



सवाल: मधुमक्खी के छत्ते के प्रकोष्ठों का आकार षट्कोणीय क्यों होता है?

- प्रक्षाली देसाई, झाबुआ, म.प्र.

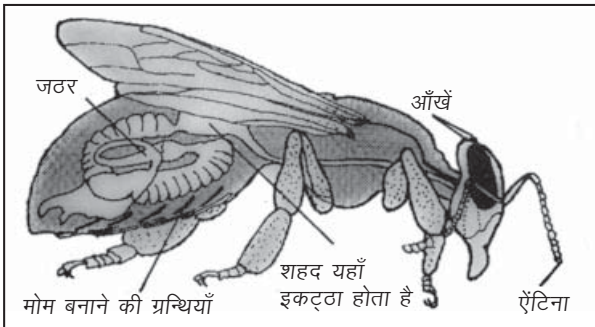
जवाब: मधुमक्खी को इन्सान हज़ारों साल से जानता है और उसके शहद का इस्तेमाल भी करता रहा है। भारत की अनेक पाषण युगीन गुफाओं में बने चित्रों में मधुमक्खी के छत्ते के चित्र भी पाए जाते हैं। शायद शहद की चाहत में ही इन्सान की निगाह छत्तों की षट्कोणीय बनावट पर गई होगी।

सरसरी तौर पर देखेंगे तो मधुमक्खी के छत्ते में तीन तरह की मधुमक्खियाँ होती हैं - श्रमिक, रानी और राजा। इनके अलावा छत्ते में कुछ नर मधुमक्खियाँ भी होती हैं जिन्हें ड्रोन कहा जाता है। छत्ते में राजा-रानी प्रजनन करते हैं और श्रमिक छत्ता बनाने, फूलों से रस लाकर छत्ते

के कोषों तक पहुँचाने और अण्डे-लार्वा की देखभाल एवं सुरक्षा जैसे काम करते हैं। यहाँ हम प्रमुखतः छत्ता बनाने के बारे में ही चर्चा करेंगे।

मधुमक्खी के छत्ते में मुख्य रूप से षट्कोणीय कक्ष होते हैं जिनका उपयोग दो कामों के लिए किया जाता है, एक - अण्डे, लार्वा एवं शिशु के निवास के लिए और दूसरा - भोजन का भण्डारण करने के लिए।

मधुमक्खी के छत्ते की मोटाई अलग-अलग प्रजातियों पर निर्भर करती है जो 3 इंच से लेकर 8 इंच तक हो सकती है। छत्ते के कक्ष बनाने के लिए श्रमिक मक्खियाँ अपने शरीर में मौजूद मोम ग्रन्थियों से मोम बाहर निकालती हैं। वे इस मोम को अपने



चित्र: इंटरनेट से सामा

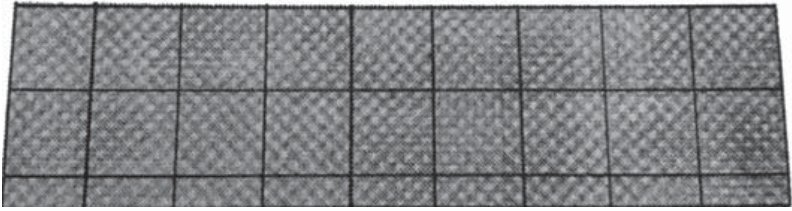
पिछले पाँव की मदद से मुँह तक लाती हैं, और फिर इसे जबड़ों से चबाती हैं तब जाकर इससे छत्ते के कोष या कक्ष बनाना शुरू कर पाती हैं।

अब हम अपने सवाल पर लौटते हैं। यह सवाल सभी कीट वैज्ञानिकों एवं जीव विज्ञान के दानिशमन्दों को परेशान करता रहा है कि 'मधुमक्खी के छत्ते के अन्दर बने कोषों का आकार षट्कोणीय ही क्यों होता है?' मधुमक्खी की कोशिकाओं के भीतर ऐसी कौन-सी जानकारी की प्रोग्रामिंग

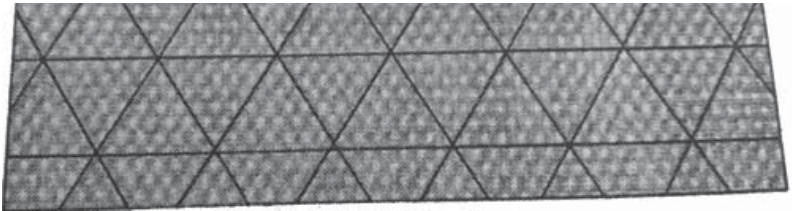
हुई होगी कि वे ऐसे आकार को बना पाती हैं?

विभिन्न आकृतियों की तुलना

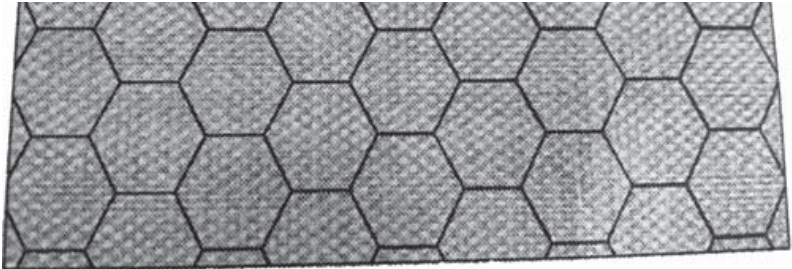
यदि पुराने समय की बात करें तो अरस्तू और चार्ल्स डार्विन ने भी इस सवाल पर गहन विचार-विमर्श किया था। ग्रीक देश के एक विद्वान - पप्पस ऑफ एलेक्जेंड्रिया (Pappi Alexanderni) ने प्राथमिक स्तर के अवलोकनों में जो पाया, उसके मुताबिक उन्होंने इस सवाल को गणित और ज्यामिती के नज़रिए से देखने का प्रयास किया।



चित्र-1



चित्र-2



चित्र-3

वैसे भी विज्ञान में हर खोज पहले वाली खोज से आगे का रास्ता खोलती है। बहरहाल, पप्पस ने जो सोचा और लिखा, हम उस पर बात करेंगे। मधुमक्खी छत्ते के लिए वर्गाकार या त्रिभुज आकार को भी पसन्द कर सकती थी पर षट्कोण आकार के चलते उसे कम मोम का इस्तेमाल करते हुए ज़्यादा जगह का फायदा मिलता है। इसे समझने के लिए घर के फर्श पर बिछाई जाने वाली साधारण वर्गाकार टाइल का उदाहरण लेंगे। इसमें भुजाओं की नाप एक-जैसी होती है और प्रत्येक कोना 90 डिग्री कोण का होता है। ऐसी टाइल्स एक के बाद एक बिछाते जाएँ तो देख सकते हैं कि आसपास की दो या तीन टाइल के बीच में कहीं पर भी जगह नहीं छूटती (चित्र-1)।

दूसरा सम्भावित आकार त्रिभुज है। इसमें भी बीच में बिलकुल भी जगह नहीं छूटती (चित्र-2)।

षट्कोण आकार की टाइल में भी जगह नहीं छूटती। समबाहु षट्कोण को उसके पड़ोसी षट्कोण के साथ सटाकर रखा जा सकता है (चित्र-3)।

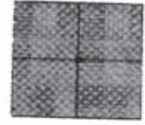
यहाँ तक पहुँचकर आप भी यह सोचने लगे होंगे कि यह कैसे मान लें कि कोई अन्य आकार काम नहीं करेगा। एक बात और भी है, कोई भी आकृति हो, अगर वह आकार अपने शिरो-बिन्दु के आसपास की सम्पूर्ण जगह को भर देगा, तो वह काम करेगा। शिरो-बिन्दु यानी किसी भी

कोने वाली आकृति की कहीं की भी चोटी का बिन्दु (देखिए चित्र-4)। इसमें चार वर्गाकार एक-दूसरे से सटकर जमे हुए हैं, और उनके शिरो-बिन्दु के आसपास 90 डिग्री के कोने सटे हुए हैं। कहीं पर भी खाली जगह नहीं बचती क्योंकि 90 डिग्री का कोण चार बार मिलकर 360 डिग्री बनाएगा।

चित्र-5 को देखिए। इसमें सभी समबाहु त्रिभुज चोटी पर सटाकर रखे हैं। तो छह त्रिभुज जमाने पर 60 डिग्री छह बार यानी फिर 360 डिग्री वाला सम्पूर्ण वृत्त बन गया।

चित्र-6 में तीन समबाहु षट्कोण एक शिरो बिन्दु पर देखें। प्रत्येक षट्कोण के अन्दर का कोण 120 डिग्री है। ऐसे 120 डिग्री के कोण तीन बार तो 360 डिग्री यहाँ पर भी बन रहा है।

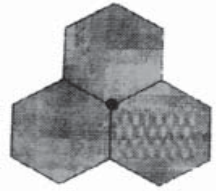
उपरोक्त तीन आकारों के अलावा किसी अन्य आकार का उपयोग मधुमक्खी करेगी तो दो कोशों के बीच जगह रह ही जाएगी। आइए देखें, अगर तीन पंचकोण, तीन सप्तकोण और तीन अष्टकोण को रखकर



चित्र-4



चित्र-5



चित्र-6



चित्र-7: समबाहु पंचकोण में भुजाओं के बीच का कोण 108 डिग्री होता है। समबाहु सप्तकोण और समबाहु अष्टकोण में यह कितना होगा? कैसे पता करेंगे? यह भी जाँच लें कि उनसे चित्र में दिखाई गई आकृतियाँ ही बनेंगी न?

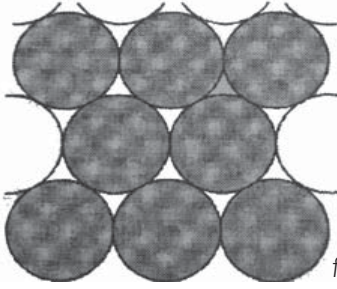
मधुकोष बनाए जाएँ तो क्या होता है (देखिए चित्र-7)।

समबाहु पंचकोण की सभी भुजाएँ आपस में 108 डिग्री का समान कोण बनाती हैं। इसलिए तीन पंचकोण सम्पूर्ण क्षेत्र को पूरी तरह से भर नहीं पा रहे हैं। वैसा ही समबाहु सप्तकोण और अष्टकोण में भी हो रहा है इसलिए शायद इस प्रकार के आकार मधुकोष के लिए योग्य नहीं हैं।

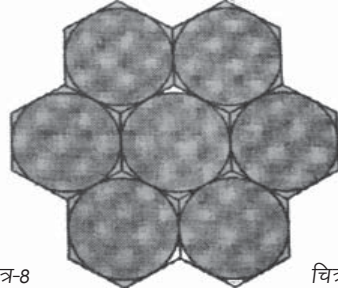
एक तो अगर बीच में जगह छूटी तो वहाँ से मधुमक्खी पर आक्रमण करने वाले जन्तु आसानी-से छत्ते में प्रवेश पा जाएँगे। दूसरी बात, अभियांत्रिकी के हिसाब से देखें तो बीच में छूटी जगह छत्ते के समग्र ढाँचे को कमजोर बनाएगी। एक बड़े-से छत्ते में औसतन 10-15 किलो शहद और छत्ते में पल रहीं मधुमक्खियों का वजन रहता है। ऐसे में, बीच-बीच में छूटी जगह की वजह से छत्ते के टूटकर बिखर जाने की सम्भावना बढ़ जाएगी।

मोम में किफायत

मधुमक्खी के लिए मोम बनाने की प्रक्रिया कुल कार्य ऊर्जा का बहुत ज़्यादा हिस्सा ले लेती है। कुछ श्रमिक मधुमक्खियाँ फूल का रस इकट्ठा करने की बजाय थोड़े समय के लिए अपने शरीर की चार जोड़ी मोम उत्पन्न करने वाली ग्रन्थियों से मोम का स्राव शुरू करती हैं। मोम बनाने वाले श्रमिकों को रस लाने वाली श्रमिक मधुमक्खी लगातार शहद खिलाती रहती है क्योंकि 400 ग्राम मोम बनाने के लिए बहुत अधिक ऊर्जा की खपत होती है, इस वजह से उसे 5-6 किलो शहद खाना पड़ता है। मोम बनाते वक्त मोम बनाने वाली सभी मधुमक्खियाँ एकत्रित होकर गोलाकार में भीड़ बनाकर सट जाती हैं, फिर एक-दूसरे के साथ अपने शरीर को तेज़ी-से कँप-कँपाना शुरू करती हैं। यह कम्पन उनके शरीर के तापमान में बढ़ोत्तरी करता है। इस वजह से उनके शरीर में पेट के



चित्र-8



चित्र-9

निचले हिस्से में मौजूद 4 जोड़ी मोम-ग्रन्थियाँ उत्तेजित होकर बारीक-बारीक असंख्य मोम की कतरनें निकालना शुरू करती हैं। ये कतरनें वज़न में बहुत हल्की और अर्ध-पारदर्शक होती हैं। मोम की ऐसी 100 कतरनें इकट्ठी करें तो गेहूँ के दाने जितना मोम प्राप्त होता है। इस तरह मोम उत्पादन के दौरान अपना योगदान देकर कई श्रमिक मधुमक्खियाँ मर भी जाती हैं।

बात को एक बार फिर आकार की ओर लाते हैं। वृत्त एक ऐसा आकार है जिसमें ज़्यादा जगह मिल सकती है। तो सवाल यह भी उठ सकता है कि मधुमक्खियों ने वृत्त के आकार को क्यों नहीं अपनाया। इसके भी दो सम्भव कारण हैं, पहला कारण समझने के लिए चित्र-8 देखें।

छत्ता अगर वृत्ताकार कोषों वाला बनाया जाए तो आसपास के तीन वृत्तों के बीच में खाली स्थान बच ही जाता है और परिणाम स्वरूप वह जगह अगर भरनी हो तो मोम ज़्यादा चाहिए होगी। यह नुकसान का सौदा

ही साबित होगा, क्योंकि अधिक मोम बनाने के लिए अधिक शहद की ज़रूरत होगी।

हमने पहले देखा ही है कि श्रमिक मधुमक्खियाँ कितनी मेहनत करती हैं। अब दूसरा कारण देखें। चित्र-9 में सात वृत्त और सात षट्कोण रखे गए हैं। मान लीजिए, मधुमक्खी अपने अमूल्य मोम का उपयोग कर छह बाहरी वृत्त बना लेती है। उसके बाद भी सातवाँ वृत्त तो अतिरिक्त मोम का उपयोग कर ही बनाना पड़ेगा क्योंकि दो पास-पास के वृत्तों की परिमिति समान यानी साझा नहीं है।

समबाहु षट्कोण बनाने में बाहर के सभी कोष्ठों की दीवार साझा होने से बीच का कोष्ठ बिना बनाए बन जाता है। षट्कोणों में समान यानी साझा परिमिति सभी जगह मिलती है। सटे हुए वृत्त या षट्कोण अलग बनाने के लिए सामान्य रूप से दो दीवारें चाहिए, पर साझा परिमिति यानी दीवारों के कारण चित्र-9 के सात षट्कोणों में 12 दीवारें नहीं बनानी पड़ेंगी। आप खुद गिनकर देख

सकते हैं। इस कारण हर 100 ग्राम मोम पर 28.5 ग्राम मोम कम इस्तेमाल होगी, इसलिए छत्ते के मधुकोष्ठों के लिए षट्कोण ही उत्तम आकार प्रतीत होता है।

कई अन्य वैज्ञानिकों ने यह भी पाया कि श्रमिक मधुमक्खियों को बाहर का काम ज्यादा करना पड़ता है इसलिए उनकी छत्ते में जितनी सीमित आवश्यक उपस्थिति होती है, उस हिसाब से यानी कुछ छोटे प्रकोष्ठ या कोष बनाए जाते हैं। सैनिक मधुमक्खियों के लिए तुलनात्मक रूप से बड़े और रानी के लिए मूँगफली की साबुत फली जितना बड़ा प्रकोष्ठ बनाया जाता है।

कुछ अनुसन्धानकर्ता कहते हैं कि

छत्ते के खानों के आकार मधुमक्खियों की प्रजाति पर और वे पृथ्वी पर किस हिस्से में पाई जाती हैं, इस पर भी निर्भर करते हैं। इसके साथ ही वे छत्ते के बाहरी पर्यावरण एवं तापमान पर भी निर्भर होते हैं। जैसे प्रकृति में ज्यादातर षट्कोण प्रकोष्ठों वाले छत्ते ही पाए जाते हैं। मधुमक्खी के अलावा कुछ बड़े भ्रमर प्रजाति के कीड़े भी षट्कोणीय प्रकोष्ठों वाले छत्ते बनाते हैं। उनमें मोम के अलावा भी अन्य सामग्री का इस्तेमाल होता है। उनके लिए भी ऐसा क्यों और कैसे, यह सवाल बरकरार है।

जीवविज्ञान के अध्ययन से एक बात तो सीखने को मिलती है कि प्रकृति कभी घाटे का सौदा नहीं करती।

प्रक्षाली देसाई: पिछले 35 सालों से झाबुआ, पेटलावद में *संपर्क* संस्था के साथ काम कर रही हैं। पहले आदिवासियों, विशेषकर महिलाओं के स्वास्थ्य को लेकर काम किया। वर्तमान में बुनियादी शिक्षा पर काम कर रही हैं जिसमें शिक्षा के साथ-साथ बिजली से सम्बन्धित काम, मोमबत्ती बनाना, साबुन बनाना आदि शामिल हैं। शिक्षा से सम्बन्धित विभिन्न पहलों में इन्होंने रात्रिशाला भी शुरू करवाई।

यह सवाल प्रक्षाली के मन में सन् 1988 में उनके कॉलेज के दिनों में एपीकल्चर परियोजना कार्य के दौरान आया था। लगभग 35 साल बाद प्रक्षाली ने अपने सवाल पर चिन्तन कर स्वयं उसका जवाब लिखा और *संदर्भ* के साथ साझा किया।

सभी चित्र: प्रक्षाली देसाई।

इस बार का सवाल: बाल सफेद क्यों होते हैं?

- सावन यादव, होशंगाबाद, म.प्र.

आप हमें अपने जवाब sandarbh@eklavya.in पर भेज सकते हैं।

प्रकाशित जवाब देने वाले शिक्षकों, विद्यार्थियों एवं अन्य को पुस्तकों का गिफ्ट वाउचर भेजा जाएगा जिससे वे पिटाराकार्ड से अपनी मनपसन्द किताबें खरीद सकते हैं।