ट आकृतियाँ कहलाती हैं।

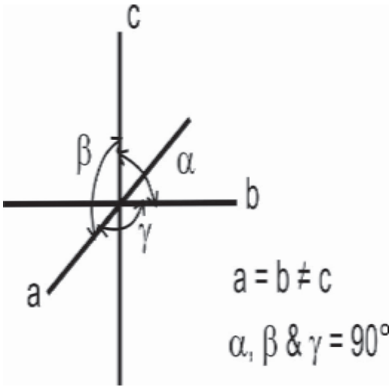


चित्र 2.15 : षडष्टक फलक

चतुष्कोणीय समुदाय (Tetragonal System)

इस वर्ग में दो क्षैतिज अक्ष बराबर होते हैं तथा तीसरा ऊर्ध्वाधर अक्ष ‘c’ इन दोनों अक्षों से छोटा या बड़ा होता है। ये

तीनों अक्ष एक दूसरे के साथ समकोण बनाते है (चित्र 2.16)। दोनों क्षैतिज अक्ष बराबर होने के कारण इनको क्रमशः 'a_1' और 'a_2' कहते है तथा ये आपस में अदल–बदल सकते हैं। इस



चित्र 2.16 : चतुष्कोणीय समुदाय के अक्ष

समुदाय में सात सममिति वर्ग है। इसमें केवल एक जरकॉन सामान्य वर्ग है जिसमें अधिकतम सममिति होती है। उसे यहाँ वर्णित किया गया है। द्विचतुष्कोणीय पिरैमिड के नाम पर इसे द्विचतुष्कोणीय पिरेमिड वर्ग (Ditetragonal dipyramidal class) भी कहते हैं।

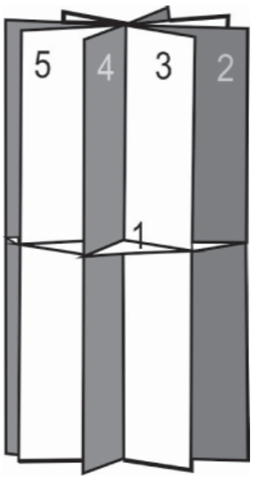
सामान्य वर्ग – जरकॉन टाइप

(Normal Class or Zircon Type)

इस वर्ग के सममिति अवयव इस प्रकार है :–

सममिति तल 5 (चित्र 2.17): 3 अक्षीय
(1 क्षैतिज, ऊर्ध्वाधर तल)

2 विकर्ण ऊर्ध्वाधर तल

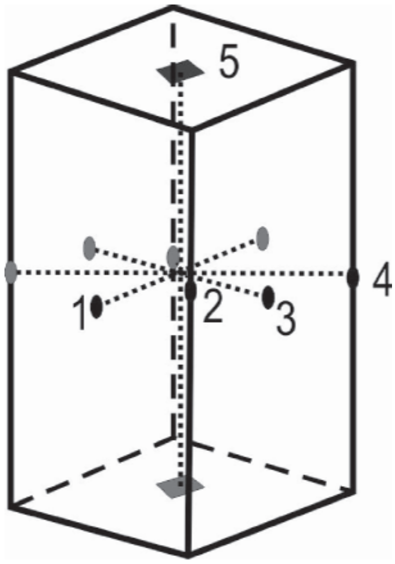


चित्र 2.17 : जरकॉन टाइप के पाँच सममिति तल

सममिति अक्ष 5 (चित्र 2.18): 4^{ii} (2 क्षैतिज, क्रिस्टलीय अक्ष और 2 विकीर्ण ऊर्ध्वाधर)

1^{iv} (ऊर्ध्वाधर क्रिस्टली अक्ष)

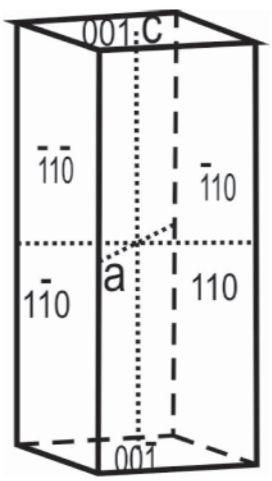
सममिति केन्द्र होता है



चित्र 2.18 : जरकन टाइप की अक्षीय सममिति (चित्र में संख्या 5 वाला अक्ष चतुर्थमुखी है एवं अन्य चार द्विमुखी अक्ष है)

सामान्य आकृतियाँ

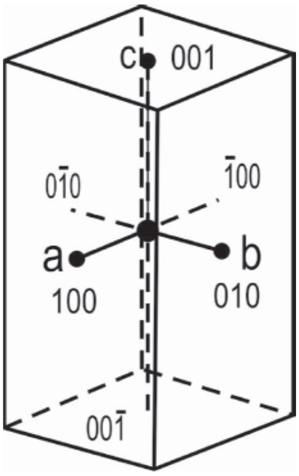
(1) **आधार पिनेकॉइड** (Basal Pinacoid) : इसके फलक किसी भी क्रिस्टल में स्वतंत्र रूप में नहीं पाये जाते हैं। यह दो फलकों वाली खुली आकृति होती है। इसके फलक दोनों क्षैतिज अक्षों के समानांतर होते हैं और केवल ऊर्ध्वाधर अक्ष को काटते हैं। इसका मिलर सूचकांक (001) हैं (चित्र 2.19)।



चित्र 2.19 : प्रथमक्रम का चतुष्कोणीय प्रिज्म

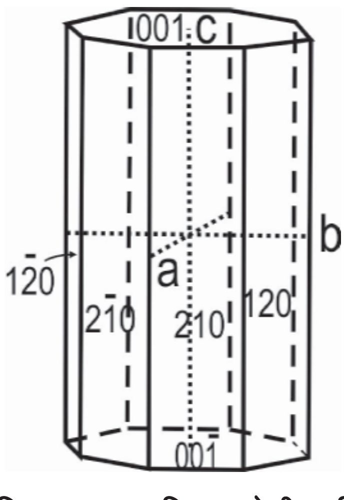
(2) **प्रथम क्रम का चतुष्कोणीय प्रिज्म** (Tetragonal Prism of First Order) : यह 4 फलकों वाली एक विवृत (open) आकृति है जिसमें प्रत्येक फलक दोनों क्षैतिज अक्षों को एकांक दूरियों पर काटता है और ऊर्ध्वाधर अक्ष के समानांतर होता है। क्षैतिज अक्ष फलकों के किनारों से गुजरती है। इसका सूचकांक (110) है (चित्र 2.19)।

(3) **द्वितीयक्रम का चतुष्कोणीय प्रिज्म** (Tetragonal Prism of Second Order) : यह 4 फलकों की खुली आकृति है जिसमें प्रत्येक फलक क्षैतिज अक्षों में से किसी एक क्षैतिज अक्ष एवं ऊर्ध्वाधर अक्ष के समानांतर होता है। दूसरी क्षैतिज अक्ष के फलकों को काटते हुए उनके केन्द्र से गुजरती है। इसका सूचकांक (100) है। (चित्र 2.20)।



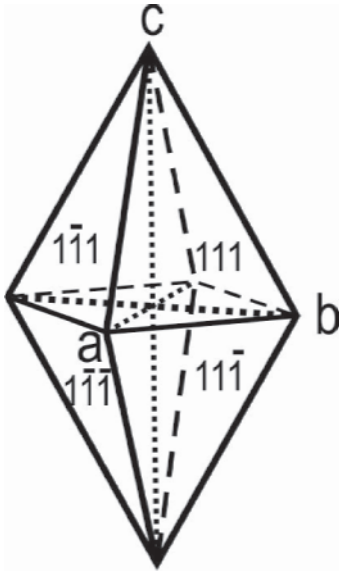
चित्र 2.20 : द्वितीयक्रम का चतुष्कोणीय प्रिज्म

(4) **द्विचतुष्कोणीय प्रिज्म** (Ditetragonal Prism) : यह 8 फलकों की विवृत आकृति है। इसमें प्रत्येक फलक दोनों क्षैतिज अक्षों को असमान दूरी पर काटता है तथा ऊर्ध्वाधर अक्ष के समानांतर होते है। इसका सूचकांक hko या (210) है (चित्र 2.21)।



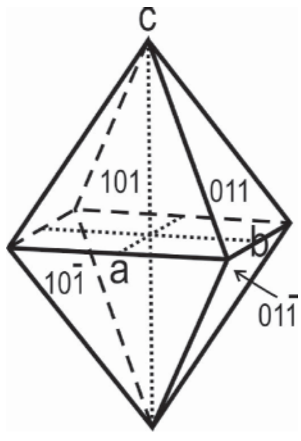
चित्र 2.21 : द्विचतुष्कोणीय प्रिज्म

(5) **प्रथमक्रम चतुष्कोणीय द्विपिरैमिड** (Tetragonal Bipyramid of First Order) : यह 8 फलकों वाली बंद (closed) आकृति है। प्रत्येक फलक समद्विबाहु त्रिभुज होते हैं। इसका हर एक फलक ऊर्ध्वाधर अक्ष को असमान दूरी पर तथा दोनों क्षैतिज अक्षों को समान दूरी पर काटता है। इसमें क्षैतिज क्रिस्टलीय अक्ष क्षैतिज किनारों के प्रतिच्छेदन से गुजरती है। इसकी सामान्य आकृति का सूचकांक (111) है (चित्र 2.22)।



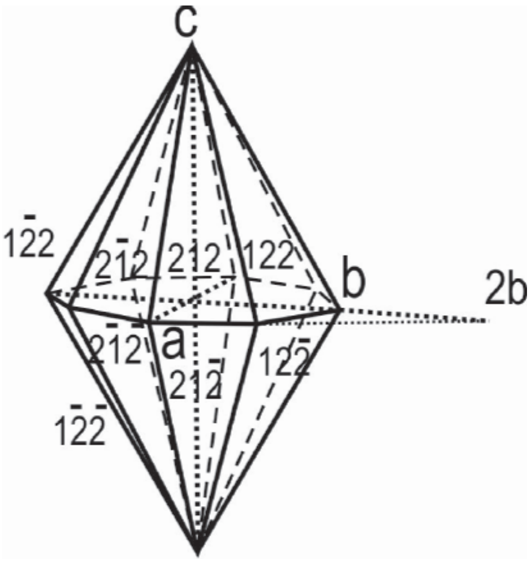
चित्र 2.22 : प्रथमक्रम चतुष्कोणीय द्विपिरैमिड

(6) **द्वितीयक्रम चतुष्कोणीय द्विपिरैमिड** (Tetragonal Bipyramid of Second Order) : यह 8 फलकों की संवृत (closed) आकृति है। प्रत्येक फलक समद्विबाहु त्रिभुज होती है। इसका प्रत्येक फलक ऊर्ध्वाधर अक्ष तथा एक क्षैतिज अक्ष को काटता है तथा दूसरे क्षैतिज अक्ष के समानांतर रहता है। इस पिरैमिड में क्षैतिज क्रिस्टलीय अक्ष, क्षैतिज किनारों के मध्य में रहती है। इसका सूचकांक (101) है (चित्र 2.23)।



चित्र 2.23 : द्वितीयक्रम चतुष्कोणीय द्विपिरैमिड

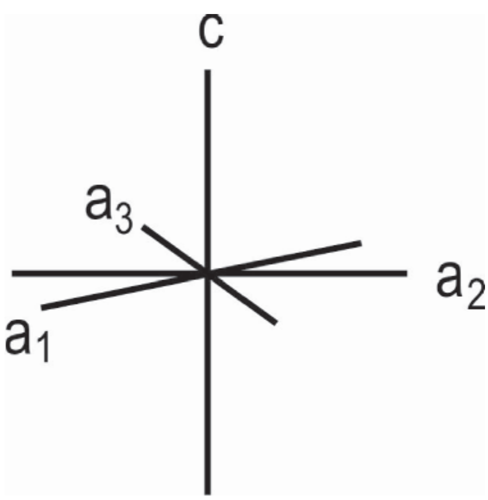
(7) **द्विचतुष्कोणीय द्विपिरैमिड** (Ditetragonal bipyramid) : यह 16 समद्विबाहु त्रिभुजाकार फलकों की संवृत आकृति है। इसका प्रत्येक फलक तीनों अक्षों को असमान दूरी पर काटता है। इसका सामान्य सूचकांक hkl और (212) है (चित्र 2.24)।



चित्र 2.24 : द्विचतुष्कोणीय द्विपिरैमिड

षटकोणीय समुदाय (Hexagonal System)

इस समुदाय में पाये जाने वाले क्रिस्टलों में चार क्रिस्टलीय अक्ष होती है। इसमें तीन क्षैतिज अक्ष होती है। ये तीनों अक्ष समान होती है और एक दूसरे के साथ 120° का कोण बनाती है। चौथी अक्ष ऊर्ध्वाधर 'c' होती है (चित्र 2.25)। यह अक्ष क्षैतिज की अपेक्षा छोटी या बड़ी हो सकती है। तीनों क्षैतिज अक्ष समान होने के कारण a_1, a_2, और a_3 संकेतों के द्वारा दर्शाये जाते हैं एवं ये आपस में अंतर्बदल होते हैं। a_1 अक्ष प्रेक्षक के सामने की ओर से



चित्र 2.25 : षट्कोणीय समुदाय के अक्ष

पीछे की तरफ, a_3 अक्ष क्रिस्टल के पीछे से सामने प्रेक्षक के दांई ओर से गुजरती है। 'a_2' अक्ष प्रेक्षक के सामने क्रिस्टल में दाएं से बाएं होकर गुजरती है। 'a_2' अक्ष में क्रिस्टल के सामने की दिशा ऋण होता है। इन तीनों अक्षों के मिलर संकेतों का योग हमेशा शून्य (Zero) होता है। इस समुदाय की सामान्य वर्ग (बैरील टाइप) को यहाँ वर्णित किया गया है जिसके सममिति अवयव इस प्रकार है।

बैरील टाइप

(Beryl type or Dihexagonal dipyramidal Class) :

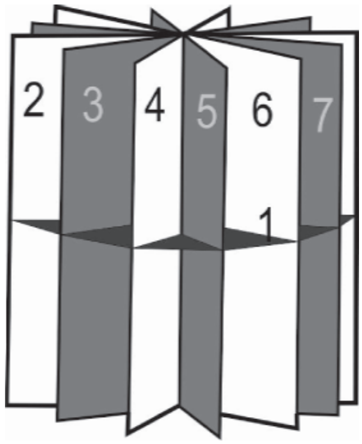
बैरील टाइप सममिति, चतुष्कोणीय समुदाय के जरकॉन टाइप सममिति के अनुरूप रहती है। इसमें 7 सममिति तल (चित्र 2.26) और 7 सममिति अक्ष (चित्र 2.27) होती है।

सममिति

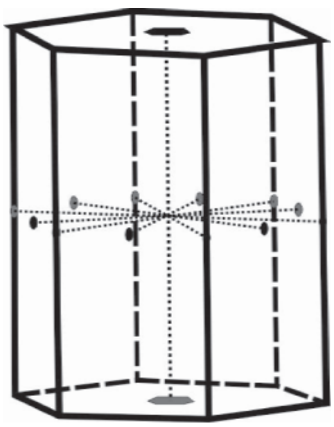
सममिति तल 7: 4 अक्षीय (1 क्षैतिज, 3 ऊर्ध्वाधर)
3 विकीर्ण ऊर्ध्वाधर

सममिति अक्ष 7: 6^{ii} (क्षैतिज, 3 क्रिस्टलीय अक्ष, 3 विकीर्ण अक्ष)
1^{vi} (ऊर्ध्वाधर क्रिस्टलीय अक्ष)

सममिति केन्द्र होता है।



चित्र 2.26 : बैरिल टाइप वर्ग के सममिति तल

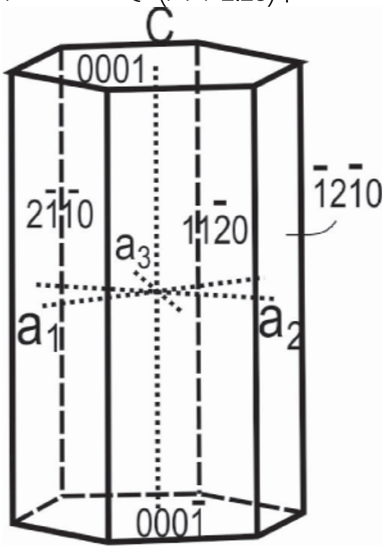


चित्र 2.27 : बैरिल टाइप वर्ग के सममिति अक्ष

सामान्य आकृतियाँ

(1) **आधार पिनेकाइड** (Basal Pinacoid) : यह एक खुली आकृति है जिसमें केवल दो फलक होते हैं। हर एक फलक केवल ऊर्ध्वाधर अक्ष को काटता है और अन्य तीनों क्षैतिज अक्षों के समानांतर होता है। इसके फलकों का संकेत 0001 और $000\bar{1}$ है (चित्र 2.28)।

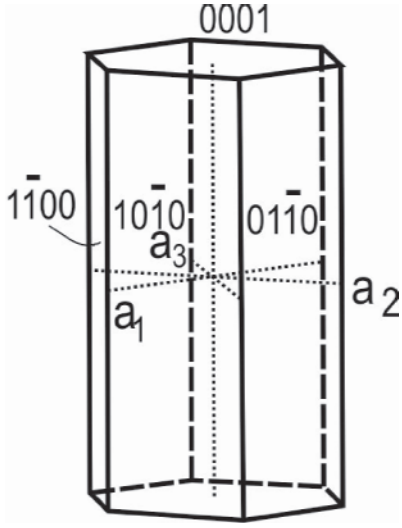
(2) **द्वितीयक्रम के षट्कोणीय प्रिज्म** (Hexagonal Prism of Second Order) : यह छः प्रिज्मीय फलकों की विवृत आकृति है। इसमें क्षैतिज क्रिस्टलीय अक्ष, विपरीत समानांतर फलकों के मध्य को जोड़ती है। इसका हर एक फलक ऊर्ध्वाधर अक्ष के समानांतर रहता है तथा एक क्षैतिज अक्ष को एकांक दूरी पर और अन्य दो क्षैतिज अक्षों को दुगनी दूरी पर काटता है। इसका सूचकांक $(11\bar{2}0)$ है (चित्र 2.28)।



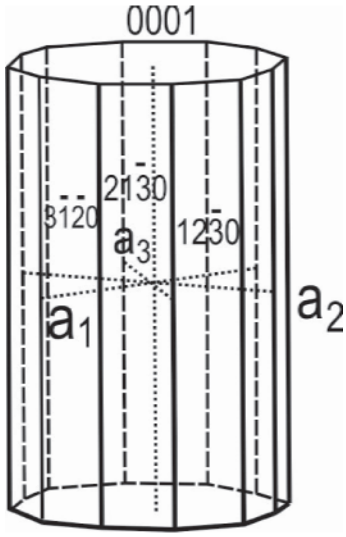
चित्र 2.28 : द्वितीयक्रम के षट्कोणीय प्रिज्म

(3) **प्रथमक्रम के षट्कोणीय प्रिज्म** (Hexagonal Prism of First Order) : यह छः प्रिज्मीय फलकों की एक विवृत आकृति है। इसका हर एक फलक ऊर्ध्वाधर अक्ष और एक क्षैतिज अक्ष के समांतर होता है तथा अन्य क्षैतिज अक्षों को समान दूरी पर काटता है। क्रिस्टलीय अक्ष, ऊर्ध्वाधर किनारों के केन्द्र से गुजरती है। इसके फलकों का 'वाइस' संकेत $1a_1, \infty 1a_2, 1a_3, \infty c$ और 'मिलर' संकेत $(10\bar{1}0)$ है (चित्र 2.29)।

(4) **द्विषट्कोणीय प्रिज्म** (Dihexagonal Prism) : यह 12 प्रिज्मीय फलकों वाली विवृत आकृति है। इसका हर एक फलक ऊर्ध्वाधर अक्ष के समांतर होता है तथा तीनों क्षैतिज अक्षों को असमान दूरी पर काटता है। इसका सामान्य संकेत hiko और सूचकांक $(21\bar{3}0)$ है (चित्र 2.30)।



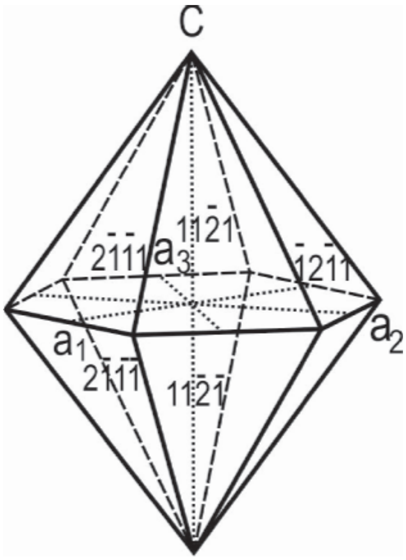
चित्र 2.29 : प्रथमक्रम के षट्कोणीय प्रिज्म



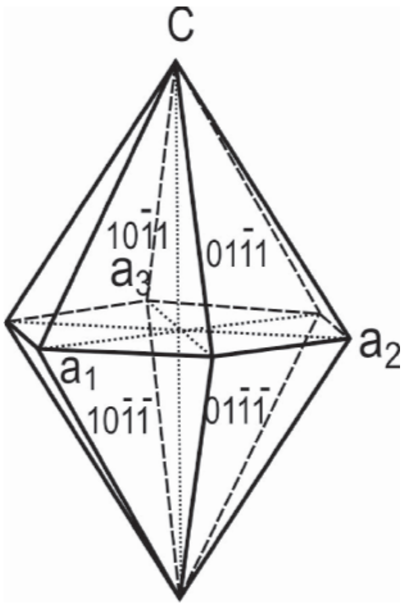
चित्र 2.30 : द्विषट्कोणीय प्रिज्म

(5) **द्वितीयक्रम के षट्कोणीय द्विपिरैमिड** (Hexagonal Bipyramid of Second Order) : यह 12 फलकों की समद्विबाहु त्रिभुजाकार संवृत आकृति है। इसका हर एक फलक ऊर्ध्वाधर अक्ष एवं तीनों क्षैतिज अक्षों को काटता है। जिसमें एक क्षैतिज अक्ष को एकांक दूरी पर तथा अन्य दो क्षैतिज अक्षों को दुगुनी दूरी पर काटता है। इसका सूचकांक $(11\bar{2}1)$ है (चित्र 2.31)।

(6) **प्रथमक्रम के षट्कोणीय द्विपिरैमिड** (Hexagonal Bipyramid of First Order) : यह 12 समद्विबाहु त्रिभुजाकार फलकों की बंद आकृति है। इसका हर एक फलक, ऊर्ध्वाधर अक्ष को तथा दो क्षैतिज अक्षों को समान दूरी पर काटता है और तीसरे क्षैतिज अक्ष के समांतर होता है। इसका सूचकांक $(10\bar{1}1)$ है (चित्र 2.32)।



चित्र 2.31 : प्रथमक्रम के षट्कोणीय प्रिज्म

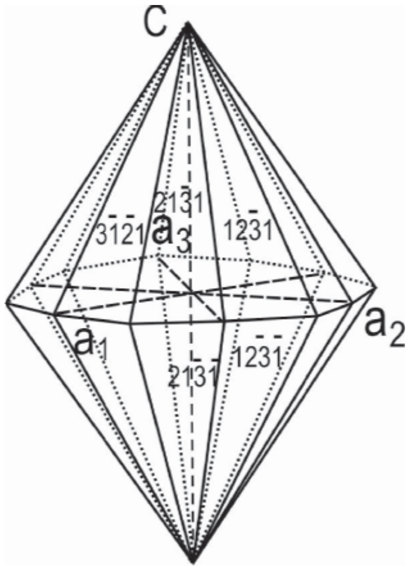


चित्र 2.32 : द्वितीयक्रम के षट्कोणीय प्रिज्म

(7) **द्विषट्कोणीय द्विपिरैमिड** (Dihexagonal Bipyramid) : यह 24 समद्विबाहु त्रिभुजाकार फलकों की संवृत आकृति है। इसका हर एक फलक ऊर्ध्वाधर अक्ष को तथा तीनों क्षैतिज अक्षों को असमान दूरी पर काटता है। इसका सूचकांक   है। इस सममिति वर्ग का मुख्य खनिज बैरील है (चित्र 2.33)।

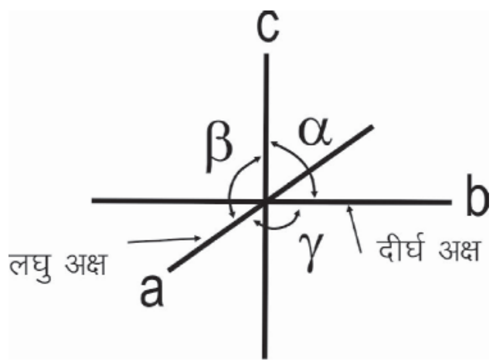
विषमलंबाक्ष समुदाय (Orthorhombic System)

इस समुदाय के क्रिस्टलों में a, b, c तीन असमान अक्ष होते हैं जो कि एक दूसरे के साथ समकोण बनाते हुए, अलग–अलग लंबाइयों के होते हैं। क्षैतिज अक्षों में 'a' अक्ष छोटा और 'b' अक्ष 'a' की अपेक्षा बड़ा होता है और ये दोनों क्रमशः लघु (Brachy) तथा दीर्घ (Macro) अक्ष कहलाते हैं (चित्र 2.34)। इस समुदाय की आकृतियों में जब कोई फलक तीनों अक्षों को काटता है तो 'b' अक्ष की लंबाई को एकांक लंबाई मान लेते हैं। बैराइट क्रिस्टल का अक्षीय अनुपात इस प्रकार है :



चित्र 2.33 : द्विषट्कोणीय द्विपिरैमिड

$(21\bar{3}1)$



चित्र 2.34 : विषम लंबाक्ष समुदाय के अक्ष

a : b : c = 0.8152 : 1 : 1.3136

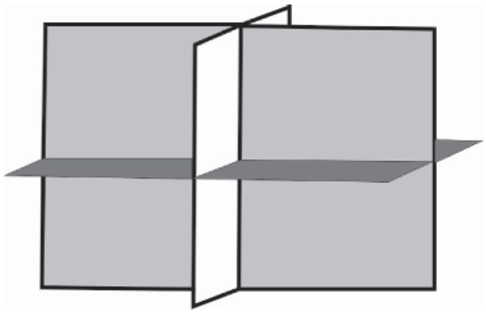
इस समुदाय में केवल एक ही मुख्य सममिति वर्ग है। यह बैराइट टाइप की सममिति कहलाती है।

बैराइट टाइप (Barite Type): इसमें तीन सममिति तल होते हैं। हर एक तल में दो क्रिस्टलीय अक्ष पायी जाती है। ये तल क्रिस्टल को दो समान भागों में बाँटते हैं (चित्र 2.35)। हर एक क्रिस्टलीय अक्ष द्विमुखी सममिति की होती है (चित्र 2.36)। इस वर्ग की सममिति ईट की ज्यामितिय समिमिति के समान होती है। बैराइट टाइप वर्ग की सममिति इस प्रकार है :

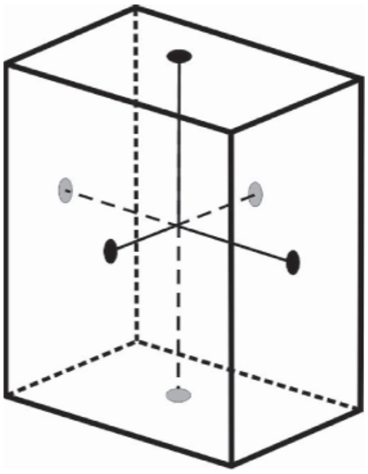
सममिति तल 3 (अक्षीय तल)

सममिति अक्ष 3^{ii} (क्रिस्टलीय अक्ष)

सममिति केन्द्र भी होता है।



चित्र 2.35 : सममिति तल



चित्र 2.36 : सममिति अक्ष

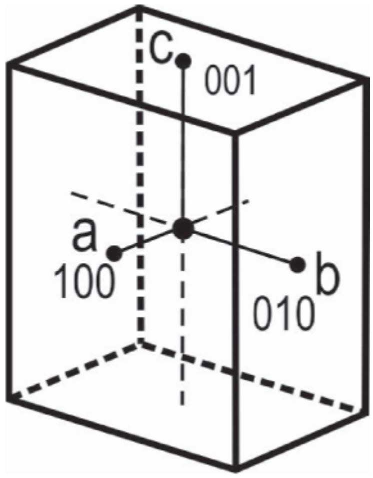
सामान्य आकृतियाँ

(1) **आधार पिनेकॉइड** (Basal pinacoid) : यह दो फलकों वाली खुली आकृति है। इसके फलक क्षैतिज अक्षों के समान्तर रहते हैं। केवल ऊर्ध्वाधर अक्ष को काटती है। इसका सामान्य सूचकांक (001) है (चित्र 2.37)।

(2) **दीर्घपट्ट पिनेकॉइड** (Macro-pinacoid) : यह दो फलकों वाली खुली आकृति है। इसके फलक ऊर्ध्वाधर तथा दीर्घ अक्ष के समान्तर रहते हैं और केवल लघु अक्ष को काटते हैं। इसका सूचकांक (100) है (चित्र 2.37)।

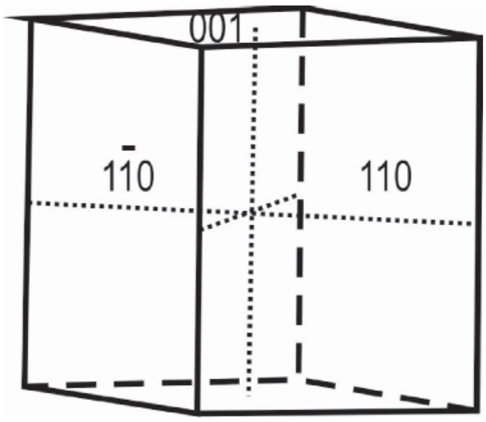
दीर्घ पिनेकॉइड (100) एवं लघु पिनेकॉइड (010)

(3) **लघुपट्ट पिनेकॉइड** (Brachy-pinacoid) : यह दो फलकों वाली विवृत आकृति है। इसके फलक ऊर्ध्वाधर तथा लघु अक्ष के समान्तर रहते हैं और केवल दीर्घ अक्ष को काटते हैं। इसका सामान्य सूचकांक (010) है (चित्र 2.37)।



चित्र 2.37 : आधार पिनेकॉइड (001)

(4) **प्रिज्म** (Prism) : यह चार फलकों से बनी हुई विवृत आकृति है। इसका हर एक फलक ऊर्ध्वाधर अक्ष के समान्तर रहता है तथा अन्य दोनों अक्षों को असमान दूरियों पर काटता है। एकांक प्रिज्म का संकेत (110) है (चित्र 2.38)।

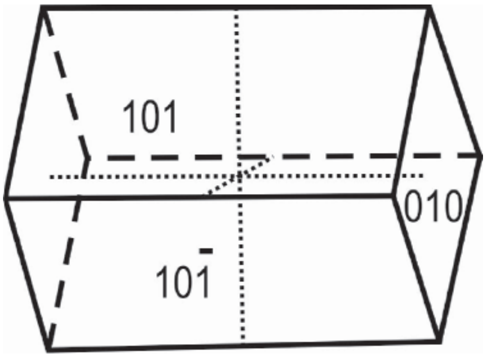


चित्र 2.38 : प्रिज्म

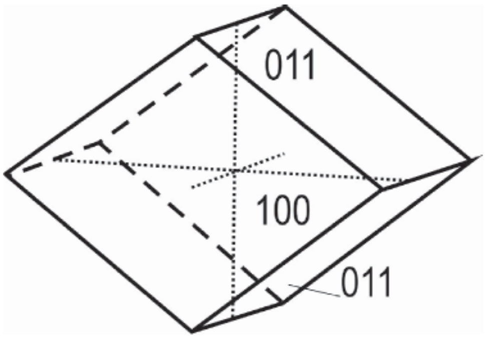
(5) **दीर्घडोम** (Macrodome) : यह चार फलकों की विवृत आकृति है। इसका हर एक फलक दीर्घअक्ष के समान्तर रहता है। अन्य दोनों अक्षों को काटता है। एकांक दीर्घडोम का संकेत (101) है (चित्र 2.39)।

(6) **लघुडोम** (Brachydome) : यह चार फलकों वाली बंद आकृति है जो कि लघुअक्ष के समान्तर रहती है तथा अन्य दोनों अक्षों को काटती है। इसकी एकांक आकृति का संकेत (011) है (चित्र 2.40)।

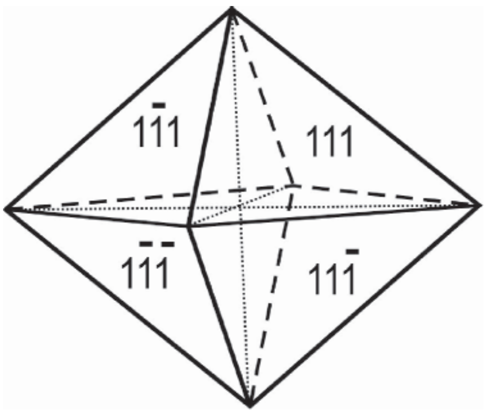
(7) **पिरैमिड** (Pyramid) : यह आठ फलकों की बंद आकृति है। इसका प्रत्येक फलक विषमबाहु त्रिभुज के आकार का होता है एवं प्रत्येक फलक तीनों अक्षों को असमान दूरियों पर काटते हैं। इसकी एकांक आकृति का संकेत (111) है (चित्र 2.41)।



चित्र 2.39. दीर्घडोम



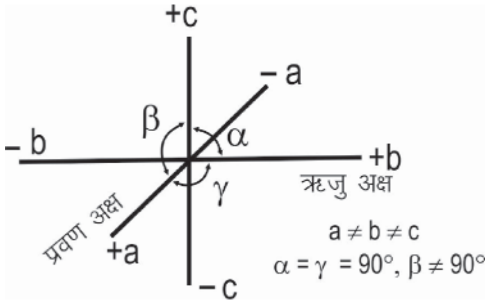
चित्र 2.40 : लघुडोम



चित्र 2.41 : पिरेमिड

एकनत समुदाय (Monoclinic System)

इस समुदाय में वे सब क्रिस्टल आते हैं जिनकी आकृतियों का संबंध अलग–अलग लंबाई की a, b, c तीनों अक्षों से होता है। इसमें 'a' प्रवण अक्ष (Clino-axis), 'b' ऋजु अक्ष (Ortho- axis) और 'c' ऊर्ध्वाधर अक्ष कहलाती है (चित्र 2.42)। 'a' अक्ष क्रिस्टल के सामने प्रेक्षक की आँख से ऊपर की ओर दूर होती जाती है। यह अक्ष 'c' अक्ष के साथ जिप्सम में 80°42' का न्यूनकोण (acute angle) बनाती है। अक्ष 'b' ऋजुअक्ष दाएं से बाएं जाती है तथा ऊर्ध्वाधर अक्ष के साथ समकोण बनाती है। एकनत समुदाय की, सामान्य वर्ग, जिप्सम टाइप कहलाती है।



चित्र 2.42 : एकनत समुदाय के अक्ष

जिप्सम का अक्षीय अनुपात इस प्रकार है। जिप्सम a : b : c = 0.69 : 1: 0.41 β = 80°42'

जिप्सम टाइप

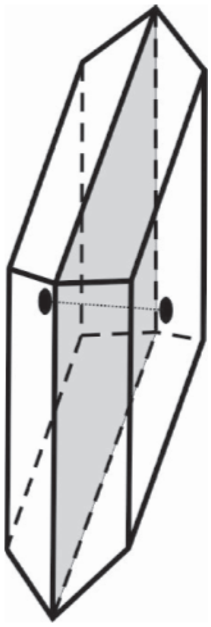
(Gypsum Type or Prismatic Class)

इस सममिति वर्ग में केवल एक ही सममिति तल तथा एक ही सममिति अक्ष होती है (चित्र 2.43) जो कि इस प्रकार है :–

सममिति तल 1 (प्रवण अक्ष तथा ऊर्ध्वाधर अक्ष)

सममिति अक्ष 1^{ii} (ऋजु अक्ष) द्विमुखी

सममिति केन्द्र होता है।

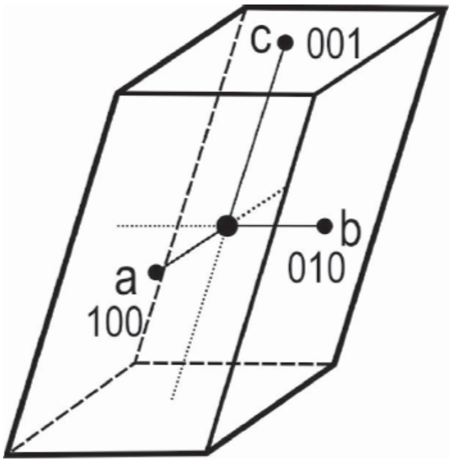


चित्र 2.43 : एकनत समुदाय की सामान्य वर्ग के सममिति तत्व

सामान्य आकृतियाँ

(1) **आधार पिनेकॉइड** (Basal pinacoid) : यह दो फलकों वाली खुली आकृति है। इसके फलक केवल ऊर्ध्वाधर अक्ष को काटते हैं तथा अन्य दोनों अक्षों के समान्तर रहते हैं। इसका सामान्य संकेत (001) है (चित्र 2.44)।

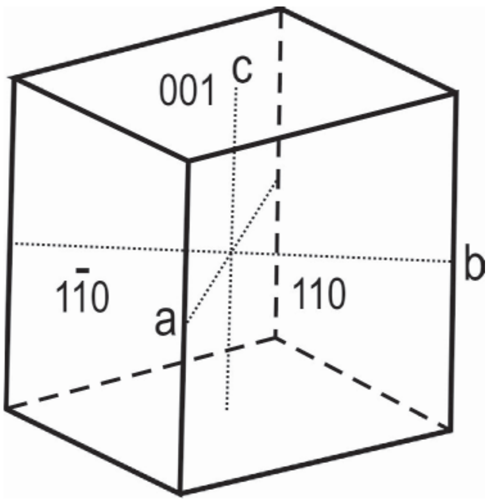
(2) **ऋजु पिनेकॉइड** (Orthopinacoid) : यह दो फलकों वाली खुली आकृति है। इसका हर एक फलक प्रवण अक्ष को काटता है तथा अन्य दोनों अक्षों के समान्तर होता है। इसका सामान्य संकेत (100) है (चित्र 2.44)।



चित्र 2.44 : आधार पिनेकॉइड (001)
ऋजु पिनेकॉइड (100) एवं प्रवण पिनेकॉइड (010)

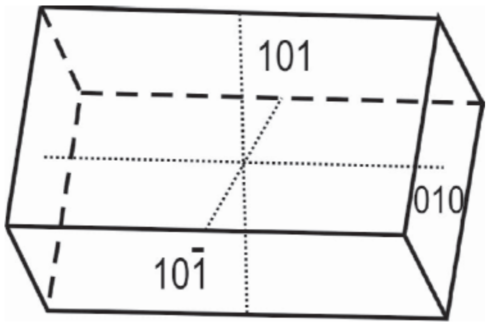
(3) **प्रवण पिनेकॉइड** (Clinopinacoid) : यह दो फलकों वाली विवृत आकृति है। इसका हर एक फलक ऋजु अक्ष को काटता है तथा प्रवण और ऊर्ध्वाधर अक्ष के समान्तर रहता है। इसकी सामान्य आकृति (010) है (चित्र 2.44)।

(4) **प्रिज्म** (Prism) : यह चार फलकों वाली आकृति है। इसका हर एक फलक ऊर्ध्वाधर अक्ष के समान्तर रहता है तथा अन्य दोनों अक्षों को काटता है। इसकी एकांक आकृति का संकेत (110) है (चित्र 2.45)।



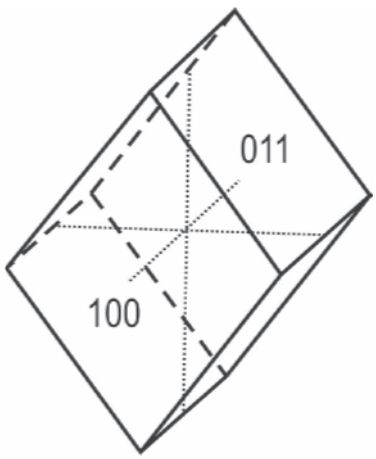
चित्र 2.45 : प्रिज्म

(5) **अर्धऋजु डोम** (Hemi-orthodome) : इसके केवल दो फलक होते है। इसका हर एक फलक ऊर्ध्वाधर तथा प्रवण अक्ष को काटता है तथा ऋजु अक्ष के समान्तर होता है। इसकी सामान्य आकृति (101) है (चित्र 2.46)। अर्धऋजुडोम दो प्रकार के होते हैं, धनात्मक तथा ऋणात्मक।



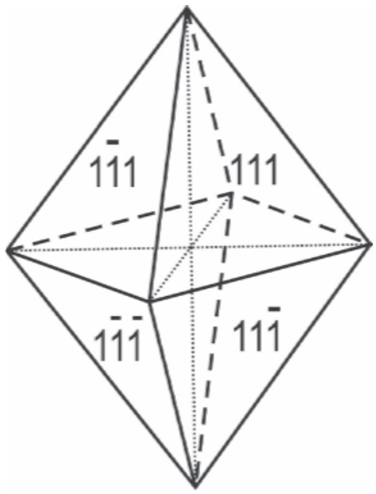
चित्र 2.46 : अर्द्धऋजु डोम

(6) **प्रवणअक्ष डोम** (Clinodome) : यह चार फलकों वाली आकृति है। इसका प्रत्येक फलक ऋजु अक्ष और उर्ध्वाधर अक्ष को काटता है तथा प्रवण अक्ष के समानान्तर होता है। इसका सूचकांक (011) है (चित्र 2.47)।



चित्र 2.47 : अर्द्धऋजु डोम

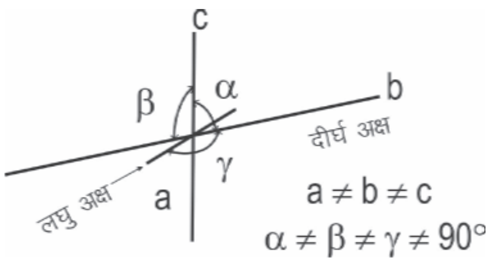
(7) **अर्धपिरैमिड** (Hemi-pyramid) : इसमें केवल चार फलक होते हैं। हर एक फलक तीनों अक्षों को असमान दूरी पर काटता है। एकांक आकृति का संकेत (111) है (चित्र 2.48)। ये दो प्रकार के होते हैं तथा धनात्मक अर्धपिरैमिड और ऋणात्मक अर्धपिरैमिड कहलाते हैं।



चित्र 2.48 : अर्द्धपिरेमिड

त्रिप्रवण समुदाय (Triclinic System)

इस समुदाय में तीनों अक्ष अलग–अलग लंबाई की होती है और तीनों अक्षों में से कोई भी अक्ष किसी दूसरे अक्ष के साथ 90° का कोण नहीं बनाते हैं। तीनों अक्षों में से किसी एक को 'c' ऊर्ध्वाधर अक्ष मान लिया जाता है। 'a' अक्ष छोटी रहती है और लघु अक्ष कहलाती है। 'b' अक्ष 'a' अक्ष की अपेक्षा बड़ी रहती है तथा दीर्घ अक्ष कहलाती है (चित्र 2.49)। इस समुदाय में न तो



चित्र 2.49 : त्रिप्रवण समुदाय के अक्ष

कोई सममिति तल होता है और न ही कोई सममिति अक्ष। केवल सममिति केन्द्र होता है। इस समुदाय का सामान्य सममिति वर्ग एक्सीनाइट टाइप कहलाता है।

एक्सीनाइट का अक्षीय अनुपात इस प्रकार है :

a : b: c = 0.49 : 1 : 0.48

α = 82°54' , β = 91°52' , γ = 131°32'

एक्सीनाइट टाइप

(Axinite type or pinacoidal Class)

इसमें सभी आकृतियाँ दो फलकों से बनी होती है इसलिए इसे पिनेकॉइडल वर्ग भी कहते हैं। इसके सममिति अवयव इस प्रकार है।

सममिति तल नहीं होता है।

सममिति अक्ष नहीं होता है।

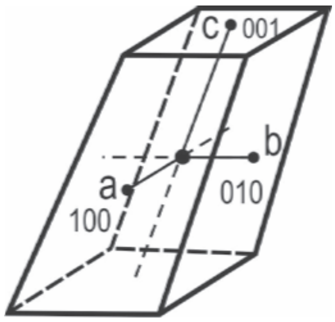
केवल सममिति केन्द्र होता है।

सामान्य आकृतियाँ

(1) **आधार पिनेकॉइड** (Basal pinacoid) : यह दो फलकों वाली खुली आकृति होती है। इसके फलक केवल ऊर्ध्वाधर अक्ष को काटते हैं और अन्य दोनों अक्षों के समान्तर होते है। इसका सामान्य संकेत (001) है (चित्र 2.50)।

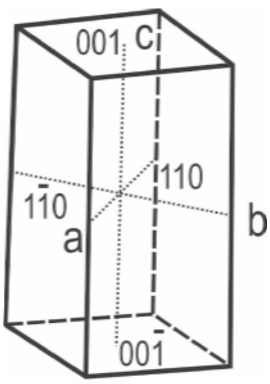
(2) **दीर्घपट्ट पिनेकॉइड** (Front pinacoid) : यह दो फलकों वाली आकृति होती है। इसके फलक केवल लघु – अक्ष को काटते हैं तथा अन्य दोनों अक्षों के समान्तर रहते हैं। इसका सामान्य संकेत (100) है (चित्र 2.50)।

(3) **लघुपट्ट पिनेकॉइड** (Side pinacoid) : यह दो फलकों वाली आकृति है। इसके फलक केवल दीर्घ–अक्ष को काटते हैं तथा अन्य दोनों अक्षों के समान्तर होते हैं। इसका सामान्य संकेत (010) हैं (चित्र 2.50)।



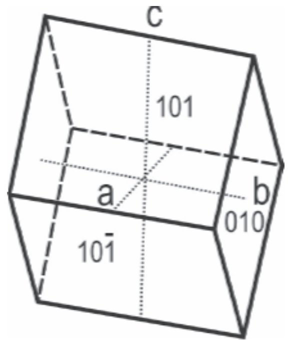
चित्र 2.50 : आधार पिनेकॉइड (001)
दीर्घ पट्ट पिनेकॉइड (100)
एवं लघु पट्ट पिनेकॉइड (010)

(4) **अर्धप्रिज्म** (Hemi Prism) : यह दो फलकों वाली आकृति है। इसके फलक लघु तथा दीर्घ दोनों अक्षों को काटते हैं तथा ऊर्ध्वाधर अक्ष के समान्तर होते हैं। इसका सामान्य संकेत (110) है (चित्र 2.51)।



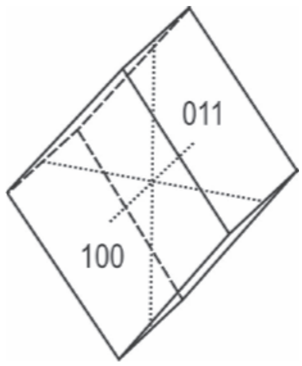
चित्र 2.51 : अर्द्धप्रिज्म

(5) **अर्धदीर्घडोम** (Hemi-macrodome) : इसमें केवल दो फलक होते हैं। हर एक फलक ऊर्ध्वाधर तथा लघु अक्ष को काटता है तथा दीर्घ अक्ष के समान्तर होता है। इस आकृति का संकेत (101) है (चित्र 2.52)।



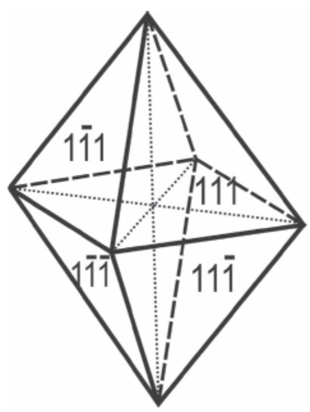
चित्र 2.52 : अर्धदीर्घडोम

(6) **अर्धलघुडोम** (Hemi brachydome) : इसमें दो फलक होते हैं। यह लघु अक्ष के समान्तर होता है और अन्य दोनों अक्षों को काटता है। इस आकृति का संकेत (011) है (चित्र 2.53)।



चित्र 2.53 : अर्धलघुडोम

(7) **चतुर्थांश पिरैमिड** (Quarter Pyramid) : इसमें भी केवल दो ही फलक होते हैं। हर एक, फलक तीनों अक्षों को असमान दूरी पर काटता है। इसकी आकृति का संकेत (111) है (चित्र 2.54)।



चित्र 2.54 : चतुर्थांश पिरेमिड

सिलिकेट (Silicate)

सिलिकेट ऐसे यौगिक है जो ऋणायनिक सिलिकॉन यौगिकों से बने होते हैं। सिलिकेटों में अनेकों खनिज शामिल होते हैं। इनमें से कुछ खनिज दुर्लभ (Rare) होते हैं और कुछ प्रचुर मात्रा में पाये जाते हैं। भूपटल (Earth Crust) में लगभग 95 प्रतिशत सिलीकेट खनिज हैं जिसमें कि लगभग 60 प्रतिशत फेल्सपार (Feldspar) और 12 प्रतिशत क्वार्ट्ज (Quartz) होता है।

ऐसे बहुत कम तत्व हैं जो कि सिलीकेट खनिज का निर्माण करते हैं। कुछ तत्व ऐसे हैं जो कि स्वतन्त्र सिलीकेट नहीं बनाते हैं परन्तु वे इसके तत्वों के साथ सम्बद्ध रहते हैं। एक ही तत्व के कई प्रकार के सिलीकेट बन सकते हैं। इनकी संरचना बहुत ही जटिल और अस्थिर होती है। इनकी जटिलता के कारण खनिजों की संरचना समझने में बहुत कठिनाई पड़ती थी। एक्सरे के अविष्कार से क्रिस्टलों की संरचना को समझना एवं उनका अध्ययन करना सरल हो गया है। सिलिकेट खनिजों का वर्गीकरण क्रिस्टल संरचना पर ही आधारित है।

संरचना (Structure)

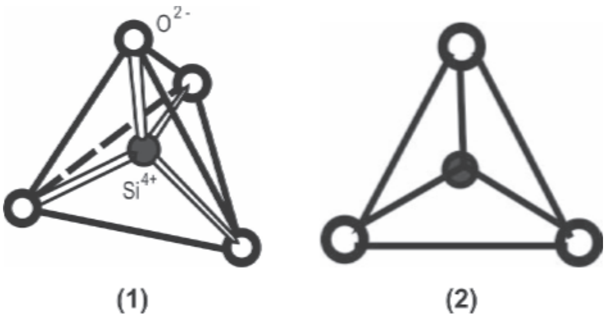
सभी प्रकार के सिलिकेटों में एक सिलीकॉन परमाणु, ऑक्सीजन के 4 परमाणुओं से जुड़ा रहता है। सिलीकॉन और आक्सीजन (Si व O) के बीच का बन्ध इतना मजबूत होता है कि 4 ऑक्सीजन हमेशा ही टेट्राहेड्रॉन के 4 किनारों पर पाये जाते हैं। इनका एक निश्चित आयाम और आकार (Dimension and Shape) होता है।

वर्गीकरण (Classification)

सिलिकेटों का वर्गीकरण क्रिस्टल संरचना तथा आक्सीजन सिलिकॉन की बंधता के आधार पर किया गया है। यह वर्गीकरण निम्न प्रकार की बन्धता पर आधारित है –

1. स्वतन्त्र चतुष्कोणीय सिलिका समूह या नीसोसिलीकेट (Independent Tetrahedral Silica Group or Nesosilicate)
2. द्विचतुष्कोणीय संरचना या सोरोसिलीकेट (Ditetragonal Structure or Sorosilicate)
3. वलीय संरचना या साइक्लोसिलीकेट (Ring Structure or Cyclosilicate)
4. श्रृंखलित संरचना या इनोसिलीकेट (Chain Structure or Inosilicate)
   i. एकल श्रृंखला संरचना (Single Chain Structure) और
   ii. द्विश्रृंखलित संरचना (Double Chain Structure)
5. चादरवत संरचना या फायलोसिलीकेट (Sheet structure or Phyllosilicate)
6. त्रिविमीय जाली या टेक्टोसिलीकेट (Three dimensional network or Tektosilicate)

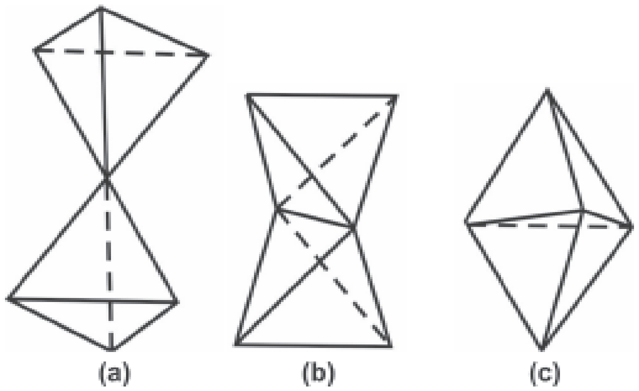
1. **स्वतन्त्र चतुष्कोणीय सिलीका समूह या नीसोसिलीकेट** (Independent Tetrahedral Silica group or Nesosilicate) : इसमें स्वतन्त्र SiO_4 चतुष्फलक होता है (चित्र 2.55)। इसमें सिलिका (Si) और ऑक्सीजन (O)



चित्र 2.55 : स्वतंत्र चतुष्फलक संरचना

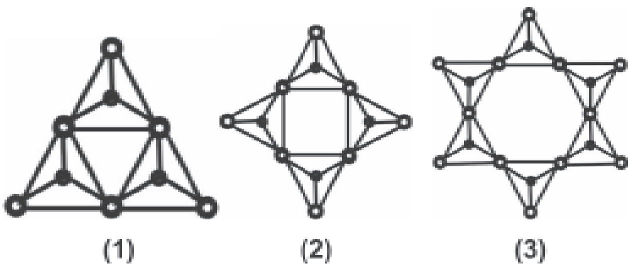
अनुपात 1 : 4 का होता है। पूरे क्रिस्टल में चतुष्फलक एक नियमित सांचे में बंधे रहते हैं। इस तरह की संरचना ऑलीबीन और गार्नेट (Olivine and Garnet) में पाई जाती है। सिलिकेट का इस प्रकार का विभाजन निसोसिलिकेट कहलाता है। इसमें धात्विक परमाणु भी जुड़े रहते हैं।

2. **द्विचतुष्कोणीय संरचना या सोरोसिलीकेट** (Ditetragonal Structure or Sorosilicate) : इसमें दो SiO_4 चतुष्फलक एक ही ऑक्सीजन पर जुड़े रहते हैं (चित्र 2.56)। इसमें 1 ऑक्सीजन 2 सिलीकॉन से साझा (Shared) करता है। इस प्रकार की संरचना से Si_2O_7 का गठन होता है। यहाँ सिलिका और ऑक्सीजन का अनुपात 2 : 7 का होता है। ऐसे सिलीकेटों को सोरोसिलीकेट (Sorosilicate) भी कहते हैं। उदाहरण – हेमीमार्फाइट (Hemimorphite, $ZnSi_2O_7 (OH)_2 . H_2O$)



चित्र 2.56 : द्विचतुष्कोणीय संरचना

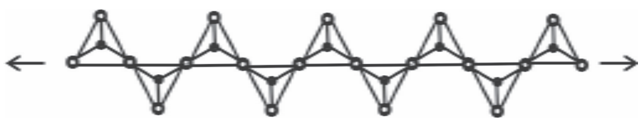
3. **वलीय संरचना या साइक्लोसिलीकेट** (Ring Structure or Cyclosillicate) : इसमें चतुष्फलक आपस में इस प्रकार से जुड़े रहते हैं कि वलय के आकार में दिखते हैं। इसमें प्रत्येक SiO_4 चतुष्फलक (Tetrahedron) दो सम्मिलित ऑक्सीजन द्वारा बंधे रहते हैं। इस प्रकार के बंधनों से वलय के समान रचना का निर्माण होता है। उदाहरण तीन रिंग वाले चतुष्फलक बेनीटोइट (Benitoite, $BaTi\,Si_3O_9$), चार छल्ले वाले चतुष्फलक, एक्सीनाइट (Axinite, $Ca, Mn, Fe)_3\, Al_2\, (BO_3)\, Si_4\, O_{12}$ (Oh) और छः छल्ले वाले चतुष्फलक बेरिल (Beryl, $BeAl_2, (Si6O_{18})$, में पाये जाते हैं (चित्र 2.57)।



चित्र 2.57 : तीन छल्ले, चार छल्ले एवं छः छल्ले वाले चतुष्फलकों की संरचना

4. **श्रृंखलित संरचना या इनोसिलिकेट** (Chain Structure or Inosilicate) : इसमें प्रत्येक SiO_4 चतुष्फलक एक दूसरे से इस प्रकार बंधे रहते हैं कि एक श्रृंखला (Chain) बन जाती है तथा इस श्रृंखला का विस्तार अनिश्चित होता है। इस प्रकार के सिलिकेटों को इनोसिलिकेट कहते हैं। यह श्रृंखला दो रूपों में पाई जाती है –

   i. **एकल श्रृंखला संरचना** (Single Chain Structure) : इसमें SiO_4 चतुष्फलक इस प्रकार बंधे रहते हैं कि एक श्रृंखला बन जाती है (चित्र 2.58) जिसका गठन Si_2O_6 होता है। इसमें सिलीकॉन और ऑक्सीजन का अनुपात 1 : 3 का होता है। ये श्रृंखलायें क्रिस्टल में एक दूसरे के समानान्तर होती है और धात्विक आयन (Metallic Ion) द्वारा जुड़ी रहती है। उदाहरण – पाइरॉक्सीन समूह।

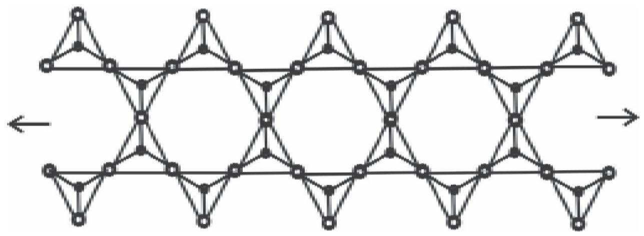


चित्र 2.58 : एकल श्रृंखला संरचना

   ii. **द्विश्रृंखलित संरचना** (Double chain Structure) : जब दो एकल श्रृंखला समानान्तर होती है व ऑक्सीजन परमाणु से एक निश्चित अंतराल से सांझा करती है तब

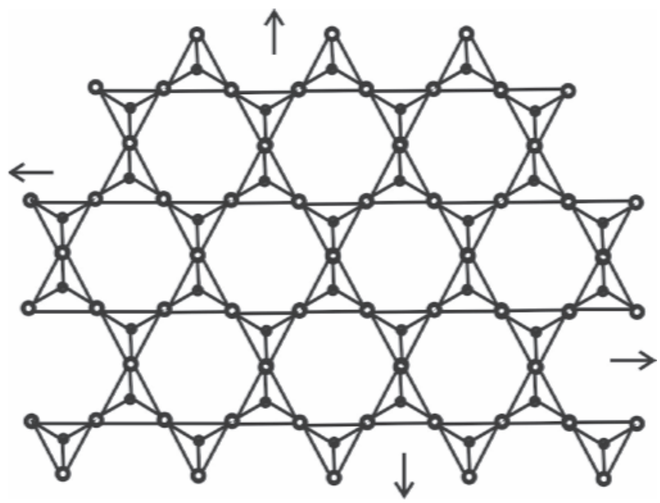
द्विश्रृंखलित संरचना का निर्माण होता है। (चित्र 2.59) इसमें सिलीकॉन और ऑक्सीजन का अनुपात 4 : 11 का होता है।

उदाहरण – एम्फीबोल (ट्रीमोलाइट)



चित्र 2.59 : द्विश्रृंखलित संरचना

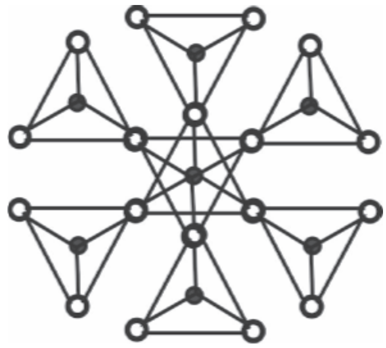
5. **चादरवत संरचना या फायलोसिलीकेट** (Sheet Structure or Phyllosilicate) : इसमें हर एक SiO_4 चतुष्फलक के तीन ऑक्सीजन परमाणु दूसरे SiO_4 चतुष्फलक के तीन ऑक्सीजन परमाणु के साथ सम्मिलित होते है। इस प्रकार एक सपाट चादर सी बन जाती है (चित्र 2.60)। इस संरचना का दोनों दिशाओं में विस्तार होता है इन्हें फाइलोसिलिकेट भी कहते हैं इसमें सिलिका और ऑक्सीजन का अनुपात 2 : 5 होता है। उदाहरण – माइका (mica) और टाल्क (talc)। ऐसे सिलिकेटों को फायलोसिलीकेट भी कहते हैं।



चित्र 2.60 : चादरवत संरचना

6. **त्रिविमीय जाली या टेक्टोसिलिकेट** (Three dimensional network or Tectosilicate) : इसमें प्रत्येक चतुष्फलक, दूसरे चतुष्फलक के चारों कोनों (corner) से जुड़े रहते हैं। इस प्रकार इनके संयोग से त्रिविमीय जाली बन जाती है (चित्र 2.61)। इसमें Si और O का अनुपात 1 : 2 का होता है।

उदाहरण – क्वार्ट्ज (Quartz) एवं फेल्सपार (Feldspar) में इस प्रकार की संरचना पायी जाती है। ऐसे सिलिकेटों को टेक्टोसिलिकेट भी कहते हैं।



चित्र 2.61 : त्रिविम जाली

महत्वपूर्ण खनिज समूहों का अध्ययन

(Study of Important Mineral Groups)

1. सिलिका समूह (Silica Group)

इसके क्रिस्टल षट्कोणीय समुदाय में आते हैं। भूपटल में सबसे अधिक मिलने वाला खनिज सिलिका है। ये खनिज समूह सिलिकन और आक्सीजन के संयोग से बनते हैं। सिलिका को तीन मुख्य रूपों में वर्गीकृत किया गया है। ये इस प्रकार है :–

(1) **क्रिस्टलीय** (Crystalline) : इसमें क्वार्ट्ज (Quartz), ट्रिडीमाइट (Tridymite) और क्रिस्टोबेलाइट (Cristobalite) शामिल है और ये प्रतिरूपी होते हैं क्वार्ट्ज कई प्रकार के होते हैं जैसे 573°C से नीचे बनने वाले क्वार्ट्ज को निम्न क्वार्ट्ज कहते हैं। 574°C से 870°C के बीच बनने वाले क्वार्ट्ज को उच्च क्वार्ट्ज कहते हैं। साधारणतया सामान्य क्वार्ट्ज को रंगों के आधार पर कई प्रकारों में बाँटा गया है। जैसे रंगहीन एवं पारदर्शी क्वार्ट्ज को रॉक क्रिस्टल कहते हैं। पीले रंग वाले क्वार्ट्ज को सिट्रिन (Citrin), बैंगनी रंग वाले को अमिथिष्ट, सफेद को दूधिया क्वार्ट्ज, भूरे और काले को स्मोकी (Smoky) क्वार्ट्ज एवं गुलाबी रंग वाले को रोज़ (Rose) क्वार्ट्ज कहते हैं।

(2) **गूढ़क्रिस्टलीय** (Cryptocrystalline) : इसमें चलसीडोनी, चर्ट, फ्लिंट, जैस्पर आदि आते हैं। गूढ़ क्रिस्टलीय सिलिका के क्रिस्टलों को सूक्ष्मदर्शी द्वारा ही देखा जा सकता है। चलसीडोनी सिलिका का रूप रेशेदार होता है। अगेट, चलसीडोनी का ही रूप है। जिसमें अलग अलग रंगों की धारियां पायी जाती है। दूसरी गूढ़क्रिस्टलीय सिलिका फ्लिंट एवं चर्ट है। फ्लिंट सामान्यतः काली होती है एवं इसके किनारे बहुत तीखे होते हैं। फ्लिंट के टुकड़ों को आपस में टकराने पर इनमें से चिंगारियां निकलती है। चर्ट हल्के रंगों में मिलती है तथा इसके किनारे फ्लिंट के मुकाबले कम तीखे होते हैं।

(3) **अक्रिस्टलीय या अनाकार** (Amorphous) : इसमें ओपल सिलिका आती हैं। इस अक्रिस्टलीय सिलिका में पानी की मात्रा उपस्थित रहती है।

वायुमंडलीय दबाब पर क्वार्ट्ज 870° तक स्थायी रहता है। ट्रिटीमाइट 870°C से 1470°C तक और क्रिस्टोबेलाइट 1470° से 1713°C तक और 1713°C से क्वथनांक तक तरल सिलिका स्थायी रहता है। दबाव का भी इन पर प्रभाव पड़ता है। सिलिका की तीनों बहुआकृतियों में चतुष्फलक संरचना रहती है। सिलिका आक्सीजन चतुष्फलक आपस में इस प्रकार बंधे रहते हैं कि एक त्रिविम जाली बन जाती है। परन्तु तीनों रूपों में बंधक अलग–अलग होते हैं। इनकी बनावट के अनुसार इनका घनत्व भी अलग–अलग होता है।

भौतिक गुण (Physical Properties)

रासायनिक संगठन (रा.स.) : स्फटिक सिलिकन और ऑक्सीजन का यौगिक SiO_2

क्रिस्टल संरचना (क्रि. स.) : इसके क्रिस्टल षट्कोणीय समुदाय में आते हैं। क्रिस्टल प्रिज्मेटिक होते हैं। यह स्थूल रूप में भी पाया जाता है। गूढ क्रिस्टलीय संरचना अक्रिस्टलीय होती है।

रंग : क्वार्ट्ज रंगहीन, सफेद, दूधिया, गुलाबी, बैंगनी, काला आदि रंगों में होता है। चलसीडोनी विभिन्न भूरे रंगों से आच्छादित होती है। ओपल पीले सफेद रंग में मिलता है।

वर्ण रेखा (व. रे.) : रंगहीन या सफेद

चमक : क्रिस्टलीय सिलिका की काँचाभद्युति होती है बाकी सिलिका की मोम जैसी द्युति होती है।

विदलन : अनुपस्थित

विभंग : शंखाभ

कठोरता : क्वार्ट्ज की 7 एवं चलसीडोनी की 6.5 होती है।

आपेक्षिक घनत्व (आ. घ.) : 2.32 से 2.65

क्वार्ट्ज (स्फटिक) की भिन्न भिन्न किस्मों के नाम रंग के अनुसार है। जैसे गुलाबी स्फटिक (Rosy Quartz), जमुनियाँ स्फटिक (Amethyst), दूधिया स्फटिक (Milky), धूमिल स्फटिक (Smoky), शुद्ध स्फटिक (Rock crystal)।

प्रकाशीय गुण (Optical Properties)

क्रिस्टल व्यवस्था : षट्कोणीय

आकार : ये खनिज पूर्णाकृति क्रिस्टल के रूप में या दानेदार तथा अफलकीय होते हैं।

रंग : रंगहीन।

विदलन : प्रायः नहीं होता। विदलन अपूर्ण समचतुर्भुजीय होता है।

स्पष्टता : कम, n> बालसम।

द्विअपवर्तन : मंद।

व्यतिकरण वर्ण : पहले दर्जे का धूसर या पीला।

यमलन : साधारणतः नहीं पाया जाता है।

विलोपन : पूर्णकृति क्रिस्टलों में समान्तर विलोपन होता है अन्यथा तरंगित रूप में होता है। आधार काट सभी दिशाओं में काले रहते हैं।

क्वार्ट्ज बलुआपत्थर (sandstone) का परमावश्यक अंग है। यह ग्रेनाइट एवं पेग्माटाइट, रायोलाइट जैसी अधिसिलिक (Acidic) आग्नेय शैलों का प्रमुख प्राथमिक अवयव है। यह अनेक कायांतरित शैलों (विशेषतः क्वार्ट्जाइट) मे प्रमुख रूप से खनिज शिराओं में भी मिलता है। सिलिका का उपयोग काँच, सिलिका की ईटें आदि में, शैलक्रिस्टल (Rock Crystal) के रूप में, वैज्ञानिकों के उपकरण आदि बनाने में होता है। रंगीन स्फटिक रत्न पत्थर (Gemstone) के रूप में काम आता है।

2. फेल्सपार समूह (Feldspar Group)

फेल्सपार का शैलकारी खनिजों में महत्वपूर्ण स्थान है तथा यह खनिज समूह समाकृति (Isomorphism) का सर्वोत्कृष्ट उदाहरण है। ये एकनत एवं त्रिप्रवण समुदाय में क्रिस्टलित होते हैं। फेल्सपार खनिज एल्यूमिनियम, पोटेशियम, सोडियम एवं कैल्शियम के सिलीकेट हैं। असाधारण तौर पर कैल्शियम के स्थान पर बेरियम युक्त फेल्सपार को सेलसियन (Celsian-$BaAl_2Si_2O_8$) के नाम से जाना जाता है। फेल्सपार समूह को दो प्रमुख वर्गों 1. पोटाश फेल्सपार तथा 2. सोड़ा तथा लाईम फेल्सपार में वर्गीकृत किया गया है। आर्थोक्लेज, सेनेडिन, माइक्रोक्लीन, सोड़ाआर्थोक्लेज, सोड़ामाइक्रोक्लीन एवं एनोर्थोक्लेज पोटाश फेल्सपार के प्रमुख खनिज है। एलकलि फेल्सपार में आर्थोक्लेज मध्यम तापमान फेल्सपार एवं सेनिडिन उच्च तापमान फेल्सपार है तथा माइक्रोक्लीन निम्न तापमान फेल्सपार है। सोड़ा–लाईम फेल्सपार वर्ग में छः खनिज आते हैं जिनको एल्बाइट, ओलिगोक्लेज, एण्डेसीन, लेब्रोडोराइट, बाइटोनाइट तथा एनार्थाइट कहते हैं। इनमें Na^+ और Ca^{2+} शून्य से लेकर 100 तक किसी भी प्रतिशत में रह सकते हैं। एलबाइट (Ab_{100-90}) में सोडियम 100 से 90 प्रतिशत तथा कैल्शियम 0 से 10 प्रतिशत तक (An_{0-10}) होता है तथा एनोर्थाइट (An_{90-100}) में कैल्शियम 100 से 90 प्रतिशत तक होता है, जिसको निम्नानुसार एनोर्थाइट (An) की बढ़ती मात्रा के साथ दर्शाया गया है।

भौतिक गुण (Physical Properties)

– **क्रि. स.** : एकनत समुदाय। क्रिस्टलों में प्रिज्म और पिनेकॉइड फलक होते है। क्रिस्टल प्रायः यमलित होते हैं। यह स्थूल रूप में भी पाया जाता है तथा सपटल होता है। आर्थोक्लेज एवं इसकी संरचना के खनिज एकनत समुदाय तथा

माइक्रोक्लीन एवं प्लेजियोक्लेज त्रिप्रवण समुदाय में क्रिस्टलित होते हैं।

एलबाइट -	ओलिगोक्लेज -	एण्डेसिन –	लेबरोडोराइट –	बिटुवनाइट -	एनोर्थाइट
(Albite)	(Oligoclase)	(Andesine)	(Labradorite)	(Bytwonite)	(Anorthite)
An_{0-10}	An_{10-30}	An_{30-50}	An_{50-70}	An_{70-90}	An_{90-100}

- **रंग** : सफेद, मटियाला, आर्थोक्लेज खूनी रंग माइक्रोक्लीन हरा रंग एवं प्लेजियोक्लेज सफेद से काले भूरे के बीच होता है।
- **वर्ण रेखा** : सफेद या रंगहीन
- **चमक** : कॉचाभ या मोतिया
- **पारदर्शिता** : पारभाषी से अपारदर्शी
- **विदलन** : आपस में 90° का कोण बनाती हुई दो दिशाओं में उत्तम
- **विभंग** : शंखाभ
- **कठोरता** : 6
- **आ. घ.** : 2.57 से 3

प्रकाशीय गुण (Optical Properties)

- **क्रि. स.** : एकनत एवं त्रिप्रवण
- **रंग** : प्रायः रंगहीन। परिवर्तन के कारण धुँधले भी दिखाई देते है।
- **आकार** : ये खनिज पूर्णाकृतिक और अपूर्णाकृतिक क्रिस्टलों के रूप में पाया जाता है।
- **विदलन** : (001) के समान्तर उत्तम, (010) के समान्तर पूर्ण (विदलन दो दिशाओं में एक–दूसरे पर समलंब बनाती हुई)
- **स्पष्टता** : कम, कनाडा बालसम की अपेक्षा कम।
- **द्विअपवर्तनांक** : मंद।
- **विलोपन** : उपस्थित होता है (001) पर समान्तर होता है। (010) पर 50 डिग्री से 70° तक का कोण बनाते है।
- **परिवर्तन** : ये सरलतापूर्वक सेरीसाइट और केओलिन में परिवर्तित हो जाते हैं।
- **यमलन** : (001) युगलित अक्ष। साधारण यमलन उपस्थित होता है।
- **व्यतिकरण वर्ण** : प्रथम दर्जे के धूसर और श्वेत होते हैं।

यह मुख्यतः काँच बनाने में, चीनी मिट्टी उद्योग में, बर्तनों पर इनेमल (enamel) करने के लिए, कृत्रिम दाँत, घर्षण वस्तुएँ आदि बनाने के काम आते हैं। कुछ रंगीन फेल्सपार रत्न पत्थर कहलाते हैं।

3. माइका (अभ्रक) वर्ग (Mica Group)

इस समूह में कई खनिज होते हैं पर मुख्यरूप से बायोटाइट या मस्कोवाइट होता है। माइका में पूर्ण आधार विदलन होता है। जिसके कारण यह पतले पत्रकों में टूट जाते हैं। ये पत्रक लचीले तथा प्रत्यास्थ (elastic) होते हैं। इनमें दीप्तिमान मुक्ताभ चमक पायी जाती है। इसके सब क्रिस्टल एकनत समुदाय में आते हैं। परन्तु इनकी आकृति कृत्रिम षट्कोणी दिखाई देती है। रासायनिक दृष्टि से इस वर्ग के खनिज मुख्यतः पोटेशियम, ऐलुमिनियम, लोहा, मैग्नीशियम और हाइड्रोक्सिल सिलिकेट होते हैं। क्रिस्टल संरचना में चादरवत होती है।

माइका इस प्रकार है :–

1. मस्कोवाइट (Muscovite) : पोटेशियम माइका (सफेद माइका)
2. पैरेगोनाइट (Paragonite) : सोडियम माइका
3. लेपिडोलाइट (Lepidolite) : लीथियम माइका
4. बायोटाइट (Biotite) : लौह, मैग्नीशियम माइका (काला माइका)
5. फ्लोगोपाइट (Phlogopite) : मैग्नीशियम, माइका
6. जिनवाल्डाइट (Zinnwaldite) : लीथियम, बायोटाइट

अभ्रक का आ. घ. : 2.7 से 3.1 के बीच रहता है और औसत कठोरता 2.5 है।

माइका समूह के भौतिक गुण (Physical properties of Mica)

- **क्रि. स.** : इसके क्रिस्टल कृत्रिम षट्कोणी होते हैं और एकनत समुदाय में आते हैं। यह ज्यादातर शल्कित (foliated) होते हैं। इसके लम्बे पत्रक निकलते हैं।
- **रंग** : यह सफेद काला भूरा बादामी एवं पीला होता है।
- **वर्ण रेखा** : रंगहीन या चमकीली
- **चमक** : मुक्ता
- **विदलन** : (001) के समान्तर पूर्ण विदलन होता है। अभ्रक की पतली–पतली परतें अलग हो सकती है। ये परतें लचीली होती है।
- **विभंग** : असम
- **कठोरता** : 2 से 3
- **आ. घ.** : 2.8 से 2.9 तक

माइका के प्रकाशीय गुण (Optical properties of Mica)

आकृति : पत्रित

वर्ण : रंगहीन बादामी पीला जैतूनी हरा या तीव्र हरा। बहुवर्णी

विदलन : 001 के समानान्तर अति उत्तम

स्पष्टता : निम्न से मध्यम

व्यतिकरण वर्ण : द्वितीय क्रम के ऊपरी भाग के

विलोपन : लगभग समानान्तर, अति उत्तम

माइका अनेक आग्नेय एवं कायांतरित शैलों में पाया जाता है। बिजली तथा गर्मी का कुचालक होता है।

4. पाइरॉक्सीन वर्ग (Pyroxene Group)

पाइरॉक्सीन खनिज मुख्यतः लोहा, मैग्नीशियम, कैल्शियम के सिलिकेट हैं। इन अवयवों के अतिरिक्त इनमें थोड़ी–सी मात्रा में ऐलुमिनियम के सिलिकेट का और कभी–कभी सोड़ा या पोटाश का अंश भी होता है। इन सबका रासायनिक संघटन बहुत हद तक बदलता रहता है और इसलिए इस वर्ग में कई समाकृतिक खनिज श्रेणियाँ हैं। इस वर्ग के खनिज विषमलंबाक्ष, और एकनत समुदाय में क्रिस्टलित होते हैं। इनमें एकल श्रृंखला संरचना पायी जाती है। किंतु इनकी संरचना तथा अनेक भौतिक और रासायनिक लक्षणों में अत्यधिक समानता पायी जाती है। पाइरॉक्सीन का विभाजन क्रिस्टल समुदाय के आधार पर इस प्रकार है।

(अ) विषमलंबाक्ष पाइरॉक्सीन

1. एनस्टेटाइट (Enstatite) $Mg_2\ Si_2\ O_6$
2. हाइपरस्थीन (Hypersthene) $(Mg, Fe)_2\ Si_2\ O_6$

(ब) एकनत पाइरॉक्सीन

1. क्लाइनो एनस्टेटाइट (Clinoenstatite) – क्लाइनो हायपरस्थीन (Clinohypersthene)
2. डाइऑप्साइड (Diopside) $Ca\ (Mg, Fe)\ Si_2\ O_6$
3. हैडेनबर्गाइट (Hedenbergite) $(Ca, Fe)\ Si_2\ O_6$
4. औजाइट (Augite) $(Ca, Mg, Fe, Al)_2\ (Al, Si)_2\ O_6$
5. पिजियोनाइट (Pigeonite) $(Ca, Mg)\ (Mg, Fe)\ Si_2\ O_6$
6. ईजिरिन (Aegirine) $(Na, Ca)\ (Fe^{+3}, Fe^{+2}, Mg, Al)\ Si_2\ O_6$
7. जेडाइट (Jadeite) $Na\ Al\ Si_2\ O_6$
8. स्पोडुमीन (Spodumene) $Li\ Al\ Si_2\ O_6$

पायरॉक्सीन के भौतिक गुण

क्रि. स. : विषमअक्षीय एवं एकनत समुदाय। बहुधा स्थूल, प्रिज्मीय, रेशेदार तथा सपटल (lamellar) रूप में पाये जाते है।

रंग : हल्का हरा से गहरा हरा, काँस्य पीला, सफेद, काला, भूरा आदि।

वर्ण रेखा : रंगहीन

चमक : काँचभद्युति या मुक्ताद्युति

विदलन : उत्तम, दो दिशाओं में लगभग 90° का कोण बनाता हुआ।

विभंग : असम

कठोरता : 5 से 6

आ. घ. : 3.1 से 3.8 (लोहे की मात्रा के अनुसार आपेक्षिक घनत्व बढ़ता जाता है)। पायरॉक्सीन, एम्फीबोल से थोड़े भारी होते है।

पायरॉक्सीन के प्रकाशीय गुण

क्रि.स. : विषमअक्षीय एवं एकनत समुदाय

रंग : हल्के हरे रंग से गहरे हरे तक। बहुवर्णी भी होते हैं।

आकार : यह खनिज प्रिज्मीय क्रिस्टलों के रूप में पाया जाता है अनुप्रस्थ काट चार भुजीय या अष्टभुजीय होती है

विदलन : दो दिशाओं में उत्तम 87° एवं 93° के कोणों पर (110) के समान्तर, कभी–कभी (010) के और (110) के समान्तर होती है।

स्पष्टता : मंद से उच्च n > बालसम

द्विअपवर्तन : कुछ में मंद, कुछ में तीव्र

व्यतिकरण वर्ण : दूसरे दर्जे एवं तीसरे दर्जे के होते हैं।

विलोपन : समान्तर एवं तिर्यक

5. ऐम्फिबोल वर्ग (Amphibole Group)

पाइरॉक्सीन खनिजों के समान इस वर्ग के खनिजों के भी रासायनिक संघटन और भौतिक लक्षण आपस में बहुत मिलते हैं। ऐम्फिबोल खनिज भी मुख्यतः लोहा, मैग्नीशियम, कैल्शियम का सिलिकेट है। इस वर्ग के कुछ खनिज समाकृतिक हैं। ये खनिज विषमअक्षीय एवं मुख्यतः एकनत समुदायों में क्रिस्टलित होते हैं किंतु बिरले त्रिप्रवण समुदाय में भी क्रिस्टलित होते है। ये सब द्विश्रृंखला संघटन बनाते हैं तथा Si_2O_{11} की रचना करते हैं। इस खनिज वर्ग में मुख्य शैलकर खनिज हॉर्नब्लेण्ड हैं।

एम्फीबोल का विभाजन इस प्रकार है :–

1. विषमअक्षीय ऐम्फिबोल

   (अ) ऐंथोफिलाइट (Anthophyllite) $(Mg, Fe)_7\ Si_8O_{22}(OH)_2$

2. एकनत ऐम्फिबोल

   (अ) कमिंगटोनाइट (Cummingotonite) $Mg_7\ Si_8O_{22}(OH)_2$ – ग्रुनेराइट (Grunerite) $Mg_7\ Si_8O_{22}(OH)_2$

   (ब) ट्रीमोलाइट (Tremolite) $Ca_2Mg_5\ Si_8O_{22}(OH)_2$ – ऐक्टिनोलाइट (Actinolite) $Ca_2(Mg, Fe^{+2})_5\ Si_8O_{22}(OH)_2$

   (स) हॉर्नब्लैण्ड (Hornblende) श्रेणी $Ca_2(Mg, Fe^{+2})_4\ (Al, Fe^{+3})Si_7AlO_{22}(OH)_2$

(द) क्षारीय ऐम्फिबोल

ग्लूकोफेन (Glaucophane) $Na_2(Mg_3Al_2)Si_8O_{22}(OH)_2$

रीबेकाइट (Riebeckite) $Na_2Fe^{+2}3\ Fe^{+3}2Si_8O_{22}(OH)_2$

आर्फवेदसोनाइट (Arfvedsonite) $Na_3(Fe^{+2})_4Fe^{+3}Si_8O_{22}(OH)_2$

एम्फीबोल के भौतिक गुण (Physical Properties)

क्रि. स. : विषमलंबाक्ष एवं एकनत समुदाय। इसके क्रिस्टल प्रिज्मेटिक में या विकीर्ण रेशेदार एवं दानेदार संहत होते हैं।

रंग : भूरी छटा होती है विभिन्न हरे रंग कालापन लिये होते हैं।

वर्ण रेखा : रंगहीन

चमक : काँचद्युति एवं रेशेदार में रेशमी द्युति होती है।

विदलन : प्रिज्म के समान्तर पूर्ण, दो दिशाओं में 56° एवं 124° के कोण पर

कठोरता : 5 से 6

आ. घ. : 2.8 से 3.5

प्रकाशीय गुण

रंग : हरा, भूरा तथा बहुवर्णी

आकार : खनिज प्रिज्मीय क्रिस्टलों के रूप में पाया जाता है। क्रॉस काट–कूटरूपीय षट्कोणीय स्वभाव के होते हैं।

विदलन : दो दिशाओं में (110), 56° एवं 124° के कोणों पर

स्पष्टता : मध्यम से उच्च

अपर्वतनांक : ऊँची n> बालसम

द्विअपवर्तन : साधारण

व्यतिकरण वर्ण : दूसरे दर्जे के

विलोपन : तिर्यक, निम्न (15° से 30°, सामान्यतः 10° से 20°) अनुलंब काटों में विलोप कोण 12° से 30° अनुप्रस्थ काटों में विदलन अनुरेखण पर विलोपन सममित होता है। खनिज छः फलकों वाला होता है।

यमलन : (100) यमल उपस्थित होता है।

6. ऑलीवीन (Olivine)

ऑलीवीन नीसोसिलिकेट/आर्थोसिलिकेट वर्ग में दो खनिजों – फार्स्टेराइट (Forsterite) $Mg\ (SiO_2)$ और फायलाइट (Fayalite) $Fe\ (SiO_4)$ का पूर्ण ठोस विलयन होता है और इस वर्ग के सभी खनिज समाकृतिक होते हैं। खनिज रासायनिक रूप से असंतृप्त होने के कारण सामान्य रूप से मुक्त प्राथमिक क्वार्ट्ज के साथ नहीं पाये जाते। आलीवीन उक्त दोनों खनिजों के बीच का खनिज है तथा पूरी श्रृंखला का प्रतिनिधित्व करता है। इनमें स्वतंत्र चतुष्फलकीय क्रिस्टल संरचना होती है। पारदर्शी हरी प्रजाति (पेरीडोट) रत्न के रूप में होता है। फारस्टेराइट कायांतरित डोलोमाईटी चूना पत्थर में मिलता है। सामान्य आलीवीन अल्पसिलिक और न्यूनसिलिक आग्नेय शैलों में (गैब्रो, डोलेराइट, बेसाल्ट, पेरीडोराइट, डयूनाइट ट्राक्टोलाइट आदि में)।

भौतिक गुण

रा. सं. : $(MgFe)_2\ (SiO_4)$

क्रि. स. : विषमलंबाक्ष, बेराइट टाइप

रूप : क्रिस्टल चपटे दीर्घित प्रिज्मीय, प्रायः तीनों प्रिज्म, तीनों पिनेकाइड और पिरामिड संयोजित रहते हैं। प्रायः दानेदार एवं संहत स्थूल रूप में।

रंग : हरे रंग की विभिन्न छटायें, (पीताभ हरा, जैतूनी हरा, धूमिल हरा) बादामी, विरल रूप से पीला (फार्स्टेराइट सफेदी या पीलापन लिये, फायलाइट धूमिल बादामी या काला)

विदलन : लगभग अनुपस्थित

विभग : शंखाभ

चमक : कांचाभ

वर्ण रेखा : रंगहीन

कठोरता : 6.5 से 7

आ. घ. : 3.5 (3.7 से 4.7)

प्रकाशीय गुण

वर्ण : रंगहीन

आकृति : पूर्ण फलकीय, अंशफलकीय या अफलकीय, क्रिस्टल रूपरेखा बहुभुजीय बड़े क्रिस्टल प्रायः पूर्ण फलकीय होते हैं।

विदलन : (100) के समानान्तर अपूर्ण, अनियमित दरारें पायी जाती है।

स्पष्टता : उच्च धनात्मक

व्यतिकरण वर्ण : उच्च द्वितीय क्रम

विलोपन : क्रिस्टल किनारों के समानान्तर पाया जाता है।

महत्वपूर्ण बिन्दु

1. खनिज विज्ञान भूविज्ञान की वह शाखा है जिसमें खनिजों के रासायनिक, भौतिक एवं प्रकाशीय गुणों का अध्ययन किया जाता हैं।

2. विज्ञान की वह शाखा जिसके तहत क्रिस्टलों की प्रकृति, उत्पत्ति, उनकी आंतरिक संरचना एवं बाह्य आकृति का अध्ययन किया जाता है उसे क्रिस्टल विज्ञान कहते हैं।
3. मिलर संकेत का अंक जितना अधिक होगा, फलक द्वारा काटी गयी दूरी उतनी ही कम होगी।
4. क्रिस्टलों का समुदायों में वर्गीकरण का आधार उनके अक्षों की लंबाई का अनुपात एवं कोणीय अनुपातों पर आधारित है।
5. क्रिस्टल समुदायों के वर्गों का वर्गीकरण सममिति तत्वों पर आधारित है।
6. समान सममिति तत्त्वों (अवयवों) वाले क्रिस्टल एक ही क्रिस्टल वर्ग में आते हैं।
7. लघुडोम चार फलकों वाली बंद आकृति है जो कि लघुअक्ष के समान्तर रहती है तथा अन्य दोनों अक्षों को काटती है।
8. सभी प्रकार के सिलिकेटों में एक सिलीकॉन परमाणु, ऑक्सीजन के 4 परमाणुओं से जुड़ा रहता है।
9. श्रृंखलित संरचना या इनोसिलिकेट में प्रत्येक SiO_4 चतुष्फलक एक दूसरे से इस प्रकार बंधे रहते हैं कि एक श्रृंखला (Chain) बन जाती है तथा इस श्रृंखला का विस्तार अनिश्चित होता है।
10. त्रिविमीय जाली या टेक्टोसिलिकेट में प्रत्येक चतुष्फलक, दूसरे चतुष्फलक के चारों कोनों (Corner) से जुड़े रहते हैं।
11. 573°C से नीचे बनने वाले क्वार्ट्ज को निम्न क्वार्ट्ज कहते हैं एवं 574°C से 870°C के बीच बनने वाले क्वार्ट्ज को उच्च क्वार्ट्ज कहते हैं।
12. क्वार्ट्ज का रासायनिक संगटन SiO_2 होता है।
13. फेल्सपार समूह में बहुत सदस्य होते हैं। फेल्सपार का सामान्य सूत्र WZ_4O_8 है। यहाँ W = Na, K, Ca और Ba तत्व शामिल है और Z = Si और Al है।
14. एलकलि फेल्सपार जिसमें आर्थोक्लेज मध्यम तापमान फेल्सपार एवं सेनिडिन उच्च तापमान फेल्सपार है।
15. गार्नेट के रासायनिक संगठन का सामान्य सूत्र R_3^{ii} R_2^{iii} (SiO_4) हैं। जहाँ R^{ii} = कैल्शियम, मैग्निशियम, लौह या मैंगनीज है एवं R^{iii} = लौह, ऐलुमिनियम, क्रोमियम या टाइटेनियम है।
16. ऐम्फिबोल खनिज द्विश्रृंखला संघटन बनाते हैं तथा Si_2O_{11} की रचना करते हैं।
17. ऐम्फिबोल खनिज ट्रीमोलाइट $Ca_2Mg_5\ Si_8O_{22}(OH)_2$ एवं ऐक्टिनोलाइट $Ca_2(Mg,\ Fe^{+2})_5\ Si_8O_{22}(OH)_2$ का रासायनिक संगटन है।
18. ऐम्फिबोल खनिजों में विदलन प्रिज्म के समान्तर पूर्ण, दो दिशाओं में 56° एवं 124° के कोण पर होता है।
19. डाइऑप्साइड पायरॉक्सीन खनिज का रासायनिक संगटन Ca (Mg, Fe) Si_2O_6 होता है।
20. पायरॉक्सीन में विदलन दो दिशाओं में 87° एवं 93° के कोणों पर उत्तम होता है।
21. पायरॉक्सीन, एम्फीबोल से थोड़े भारी होते है।
22. माइका समूह के ज्यादातर खनिज शल्कित (foliated) होते हैं।
23. माइका समूह की चमक मुक्ता होती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न

वस्तुनिष्ठ प्रश्न

1. क्वार्ट्ज की कठोरता कितनी होती है –
   (अ) 5 (ब) 6
   (स) 7 (द) 8
2. ओर्थोक्लेज का रंग कैसा होता है –
   (अ) सफेद (ब) हरा
   (स) भूरा (द) मांस जैसा लाल
3. अष्टफलक का मिलर संकेत क्या है –
   (अ) 111 (ब) 100
   (स) 110 (द) 210
4. काला अभ्रक किसे कहते हैं –
   (अ) मस्कोवाइट (ब) बायोटाइट
   (स) सेरीसाइट (द) फुकसाइट
5. विदलन प्रायः नहीं होता है –
   (अ) क्वार्ट्ज में (ब) फेल्सपार में
   (स) माइका में (द) एम्फिबोल में
6. जरकन टाइप वर्ग में कितने सममिति तल होते हैं –
   (अ) 7 (ब) 5
   (स) 4 (द) 3
7. डोम आकृति किस क्रिस्टल समुदाय से संबंधित है –
   (अ) समलंबाक्ष (ब) विषमलंबाक्ष
   (स) षट्कोणीय (द) चतुष्कोणीय

अतिलघुत्तरात्मक प्रश्न

1. षट्कोणीय समुदाय में कितने अक्ष होते हैं?
2. विषमलंबाक्ष समुदाय के अक्षों का अनुपात लिखिये।
3. गैलेना टाइप वर्ग में त्रिमुखी सममिति अक्ष कितने होते हैं?
4. घन किसे कहते हैं?
5. अष्टफलक क्या होता है?

6. ऑलीवीन किस सिलिकेट संरचना से संबंधित है?
7. क्वार्ट्ज में कौनसा विभंग होता है?
8. फेल्सपार की कठोरता कितनी होती है?
9. बैंगनी रंग के क्वार्ट्ज का क्या नाम है?
10. माइक्रोक्लीन का रंग कैसा होता है?
11. एलबाइट का रासायनिक संघटन लिखो।
12. हाइपरस्थीन किस खनिज समूह से संबंधित है?
13. हॉर्नब्लेन्ड का कौनसा खनिज समूह है?
14. ऑलीवीन का रासायनिक संघटन लिखो।
15. पायरॉक्सीन में व्यतिकरण वर्ग किस क्रम के होते है?

लघुत्तरात्मक प्रश्न

1. प्रवण अक्ष क्या होती है?
2. अर्धप्रिज्म से आप क्या समझते है?
3. बेराइट टाइप वर्ग के सममिति अवयव लिखिये।
4. जरकन टाइप वर्ग के सममिति अक्ष बताइये।
5. किन–किन क्रिस्टल समुदायों में अक्ष आपस में समकोण बनाते हैं।
6. द्विषट्कोणीय द्विपिरैमिड क्या है?
7. दीर्घडोम क्या होता है?
8. पिरैमिड क्या होता है?
9. क्वार्ट्ज के प्रकाशीय गुण लिखो।
10. फेल्सपार के भौतिक गुण लिखो।

निबंधात्मक

1. जरकन टाइप वर्ग के सममिति अवयवों को लिखिये एवं इसकी सामान्य आकृतियों का वर्णन करो।
2. पायरॉक्सीन खनिज वर्ग के सदस्यों का नाम एवं रासायनिक संगटन लिखो। उनके भौतिक एवं प्रकाशीय गुण भी बताइये।
3. प्रथमक्रम एवं द्वितीयक्रम के चतुष्कोणीय प्रिज्मों से आप क्या समझते है, चित्र सहित समझाइये।
4. सिलिकेटों की संरचना वर्गीकरण सहित बताइये।
5. गैलेना टाइप वर्ग के सममिति अवयवों को चित्र सहित समझाइये।

उत्तरमाला : 1 (स) 2 (द) 3 (अ) 4 (ब) (5) अ
6 (ब) 7 (ब)