

## A rovarok látása.

A világ a mi képzetünk; ez Kant bölcsészetének nagyjelentőségű eredménye, mely megérteti velünk, hogy a világról csak annyit tudhatunk, a megnyit érzékszerveink külső hatások révén velünk közölnek. Ez érzéki észrevésekből alkotjuk meg a »mi világunkat«, t. i. képzeteink világát.

Senki sem fogja kétségbe vonni, hogy ebben öt érzékünk közül látóműszerünk játssza a főszerepet. Még ha nélkülözünk kellene is az ízlés, szaglás és hallás érzékét, maga a szem képes volna bennünk a világról képzetet kelteni, mely nem nagyon különböznék attól, melyet tényleg birunk.

Ha ez érzékünk felsőbbségét a többiek fölött igazán meg akarjuk érteni, csak azt kell kérdeznünk, milyenné alakulna a világról alkotott képünk, ha csupán a szaglás vagy ízlés szervével rendelkeznének. Szagolni és ízlelni valónk nincs mindig és a világ képe, melyet e szervek egyenként kelthetnének, ijesztőleg unalmasnak és tökéletlennek kellene lennie; hasonló volna ez azon képzethez, melyet a világtengerről alkotnánk magunknak, ha csak úgy ismernők meg, hogy éjjel, sötét hajón haladnánk át rajta, mély sötétségben, melyet csak hébe-korba szakít meg egy-egy sötét utunkon tovasikamló medúzának, vagy Pyrosomának zöldes foszforeszkáló fénye. Szerencsénkre világosságban élhetünk, egyre-másra ezer meg ezer fényhatást érezhetünk és kétségtelen, hogy mindabból, a mi reánk nézve a

világból hozzáférhető, a legtöbbet és legjobbat látószervünknek köszönhetjük; rajta nyugszik világnézetünk széles alapja olyannyira, hogy a közbenjárásával szerzett hatásokat egyenesen a »világnak« tekintjük; valamely esemény biztos voltának nincs is nagyobb fokú hitelesítése, mint annak kijelentése, hogy saját szememmel láttam.

Nem akarok e bölcsészeti ösvényen tovább haladni; csak arra akartam utalni, mennyire függünk képzeteink egész körében e legfontosabb szervunktől és mily nagy része van abban, hogy emberek vagyunk. Ezzel korántsem akarom állítani, hogy érzékszerveink magas foka már magában emberekké tesz bennünket, hiszen számtalan állatnak van látó szerve és akárhánynak látásbeli élessége vetélkedik a mieinkkel, sőt fölül is mulja; általában nagy tévedés volna azt gondolni, hogy testileg minden tekintetben fölötte állunk az állatoknak. Alapos okunk van föltételezni, hogy egyes állatok valami hatodik, sőt talán hetedik érzékszervvel elsőbbségben vannak velünk szemben és olyan hatásokat fognak fel a világból, melyekről nekünk sejtelmünk sincs. Rejtelmes szerveket ismerünk rajtuk, melyekről biztosan állíthatjuk, hogy valami érzékszerveknek kell lenniök, ha még oly kevéssé birjuk is elképzelni a közbenjárásukkal gerjesztett hatásokat, mint a hogyan a vak nem tudja elképzelni a színeket.

Minden esetre óvatosaknak kell

lennünk ismeretlen érzékek föltételezésével, főleg akkor, ha létezésök anatómiailag még nincs igazolva és föltevésök csak arra való, hogy az állatok csodálatos életnyilvánulásait és működéseit magyarázzuk.

Igy már több ízben akartak a madaraknak úgynevezett *mágneses érzéket* tulajdonítani, mely megengedi, hogy saját szervezetével érezhesse, merre van a mágneses sark, tehát az északi sark. Azt hitték, hogy ezen föltevással magyarázhatják majd meg vándormadarainknak ama valóban bámulatos életjelenségét, hogy országokon és tengereken keresztül megtalálják az utat hazájokba. Már sok évvel ezelőtt tárgyaltam e kérdést egy előadásomban s akkor megkísérlettem kimutatni, hogy ilyen föltevés legalább a madarakra nézve nem engedhető meg.

De nemcsak a madarak tanúsítják az útmegtalálásnak ezen különös tehetőségét; sok más állat is rendelkezik vele s ezek közt egyes rovarok is, a méhek, darazsak, tehát azok, melyeknek otthonjok, házuk van, melyben ivadékkuk növekedik s a melybe nagyobb távoból hozott élelmet kell hordaniok, legyen ez virágpör és méz, vagy rablott állat.

Fabre, a kiválóan finom és kitaláló észlelő, e tekintetben igen szép kísérleteket végzett. Avignon melletti otthonában egy vad méhfajnak, a kőműves-méhnek (*Chalicodoma muraria*) több családját tartotta házának védő eresze alatt. A méhek ki- és berepültek és éveken át egészen otthonosoknak érezték magukat ottan. Fabre, hogy megtudja, képesek-e nagyobb távoból ismét haza találni, néhány méhet vörös és kék festékekkel jelölt meg, apró dobozokba zárta, a dobozokat zsákba helyezte, azután bizonyos távolban szabadon bocsátotta őket. Azt hallotta az emberektől, hogy ha más háztájra szánt macskákat a szü-

letési helyökre való visszazökésben meg akarnak akadályozni, zsákban viszik el és útközben nehányszor körben megforgatják; ekkor állítólag elvesztik azon irány tudatát, a melyben haladtak és így később nem találják meg a visszavezető utat.

Bízva ezen — különben téves — állításban, Fabre is ép úgy tett kőműves-méheivel. Először egy darabig keletre ment, azután nehányszor a szélrózsa minden irányában lóbálta a zsákot, úgy hogy a méhek semmiképen sem tarthaták meg csak nyomát is azon iránynak, a melyben odavitték s azután ellenkező irányban, tehát nyugat felé haladt mintegy 3 km.-nyire, és végre szabadon bocsátotta őket. Habár ez olyan helyen történt, melynek a méhekre nézve teljesen ismeretlennek kellett lennie, a 49 méh közül 17 visszakerült és pedig ugyanazon napon, sőt egy már egy negyed óra lefolyása alatt.

Fabre több ízben ismételte e kísérletet, mindig hasonló eredménnyel, melyre nézve közönyös volt, megtörtént-e a forgatás vagy sem; a méheknek 30—40%-a minden esetben visszatért a lakásba.

Hogyan lehetséges ez? Mi által találják meg ez állatok az utat? Csakugyan birtokában vannak a föltételezett mágneses érzéknek és tán ez kalauzolja őket az irányra nézve, melyben repülniök kell? Nem csekélyebb ember, mint Darwin vette figyelembe ezt a lehetőséget és ez arra bírta Fabre-t, hogy egy kőművesméhnek hátra letört varrótűhegy alakjában valódi mágneset ragasztott. Azt hitte, hogy ezzel megzavarja az állatot, ha csakugyan érzékeny a mágnesség iránt és van mágneses érzéke.

Tényleg úgy látszott, hogy a mágnes sajátságos módon hat a méhre, mert alig repült fel, lezuhant a földre, örülten forgolódott, ismét fölrepült, röptében

minden tárgyba beleütközött, megint leesett a földre, ugyanazt a tánczot ismételte és végre nyílfsebesen kirepült az ablakon.

Ime itt van a mágnesség csodálatos hatása, mondanák talán egyesek. De Fabre óvatosabb volt; megvárta méhének visszatértét és megállapította, hogy sikerült szerencsésen megszabadulnia az alkalmatlan mágnes-függeléktől.

Annak teljesen biztos megállapítása végett, hogy mindazon sajátos mozgások csakis ezen célra vezető eszközök szolgáltak, Fabre egy másik méh hátára kis darabka szalmaszálal ragasztott; ez is rögtön megkezdte ugyanazon műveleteket, míg végre szintén sikerült a függeléktől megszabadulnia.

Ezzel persze a gyanított mágneses érzékre nézve semmi sem volt eldöntve. Nekem azonban úgy látszik, hogy egyáltalában nincs szükségünk kísérletekre annak igazolása céljából, hogy a kőművesméhek nem ilyen érzék segítségével találják meg kasukat. Mert ha volna is mágneses érzékük, mit használna ez nekik, ha nem visznek térképet magukkal és az északi irány ismerete csak akkor vezethetné őket épületekhöz, ha tudnák, melyik világtáj felé fekszik az fölrepülésök helyétől. Mit használ a hajós, ha iránytűje megmutatja az észak tájékát, ha nem tudja egyúttal azt is, hogy a világtenger mely vidékére vetette őt a vihar.

De hát miből tudják meg e rovarok, hogy milyen helyen vannak, midőn szabadon bocsátják őket? Az magában véve még elképzelhető, hogy megtartják azon iránynak érzetét, a melyben viszik, még ha az irány többször változik is; bizonyos csekély mértékben mi is képesek vagyunk erre és a képességet gyakorlatlással fokozhatjuk; de hogy az állatok a sötét zsákban való ide-oda mozgás, többszörös megforgatás daczára tel-

jesen el ne veszítették volna azon irány tudatát, a melyben vitték, azt nem lehet föltételezni; még kevésbbé azt, hogy képesek lennének a megtett sötét útnak fordulatait, kanyarulatait, irány és nagyság szerint úgy összegezni, hogy szabadon bocsátáskor teljesen tájékozva legyenek.

Fabre ezt nem is tételezi föl, de a helyett más valami ismeretlen érzéket tulajdonít méheinek, mely útjokra nézve tájékoztatja. De milyen ez az érzék? Hiszen *mágneses érzék* magában véve nem volna elképzelhetetlen. A mint nekünk van érzékünk az éter fényrengéseire, ép úgy lehetnének állatok, melyeknek készülékök van a mágneses rezgések észrehevésére, ha ugyan a mágnesség ilyeneken alapszik. Ámde építményök megtalálását ez épen nem segíthetné elő, mert a mágneses áramok nem onnan indulnak ki. Hogy valamely érzék jelezhesse nekik, hol van fészkek, ahhoz szükséges volna, hogy *onnan induljon ki* a hozzájuk érkező inger, és hogy ez egyúttal arról is értesítse az érzékszervet, milyen irányból jött.

Ha pl. építményöknek valami jellemző szaga volna, melyet a szél vinne hozzájuk, ez már volna valami. Ámde először is Fabre méhei visszarepültek lakásukhoz, akár fűjt onnan a szél, akár nem, s azután más építményt is egész biztosan megtalálnak, nemcsak saját lakásukat. Azt sem lehetne megérteni, miért nem találnak vissza a szabadon bocsátott méhek mind, legfeljebb csak 40 százaléuk. Ha csakugyan oly finom volna szagló érzékük, hogy három kilométerre szagolnák lakásukat, akkor valamennyinek haza kellene találni. De ez sohasem történt.

*Hallani* szintén nem birták lakásukat, mert ez legfeljebb gyengén zümmög és hallásuk nem éles. De milyen inger indulhatna még ki az ő építményökből

vagy más helyiségből, mely messze távolban is bírna rájuk hatni, és melyet eredetére nézve mindenütt megismerhetnének? Nem kell sokáig keresnünk. Van olyan inger és pedig nagyon ismeretes, mely a legnagyobb távolságokra is hat, mely egyúttal minden, még a legjelentéktelenebb testből is kiindul és pedig olyformán, hogy maga jelöli meg az irányt, a melyből jött és jellemzi a testet, melyből ered; inger, a melyet külön, nagy fejlettségű érzékszerv fog fel és vezet tova oly mesterileg, hogy ugyanazon sorrendben éri e csodálatra méltó műszer ideghálózatát és érkezik a tudatba, a milyen sorrendben a testből kiindult. Mindnyájan ismerjük ez ingert, e mozgást: a megvilágított testek kisugározta fényhullámok hozzák létre és a szerv, mely ezeket mesterileg azon tárgy képévé egyesíti, a melyből kiindultak, a szem. Ez a méhek útmegtalálása rejtvényének egyedül helyes megoldása; nincs más magyarázat: az állatok szemükkel keresik a visszavezető utat.

Fabre ugyan sok tényt gyűjtött, melyek látszólag ellentmondanak ez állításnak.

Megjelölt állatait öt kilométernyire nagy erdőbe vitte, melyet alacsony hegy-sor választott el házától és azt látta, hogy fogságukból szabadulva, eleinte néhányszor körben repültek a levegőben s azután *valamennyien* déli irányban repültek el az erdőn és halmokon át és ebben az irányban volt otthonuk. De vajjon mind odaértek-e? Ó nem; negyvenből csak kilencz, tehát mintegy 22 százalék. De hogyan volna ez lehetséges, ha az állatok biztosan tudnák, merre van otthonuk? Nem! Nekem úgy látszik, hogy e tényeket egészen egyszerűen magyarázhatjuk, ha föltételezzük, hogy a méheket a szél, világosság, mindenféle szag, de főleg a közvé-

tetlen környezet látása bírja arra, hogy valamely irányban jó szerencséire és nyílsebesen elrepüljenek. Az imént említett esetben talán azért repültek éppen a halmok felé, mert ezek voltak a tájékon az egyedüliek, melyek az erdő fölé emelkedtek, ők pedig valamennyien mielőbb szabadulni óhajtottak a nekik szokatlan és félelmetes erdőből. Fabrenak egyetlen más kísérleténél sem repültek el a méhek ugyanazon irányban, hanem egy részök egy, más részök más irányban.

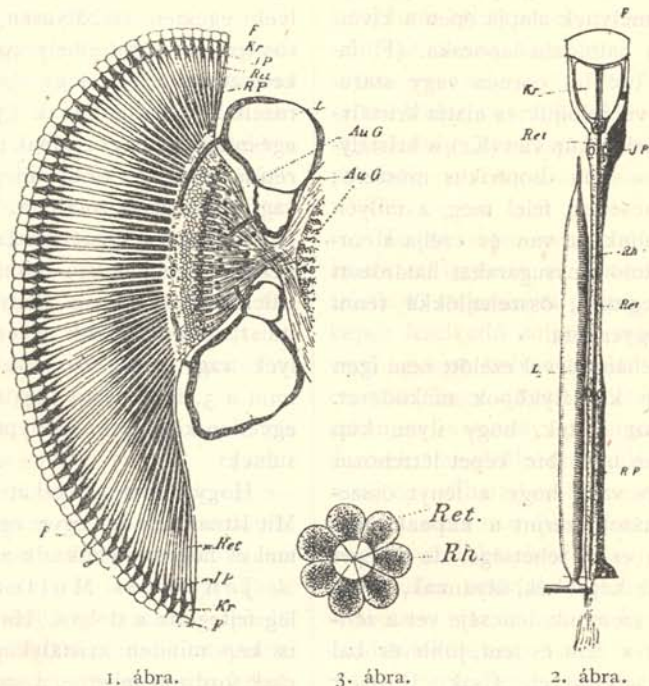
Nyilvánvalólag ez az oka, hogy a méheknek még csak a fele sem talált vissza a fészekhez. Mert csak azok közül talált egy rész haza, melyek körülbelül a helyes világtáj felé vették útjukat, a mennyiben tudniillik gyorsan iramodó, egyenes röptükben már ismert tájakra értek, hol már sokszor voltak mézet szedni, a hol tehát már birtak tájékozódni. A helyes irányban repülő méhek egyike-másika nem ritkán már távolból láthatta meg az otthon nyújtó falut vagy temploma tornyát, észrevehetett valami facsoportot, virágos halmot vagy sokszor átszelt vízfolyást. Így magyarázható meg, hogy a méheknek kisebb-nagyobb száma mindig megtalálta a hazavezető utat és hogy ez esetleg mesés gyorsasággal is történt, mint midőn egy méh egy kilométer távolból öt perc alatt érkezett vissza a fészekbe.

Ellenben mindazok, melyek nem a helyes irányban repültek el, nem is juthattak el ismert tájakra, hanem mindig messzebb és messzebb kerültek építményöktől és nem is találták meg többé. Így nemcsak az magyarázható meg, hogy a méheknek oly nagy száma, mintegy 60—70 százalék, nem talált vissza, hanem az is, hogy mindazok, melyek egyáltalában visszatértek, már nemsokára, legalább is mindig ugyanazon napon érkeztek meg. Ez nyilván

az bizonyítja, hogy csak azok a méhek találtak haza, melyek már elejétől fogva körülbelül helyes irányban repültek.

Én tehát azt hiszem, hogy nincs szükségünk egy hatodik érzéknek föltetésére, az ismert öt érzék elégséges a

tünemények megmagyarázására és ez öt közül mindenek előtt a látó műszer az, mely itt működik. Észelzel tulajdonképeni tárgyamhoz értem, ahhoz a kérdéshez, vajjon olyan jól látnak-e a rovarok, hogy a látás kalauzolja őket röptükben?



1. ábra.

3. ábra.

2. ábra.

1. ábra. Légyszem metszete gyengén nagyítva (Hickson szerint). *F* a szaruhártya, *Kr* kristálykúp, *Ret* retina-oszlopocska, két helyen pigment-sejttel körülvéve, az iris-pigmenttel (*IP*) és a retina-pigmenttel (*RP*), *AuG* szemganglion idegsejtekkel és idegrostokkal, *L* légcsövek a keresztmetszetben. — 2. ábra. Egyes szem ugyanazon metszetből erős nagyítással. *F* a szaruhártya, *Kr* kristálykúp, *Ret* retinula »rhabdom«-mal (*Rh*) vagy tengelypálczikával, *Nf* hét idegrost, melyekbe a hét, itt egyenként fel nem ismerhető retinula-sejt végződik, *IP* iris-pigment-sejt, *RP* retina-pigment-sejt, *L* légcső. — 3. ábra. Egy bogár retinulájának keresztmetszete Grenacher szerint. *Ret* a hét retinula-sejt, *Rh* a hét hozzátartozó »rhabdoma«. (Erős nagyítás.)

A rovarszem szerkezetét már jó ideje ismerjük. Johannes Müller már 1826-ban tette közzé »a látószerv összehasonlító élettanáról« írt híres művét és abban szinte klasszikus leírását adta a rovarszem szerkezetének és működésének.

Itt csak az ismert nagy összetett szemről beszélek, mely a rovar fején, oldalt, mint egy-egy nagy félgömb domborodik és száz meg száz, sőt ezernyi szemecskéből van összetéve, apró, hatszögletű mozaik-darabokból, melyek csiszolt ékkő oldallapjaihoz hasonlíthatók

(1. ábra). Mindegyik szemecske egy egyszerű szemnek felel meg, azért az ilyen mozai-szemet összetett szemnek is nevezik, mert számtalan egyszerű szemből van összetéve. Ez utóbbiak mindegyike hosszú, vékony piramis (2. ábra), melynek csúcsa a szemfélgolyó középpontja felé áll és melynek alapja épen a kívülről látható hatoldalú lapocská (F. facette). Ez utóbbit cornea vagy szaruhártya névvel jelöljük és alatta kristálytiszta, színtelen kúp van (Kr), a kristálykúp, mely a szem dioptrikus műszere; t. i. a lencsének felel meg, a milyen a mi szemünkben van és célja a corneán behatoló fénysugarakat határozott módon megtörni, összehajlókká tenni és képpé egyesíteni.

Még néhány évvel ezelőtt nem igen ismerték a kristálykúpok működését. Egyesek azt hitték, hogy ilyen kúp egyáltalában nem bír képet létrehozni és csak arra való, hogy a fényt összegyűjtse; mások szerint a kúpnak megvan ugyan ez a tehetsége, de a képet fordítottnak képzelték, olyannak, a milyent a mi szemünk lencséje vet a retinára, tehát a fent és lent, jobb és bal oldal fölcserélésével. Csak Exner Zsigmond bécsi fiziológus mutatta meg, hogy a fénysugarak törése a kristálykúpban nagyon sajátos és bonyolult módon megy végbe, a hengeres lencse elve szerint, olyformán, hogy a kristálykúp alatt valóságos kép keletkezik és pedig nem fordított, hanem egyenes állású (a tárggyal megegyező).

Ámde mi fogja fel ezt a képet? vagy, a mi egyre megy, milyen idegekkel végződő szervek vannak jelen, melyek a fénysugarakat idegingerré alakítják? Az emberi szemben ezt az ideghártya vagy retina úgynevezett »pálczikái« végezik. És a rovarszemben is vannak pálczikaszerű képletek, a melyeknek ezt a működést tulajdonítanunk kell.

Ezek t. i. hosszú, oszlopos képletek, melyek külső vége a kristálykúppal érintkezik, belső végök pedig közvetlenül a legfinomabb idegszálakba megy át, melyek az agyvelőtől a szembe hatolnak. Ez oszlopocskák (Ret) 4—8, hosszúra nyúlt, sáslevélszerű sejtből állanak, melyek egészen szabályosan vannak közös tengely körül elhelyezve, úgy hogy keresztmetszetben négy- és nyolczlevelű rozettához hasonlítanak (3. ábra). Az egészet ideghártyácskának nevezik, vagy retinulának, az ember ideghártyájának vagy retinájának módjára. Ezen sejtek belső élükön kristálytiszta, szerkezet nélküli lécczel, a tulajdonképeni idegpálczikákkal vannak ellátva, melyeket itt »rhabdomák«-nak neveznek, s a melyek vagy széjjelválasztva maradnak, mint a 3. ábrán, vagy legalább látszólag egyetlen központi tengelypálczává egyesülnek.

Hogyan látnak tehát a rovarok?

Mit látnak minden egyes egyszerű szemmel és hogyan keletkezik az egész kép?

Johannes Müller következőleg fejtegette a dolgot. Ha keletkeznék is kép minden kristálykúp mögött, ez csak fordított lehetne, a szomszéd egyszerű szemek képei tehát megfordított oldalakkal érintkeznének, és ha csakugyan minden szem látna képet, az összképben teljes zavar állna elő. Következésképpen — így okoskodott tovább — az egyszerű szem nem lát képet, hanem csak egyetlen fénypontot és az összkép annyi fénypontból van összetéve, a hány szemecske vagy egyszerű szem van az összetett szemben; olyan rovar tehát, mely a szem bizonyos felszínén csak száz szemecskével rendelkezik, sokkal rosszabbul lát, mint egy másik, melynek ugyanolyan görbületű felszín ugyanolyan részén ezer szemecskéje van, vagy még több. E felfogás szerint a rovaroknak nincsen is szükségök arra, hogy

szemők a közelre vagy távolra alkalmazkodják, mint a mienknek kell, hogy élesen lássunk. Bármely távolságra látnak, csakhogy a kép tisztasága a látott tárgy távolának növekedtével rohamosan csökken, mert minden egyszerű szem a látómező egy pontjának felel meg; mennél messzebbre van azonban valamely tárgy a szemtől, annál kisebbnek tűnik fel, azaz annál kevesebb pont felel meg neki az összes képben. Közel fekvő a kételkedés, vajjon megfelel-e a rovaroknak ezen elmélet szerint lehetséges látótehetsége valóságos látásuknak; más szóval: nem engednek-e a rovarok cselekvényei jobb látásra következtetni, mint a milyennel rendelkezhetnének, ha Müller elmélete teljesen helyes volna. Vegyünk határozott példát!

A szitakötőnek mindegyik nagy, félgömbalakú szemében 12,000—17,000 egyszerű szeme van, a melyek egyenként nem egészen 0.02 mm. átmérőjűek. Müller föltevése szerint az ilyen szemtől egy méternyire levő tárgyakra 24 mm. átmérőjű körterületéről eredő fény egyetlen fénylő pontnak látszanék, vagyis e körterület részletei nem volnának megkülönböztethetők, hanem egyenletes fényű ponttá folynának össze, melyet *képpontnak* lehet nevezni. Egy méter hosszú és 24 mm. vastag tárgyról, pl. valamely pillangóháló botjáról a szitakötő olyan képet kapna, mely negyvenegy fénybenyomásból áll, melyek egy sorban fekédnének egymás mögött. Ha a bot fölváltva feketére és fehérre volna festve és a színés gyűrűk szélessége 24 mm. volna, akkor a szitakötő még látná ezen színes gyűrűket, de nem úgy mint mi látjuk: élesen határolt sávoknak, hanem bizonytalanul, elmosódva, mint a fehérnek és feketének váltakozását. Két méter távolból a bot csak szürke ködsávnak látszanék, mert

most egy képpont átmérője 48 mm. volna, de mivel a bot, föltevésünk szerint, csak 24 mm. vastag, az ettől kiinduló fény minden egyes egyszerű szemben összekeverednék azzal, mely a háttérből ered, legyen ez bár az ég kékje vagy a föld zöldje és így olyan látási benyomás keletkeznék, mely más ugyan, mint az a kék vagy zöld, de nem is olyan, mint a bot fekete és fehér színe, szóval ködös, kevert szín, összetéve hús, egymásután hosszában sorakozó képpontból, de elmosódott, határvonalak nélküli.

Ha azonban meggondoljuk, mily rendkívül ügyesen és biztosan tudja a szitakötő zsákmányát megragadni, mint képes leleskedő sólyom módjára a levegő egyazon helyén himbálódzva megmaradni, hogy azután széleseben neki rohanjon valamely pillangónak vagy légynek, mely tőle távolabb a tő fölött repül és csalhatatlan biztossággal megragadja hatalmas állkapcsával: hajlandók vagyunk kételkedni, vajjon Johannes Müller tanítása a rovarok látásáról eitalálta-e már az igazat. Épen a ragadozó szitakötők nyujtanak biztos támaszpontot arra nézve, hogy áldozatukat meglehetősen távolságból látják.

Dr. H a h n e l, ki hosszabb ideig gyűjtött lepkéket az Amazon mellett, igen szépen beszéli el, hogyan ülnek nagy szitakötők az erdőtisztások szélén magasan a fákon a pompás morfó-fajokra leleskedve, melyek olykor-olykor felséges repüléssel lebegnek el a fák koronái fölött. Eleinte nem vette észre, mi bírja az azurkék lepkét arra, hogy hirtelen megváltoztassa repülése irányát, fejével lefelé zuhanjon, és végre látszólag erőlködve emelkedjék ismét a magasba, előbbi iránya felé törekedve; csak később látta, hogy ezt a látszólag célátalan ide-oda repülést épen a leleskedő szitakötők támadásai idézik elő. Persze,

ezek a morfó-fajok, melyeket a szépsé-  
güktől elragadtatott tudósok a görög  
hősmonda neveivel ékesítettek (Mene-  
laus, Paris, Achilles, Neoptolemus, Her-  
kules stb.), igen nagy lepkék; a szita-  
kötőkre nézve mindazonáltal már hat  
méternyi távolban majdnem láthatatlanok  
kellene lenniök, vagyis csak  
mint ködszerű árnyak vonulnának el,  
ha a szitakötők csakugyan úgy látnának,  
mint a hogyan Müller gondolta. Épen  
ilyen árnyakként kellene ellenségeiknek,  
a madaraknak feltünniök és kézzelfog-  
ható, mily válságos volna az rájuk nézve,  
ha nem tudnák prédájokat ellenségek-  
től megkülönböztetni. Nem, a szitakötők-  
nek sokkal élesebben kell látniök.

Látni ezt viselkedésükön is, ellensé-  
geikkel szemben. Akárhány észlelő ecse-  
telte már, mint állapodik meg a mocsár  
fölött a napfényben lebegő szitakötő  
közvetlenül a hálóval fölfegyverezett  
entomológus előtt, de mindig épen elég  
messze, hogy hálója őt ne érhesse;  
mintha csak gúnyolná ellenfelét. Ha ez  
azután a part fölé hajolva egyszer na-  
gyot kanyarít a hálóval, az állat elegáns  
hajlással ajánlja magát, hogy közvetet-  
lenül rá ismét a régi helyről szemlél-  
gesse őt kíváncsian. Itt 3—4 m.-nyi tá-  
volságokról van szó, úgy hogy az állat  
— ha Müllernek igaza van — a háló  
botját egyáltalában nem láthatná, ma-  
gát a hálót pedig legfeljebb mint egé-  
szen elvesző és elmosódó árnyékot.

Hát még midőn a vidéken való tá-  
jékozódásról van szó, mint a kőműves-  
méhek hazatalálásában! A Müller-féle  
föltevés mellett a méhek és a szitakötők  
szemének jósága között nincs valami  
jelentékeny különbség; tegyük tehát  
egyszer fel, hogy az előbbieket látásbeli  
élessége ugyanolyan, mint az utóbbiaké.  
Akkor a képpont egy kilométer távol-  
ságra 24 m. átmérőjű körterületnek fe-  
lel meg, tehát nemcsak a fák törzsei

volnának láthatatlanok, a mennyiben  
ritkán érik el a két méternyi vastagsá-  
got, de még a fák koronái is. Mert 24  
méter átmérőjű koronák meglehetősen  
ritkák és ha gyakoriak volnának is,  
mindegyikök csak határvonalak nélküli  
pontnak tűnnek fel, tehát ép olyan ki-  
csinek, mint a milyeneknek az előbb  
föltételeztük hálós bot színes gyűrűi  
látszanak egy méter távolból. Olyan  
ház, melynek hossza 24 m.-nél keve-  
sebb, tehát közönséges parasztház, egy  
látási pontnak felét sem töltené ki, tehát  
vagy épen nem látszanék, vagy a kör-  
nyezettel egybeolvadna; hogy alakjá-  
nak, ablakainak, kéményeinek stb. csak  
csekély sejtelve is támadhatna a tudat-  
ban, arról szó sem lehet. Pedig egy  
kilométer nem nagy távolság és jó gya-  
logos tíz perc alatt megjárhatja. Ho-  
gyan tájékozódhatnának, tehát a kőmű-  
vesméhek és hozzájuk hasonló rovarok  
szemükkel, ha ilyen távolságra még fát,  
vagy házat sem láthatnának?

Meg kell tehát fontolnunk, nem tud-e  
talán a rovarszem mégis jelentékenyebb  
munkát végezni, mint a milyent Johan-  
nes Müller fölteleztett; nincs-e talán  
szerkezetében valami, a mivel ő nem szá-  
molt.

De ha sikerülne is ezt kimutatni,  
— jegyezhetné meg valaki — ezzel még  
nincs bebizonyítva, hogy a kőműves-  
méhek látószervük segítségével találják  
meg ismét fészüküket, mert ahhoz ko-  
rántsem elég az éles szem; az egyúttal  
nagyfokú pszichikai tehetségeket tételez  
föl, mindenek előtt bámulatos helyi em-  
lékező tehetséget; először tehát meg  
kell mutatni, hogy ez állatoknak van  
ilyen tehetségek; a méhek agyveleje  
már amúgy is annyira telve van velök  
született műösztonökkal és az ivadék  
ápolására való bonyolult cselekvények-  
kel, hogy egyáltalában nem önként ért-  
hető dolog, hogy ott még ezernyi helyi



benyomás felhalmozására is van hely; pedig ez elengedhetetlenül szükséges arra, hogy az állatok lakásukat és környezetét megismerjék.

Ámde a kívánt bizonyítást sokszorosán megadhatjuk. Méheknek és darazsaknak csakugyan van bámulatos helyi emlékező tehetség; biztosan megtalálnak oly helyet, a melyen valami zsákmányt helyeztek el és pedig néhány száz méternyi távolságból repülnek arra a pontra egyenes vonalban. De meg olyan rovaroknál is található nagy fejlettségű helyi emlékező tehetség, melyektől kevésbé várható, mert a talajon élnek s így nem lehet nagy áttekintésök, t. i. a hangyáknál és reájok vonatkozólag a bizonyítás oly határozott sikerrel végezhető, hogy e dologról érdemes egyet-mást elmondani.

Itt ismét az avignoni híres észlelőre hivatkozom.

Tudvalevő, hogy vannak hangyák, melyek szabályszerű rablókalandokat folytatnak; nősténymunkásaik elszoktak a tulajdonképeni munkától, többé nem dolgoznak, hanem harczkedvelő amazonokká lettek, melyek sokadmagukkal más fajok fészkeit megrohanják és álczáikat szedik el, nem azért, hogy fölfalják, hanem, hogy saját fészkeikbe vigyék és az idegen fajnak ott kifejlődő munkásait rabszolgáikul tartásuknál. Ezek azután helyettök elvégeznek minden házi teendőt. Ez amazon-hangyák rablónulásaikban kiváló helyi emlékező tehetséget tanúsítanak; mert kísérletekkel igazolható, hogy csak ennek segítségével találják meg a kirabolt fészektől a saját házukig vezető utat. Odavonulásukkor találmra haladnak mindaddig, míg idegen fészkekre nem találnak; zárt sorokban vonulnak, egyik a másik után, utakon és virággyakokon, pázsiton és korhadó leveleken, kavicsrétegeken és kőhalmazokon keresztül és nagyobb

akadályokat is legyőznek, mint pl. magas kerti falat. Ha azonban rendes ellenfelüknek, a fekete hangyának valamely fészkeire akadtak és leigázták, azon van a sor, hogy az utat visszafelé megtalálják. Látni természetesen nem bírják fészkeket és, mivel szárnyaik nincsenek, egyenes vonalban visszarepülni sem tudnak. Hogy fészektől eredő szag hatolna egészen hozzájuk, szintén nem tételezhető fel; hiszen idegen fészkek talán közelebb vannak most hozzájuk, mint saját fészkek. A dolog nagyon egyszerű: pontosan ugyanazon úton haladnak vissza, a melyen jöttek; kerülőt nem tesznek, semmiféle nehézséget el nem kerülnek, melyet jövetelkor le kellett győzniök, hanem pontosan követik saját nyomukat. Ez egyszerűen úgy volt megállapítható, hogy F a b r e az odamenetelkor megtett utat a mesebeli Jancsi és Juliska módszere szerint kaviccsokkal jelölte meg. Megfigyelte azután, hogy a hangyák visszatértökkor még a veszélyes helyeken is áthaladtak, mint pl. ott, a hol kis tó mellett kellett elvonulniok, melybe az erősen fúvó misztrál sok társukat besodorta, habár a helyet könnyen megkerülhették volna. Tehát pontosan követik saját nyomukat és csak az a kérdés, mi módon ismerik azt meg. Az ember először is arra gondolna, hogy odamenetelkor időről időre kevés hangyasavat lövelnek ki, hogy visszafelé annak szaga irányítsa őket.

Ámde a dolog nem így van. A kísérletek egész sora kimutatta, hogy az utat visszafelé csak úgy találják meg, hogy odamenetelkor pontosan emlékeztökbe vésik, más szóval, hogy rendkívül finom helyi emlékező tehetségök van.

F a b r e egy helyen vízfolyást vezetett útjokon keresztül és pedig olyan sokáig, hogy az esetleg a talajhoz tapadt hangyasav utolsó nyomásnak is el kellett távolíttatnia. Midőn azután az álczákkal

megrakodott amazonok rabló útjokról hazatértek, az elárasztott helyen meg-hökkéntek ugyan, de végre mégis átkeltek és nyugodtan folytatták útjokat. Ha azonban *F a b r e a* visszatérő hangyák egyikét útközben fölvette, s habár csak három lépésnyire tette is le oldalt, teljesen elvesztette tájékozottságát, bizonytalanul bolyongott ide-oda és többé nem tudta fészket megtalálni.

Tehát a hangyákat is a szemük vezérli; mivel azonban a talajhoz vannak kötve, nincs áttekintésük, csak rövid távolságra láthatnak és így a hozzájuk legközelebbi tárgyak képét tudják csak emlékekbe vésní és ezek szerint tájékozódhatnak. Ha réten vonulnak keresztül, ez rájuk nézve körülbelül az, mint midőn mi őserdőn keresztül vergődünk és bizony jól kell vigyáznunk, hogy az utat mindazon fűszálak, gyökerek és bozót között megjegyezhessek.

Ez bizony nagy munka és aligha csekélyebb, mint a kőművesméhé, mely egy pár méterre a talaj fölött lebegve, emlékezetébe vési a tájképet, a menyire helyzetéből áttekintheti. Ez állatoknak tehát nagyon kifejtett helyi emlékező tehetséget tulajdoníthatunk és most már csak az a kérdés, elég éles-e szemök arra, hogy házakat, fákat, bokrokat nagyobb távoból fölismerhessenek.

Erre a kérdésre, mint láttuk, határozottan tagadólag kellene felelnünk, ha Müller elmélete azon alakban, a melyben felállította, teljesen helyes volna, vagyis, ha minden egyes egyszerű szem igazán csak *egy* pontot látna, csak *egy* látási benyomást közvetítene. Kérdés tehát, bírjuk-e, és a rovarszem alkatáról való mai ismereteink alapján jogosultak vagyunk-e ez elméletet tökéletesíteni.

Annyi bizonyos, hogy a rovarszem retináján tényleg egészen szép, jól rendezett és meglehetősen éles kép jó létre. *E x n e r* ezt igen elmésen igazolta.

Egy szentjános-bogár (*Lampyris splendidula*) szemét úgy vágta ketté, hogy az agyvelőtől külön választotta és a retinulát harántul átmetszette. Ha ezt a szemet úgy helyezte a mikroszkóp alá, hogy a szaruhártya a mikroszkóp tükre felé volt fordítva és a műszert a kristálykúpok mögötti helyre állította be, a mikroszkópon keresztül azon tárgyak képét láthatta, melyek a tükrőben tükröződtek, pl. közeli ablakot, egy nagy *R* betűt, melyet az ablaktáblára festett, sőt még templomot is, mely az ablakon át látható volt. Azt látta tehát, a mit az állat látott volna, ha szemével kapcsolatban maradt volna; a képet a mikroszkópon keresztül le is fotografálhatta és a fotografiát a rovarok látásáról írt művéhez csatolhatta.

Ez a kép ugyan kissé homályos és elmosódott, de ez részben a kísérlet tökéletlenségeinek rovására írható és azért szabad föltételeznünk, hogy az élő rovarnak retináján élesebb kép van, a mint azt *Exner* is gondolja. Azt azonban nem szabad — úgy hiszem — hamarosan föltételeznünk, hogy az állat a képet ugyanolyan élesen veszi észre, mint a milyennek keletkezett! Az *Exner*-féle kísérlet egyelőre nem bizonyít egyebet, mint azt, hogy a szemben levő törő közegek képesek ilyen élességű összefüggő képet létrehozni; azt semmiképen sem bizonyítja, hogy a szem rendelkezik is a szükséges idegkészülékkel, hogy a kép teljes élességében észrevehető legyen. *E x n e r* ugyan azt gondolja, hogy a természet nem adta volna meg az állatnak a kristálykúpok bonyolult törőkészülékét, ha nem volna egyúttal tehetsége arra is, hogy a képet lássa. Ámde bármennyire ismerjük is el azon elvet, mely ez okoskodásnak alapját teszi, alkalmazása itt talán kevésbé biztos, mint bárhol másutt. Igaz, hogy általában csak az keletkezik, a mi cél-

szerű; ámde a célszerűnek mégis bizonyos mértékben »nem szándékolt« mellesleges hatásai is vannak. A légyszem minden egyes szemecskéje is ad szép, éles képecskét, pedig tudjuk, hogy az állat ezt mint olyant nem veszi észre, hanem a szemecske mögött levő kristálykúp ismét felbontja, mint ezt Exner maga is igazolta. Magában véve tehát épen nem képzelhetetlen, hogy a kristálykúpok ugyan igen éles képet hoznak létre, de ez a felfogásban nem érvényesül teljes élességében. Sőt ez annál is inkább elképzelhető, mert hiszen épen Exnertől tudtuk meg, hogy igen sok, sőt talán valamenyi rovar szemében úgynevezett »superpositiv-kép« révén történik a látás, vagyis úgy, hogy az egyszerű szem kristálykúpja vetítette képecske az egyszerű szem átlátszó falán keresztül a környező retinulákra terjed széjjel és pedig olyformán, hogy a különböző szemecskéken keresztül érkező egyforma képpontok egészen pontosan egymásra esnek. Ez tehát föltételezi, hogy általában minden kristálykúp mögött keletkezik kép, s eléggé megmagyarázza az olyannyira bonyolult törőkészüléknek jelenlétét.

Én azonban Exnerrel együtt azon a véleményen vagyok, hogy a rovarok a keletkezett képet majdnem teljes élességében látják, s ez nagyobb fokú, mint a fényképé; csak azt nem hiszem, hogy ez már magából a fénytörő készülék jelenlétéből is nyilvánvaló, hanem, hogy nagyobb biztossággal következik az állatok életnyilvánulásaiból, cselekvé-nyeiből, mindenekelőtt azon tehetségökből, hogy ismert vidéken tájékozódhatnak és csak az a kérdés, vajjon a szem alkata nem nyújt-e szintén támaszpontokat e következtetés számára.

A nagyobb látásbeli élesség követelményeinek elég volna téve, ha minden egyes egyszerű szem a kristálykúp

létrehozta egyenes állású képnek nemcsak egy, hanem több pontját is látná. Ha tehát minden egyszerű szemben volna olyan idegkészülék, mely képes volna több fénypontot különválasztva felfogni és a tudatba átinni, akkor már nagyobb fokú látásbeli élesség állana elő; mert ha minden egyszerű szem akár csak 4—5, vagy 7 külön pontot bírna megkülönböztetni, az összes kép már négy-, öt- vagy hétszer annyi pontból alakulna, mint a mennyi egyszerű szem van; a látásbeli élesség tehát négy-, öt-, hétszerese volna az előbbinek.

A mint azonban — főleg Grenacher kitűnő kutatásai óta — tudjuk, minden retinula legalább négy sejtből áll, sok rovaré pedig hét, sőt egyeseké nyolcz sejtből is, melyek mind egyforma hosszúak és melyek mindegyike saját látási pálczikáját (rhabdoma) tartja belső szélén. Innen ered annak rozettaszerű alakja a keresztmetszeten (3. ábra). Ha szabad volna föltételeznünk, hogy e sejtek mindegyike külön látási benyomást közvetít, még pedig, természetesen mindegyik mást, megfelelően a kép más-más helyének, mely reája esik, akkor ez a látásbeli élesség jelentékeny fokozását eszközölné és teljesítené azon követelményt, melynek felállítására — mint láttuk — a rovarok életnyilvánulásai készítenek. És én azt hiszem, hogy ennek útjában nem áll semmi, sem anatómiai, sem élettani oldalról. Mert egyrészt az a hét vagy nyolcz sejt, melyekkel pl. a pillangók és méhek rendelkeznek, úgy van elrendezve, hogy mindegyiknek keresztmetszetét a képnek más-más része találja, másrészt erős nagyítással igen tisztán felismerhető, hogy az agyvelőtől minden egyes egyszerű szemhez nemcsak egyetlen egy idegszál vonul, hanem több (2. ábra, *Nf*). Hogy mennyi, azt eddig, még nem lehetett

pontosan megállapítani, de a látottakból ítélve, igen jól lehet ott 4—8 idegszál is. Én tehát hajlandó vagyok föltételezni, hogy mindegyik egyszerű szem a képnek több pontját fogja fel és remélem, hogy különösen e pontra irányított kutatások révén sikerülni fog e felfogás számára teljesen kielégítő hisztológiai alapot nyernünk és néhány csakugyan fölmerülő kétséget eloszlatnunk.\*

Ha most már a szemnek ezen felfogása helyes, hogyan alakul akkor a rovarok látása? Elegendő-e látásbeli élességek arra, hogy röptükben tájékozódjanak és hogyan látnak a közelben?

Mindenekelőtt nem szabad elfelejtenünk, hogy látásuk élessége nagyon különböző. Vannak hangyák, melyek szeme csak 3—4 szemecskéből áll; ezek sötétben élnek és csak ritkán jönnek ki folyosóikból és földalatti kamráikból. Vannak ismét mások, mint az előbb említett vörös amazonok, melyeknek 600 szemecskéjük van, tehát sokkal élesebb látásúak. De nem tekintve a szemecskék számát, változó a retinula-sejtek száma is és általában azt találjuk, hogy azoknak a rovaroknak van legtöbb, melyek tapasztalás szerint legélesebben látnak. Ez a mi álláspontunkból nagyon érthető: a látás élességére sokkal fontosabb az egyszerű szem idegelemeinek száma, mint az egyszerű szemek összes száma, mert az teszi azon tényezőt, mellyel az egyszerű szemek számát meg

\* Mielőtt még a rovarszemen további kutatásokat lehetett volna végezni, izelt pókok (*Arthrogastra*) szemein végzett észlelések jelentékeny támaszpontokat nyújtottak a főttebbi nézetnek. Ez állatoknak ugyan nincs tulajdonképen összetett szemük, de vannak retinuláik, mint a rovaroknak és ez elemek jelentékeny nagysága tette lehetővé annak megállapítását, hogy itt a három retinula-sejt mindegyike külön idegszállal van kapcsolatban. (L. Fred. Purcell »Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie«. 1894. 58. kötet.)

kell szoroznunk, hogy megkapjuk azon képpontok számát, melyekből az illető rovar látási képe összegeződik.

A méheknek nyolcz retinula-sejtök van, melyek a központi rhabdomát rozettaszerűleg környezik: így nyolczszor oly élesen láthatnak, mint a milyen látásúaknak őket a Müller-féle föltevés alapján tartanunk kellett. Nyolcz képpontul vehetik észre azt, a mit előbb egy képpontnak tekintettünk. Így a *Polistes gallica* nevű kisebb darázs látópontja, melynek látása élessége nem igen különbözik a kőművesméhétől, egy méter távolságban régi számításunk szerint körülbelül 122 milliméter átmérőjű volna; vagyis a rovar szemétől egy méter távolságban levő tárgyól az egyszerű szem mindig 122 mm. átmérőjű helyeket lát meg. Ámde a darázsoknak, úgy mint a méheknek is, nyolcz idegsejtjük van minden retinulában; azon felületet tehát, melyből a világosság egy egyszerű szembe hatol, nyolcz részre kellene osztanunk, más szóval az egyes látópont 15 mm-re törpül. A rovar tehát 15 mm. átmérőjű drótot egy méter távolságban még tisztán látna mint fekete vonalat; nagyobb pillangót, pl. a csalán-lepkét (*Vanessa Urticae*) egy méter távolságból szélességében 33, egész felszínében több mint 500 látóponttal látna. A különböző fekete, piros és kék foltokat nagyságuk szerint többé-kevésbé világosan ismerné fel, sőt még az állatnak körvonalai is előtérbe lépnének némileg, ha ugyan nem jönne létre egy határozott körvonal. Ugyanazon pillangó azonban két méter távolban már csak 16 képponttal, öt méter távolban már csak 7 képponttal jelennék meg szélességben. 50 m. távolságban a pillangó egy képpont helyét sem töltené be, tehát nem is látszanék már tisztán színezve, de még mindig mint színéhez hasonló, elmosódott színes folt.

A tájék közepét és hátterét a darázs, föltevésünk szerint, még elég jól látja. Egy kilométer távolban az 1.5 m.-nél kisebb nagyságú tárgyak ugyan már nem lesznek mint külön dolgok láthatók, de ez elegendő arra, hogy templom tornya, ház, hozzátéveleg alakban fölismertessék. 1.5 m. hosszú és 10 m. magas közönséges ház még mintegy 60 ponttal volna a szemben létrejött képen képviselve s így egészen jól lenne mint olyan fölismerhető, sőt kisebb házaktól is megkülönböztethető.

Föltéve, hogy egy méter szélességű és egymástól két méternyi távolságban levő ablakai volnának, ezek, mint határozatlan alakú sötétebb foltok tünnének fel s a rovar meg is számlálhatná őket, ha ugyan számlálni tanult volna. Szóval, kétségtelen, hogy az éleslátás ily foka, habár messze elmarad is a normális emberi szemétől, elegendő volna egy ismert tájéknak már egy kilométernyi távolságból való fölismerésére. Én tehát azt hiszem, hogy az a föltevés, hogy mindegyik retinula-sejt külön magában képes hatásokat föl fogni, helyes és az állatok tényleges látási működésének megfelelő. A Chalicodomák főntebb vázolt viselkedése, szintúgy a szitakötőé, sok más észlelt dologgal együtt elegendő magyarázatot lel ebben. Az a föltevés, hogy mindegyik retinula-sejt külön magában perczipiál, olyannyira megfelel az állatok valóságos látási munkájának, hogy már magából ezen körülményből vagyok hajlandó helyességére következtetni. A kőműves méheknek és szitakötőknek kétségbevonhatatlan távolba látása mindenesetre elegendő magyarázatot talál.

Azt lehetne talán ellenvetni, hogy ragadozó állatnak, mint a milyen a szitakötő is, még élesebben kell látnia, hogy annak még 200 méternyi távolságból is pontosan meg kell ismerhetnie, milyen

állat mozog vagy repül ott. De a nagy szitakötő minden rovar, minden pillangót egyaránt szívesen látott áldozatnak tekint, s e mellett meglehetősen közönyös reá nézve, vajjon fecskefarkú pillangóval, csalánlepkével vagy admirálissal van-e dolga. Első sorban minden tárgy felé repül, a mely mozog és minden mozgót azonnal meglát; mert azt már régen tudják, mily nagy a rovarok látószervének ingerlékenysége épen minden iránt, a mi mozog.

Épen úgy, mint a hogyan mi retinánk érzéketlen szélső részeivel minden oldalt levő tárgy mozgását rögtön észrevesszük, habár csak homályosan látjuk is, a rovar is rögtön megérzi, ha a retina-kép mozog, legyen az bár teljesen elmosódott vagy egyáltalában csak mint egyszerű képpont felfogva. Épen a rovarok retinaképének némileg nehézkes mozaikjára nézve nagy fontosságú a mozgás látása és ez némileg pótolhatja a kép élességét.

A rovarra nézve azonban repülés közben minden mozog; a repülő állat a vasuti utazó helyzetében van, a ki mellett a szántóföldek, fák és házak towarepülnek és ehhez járul még az ideghártya képének rendkívül gyors növekedése, mely valamely tárgyhoz való közeledéskor beáll, és mely ezt az imént elmosódottan látott tárgyat pár pillanattal később egészen világosan engedi megismerni. Így a szitakötő a legyet vagy darazsat 100 m. távolságból ugyancsak határozatlan árnyéknak vagy színes foltnak veheti észre, de mihelyt egy negyed perccel később nyílsebes röptével megközelítette, igen jól meg fogja különböztetni az ártalmatlan prédát, a legyet, a darazstól és ki kerülheti ennek mérges fulánkját.

Milyen biztosan találják meg a mézzel élő rovarok a táplálékukat nyújtó virágokat! For el elmés kísérletekkel

igazolta, hogy e mellett őket kizárólag látásuk vezérli. Dongó méhek szemét, melyek csak az imént repültek virágról virágra, fekete lakkal vonta be és ismét a levegőbe dobta őket. Ekkor már csak bizonytalanul röpdöstek, hamar lejöttek a földre és nem akartak újra felrepülni. A talajon lassan és óvatosan lépkedtek tova, hogy valami nyilást keressenek, melybe elbujhassanak, mint a hogyan éjjel szokták tenni. Nyilván azt hitték, hogy hirtelen éjjel lett.

Ha azonban a dongóméheknek szagló és tapintó szerveit vágta le, sőt még ízlelő szervöket is, a mézgyűjtéshez való nyelvel együtt, a szemet pedig szabadon hagyta: azontúl is makacsul a virágok körül röpködtek, mintha még mézet szedhetnének belőlök. E mellett néha — a dongóméhek szokása szerint — magasan a levegőbe szálltak föl, hogy azután nagy ívben ismét a virágokhoz térjenek vissza. Ha még maradt volna fönn kétség, vajjon csakugyan csupán látásuk vezérli-e őket, vagy sem, azt azon körülmény szüntette meg, hogy a dongóméhek egy más faja, melynek más az ízlése és mely ugyanazon virágágyak fölött röpködött, csak hogy más virágokhoz, tudniillik csupán a kék veronikához, a műtét után ép úgy folytatta gyűjtő munkáját e virágok körül, mint az előbbieket a felfutók körül. Az állatoknak e virágokat tehát mégis olyan pontosan kell látniok, hogy már 10—20 méternyi távoból, magasan a légtelen lebegve, különböztethessék meg őket.

Ez mind egyezik a mi föltevésünkkel és épen úgy egyezik ezzel az, a mit ez állatok közelbe látásáról észlelhetünk. Sprengel-nek oly sokáig félreismert és elfelejtett észlelései óta bizonyos, hogy a virágok színezetük és rajzuk sokféle részletére nézve egyenesen a rovarok látogatására vannak berendezve,

hogy úgyszólván különösen a rovarok csalogatására valók.

Ha a nefelejtsek épen ott van sárga gyűrűje a kék virágpártán, a hol a rovarnak, pl. a lebegő légynek (Syrphus) szipókáját kell bemélyítenie, hogy a lenn elrejtett mézet megtalálhassa, és ha a virágok ezerein észlelhetünk ilyen »mézjelzőket«, melyek a rovaroknak a mézhez vezető utat jelzik, ez azt tételezi föl, hogy a virágok látogatói meg is láthatják a megfelelő színes foltokat, ha nem is a legnagyobb távolságból, de mégis azon közben, hogy a virág felé repülnek. Számításunk szerint a rovaroknak közelben igen élesen kell látniok, élesebben mint a hogyan magunk látunk. A fehér káposzta-lepke képpontjának mérete 10 cm. távolságra csak 0.3 mm., 1 cm. távolságra csak 0.03 mm. Az állat a nefelejtsek sárga gyűrűjét már világosan látná, midőn feléje reptül, mikor pedig rajta ül, vastag sárga sávnak látná. Ez utóbbi látásbeli munkát a mi látásunkkal csak akkor lehet összehasonlítani, ha erős lupét vagy gyengébb mikroszkópi nagyítást alkalmazunk; pedig ilyen kis távolban (egy centiméter) nem is láthatnánk már. A lepkének azonban ilyen közelből nemcsak a legkisebb pettyeket és vonalakat kell meglátnia társainak szárnyain, hanem azon apró színes pikkelyeket is, melyek a szárnyak rajzát és színezésök mintáit létrehozzák, habár csak színes mivoltukban és nem határvonalaikra nézve.

Ezzel egyúttal a színek látásának területére is eljutottunk; le kell azonban arról mondanom, hogy ezzel, valamint egyéb dolgokkal is behatóbban foglalkozzam és csak röviden akarom megemlíteni, hogy sok rovarra nézve elmés kísérletekkel van bebizonyítva, hogy a színeket meg tudják különböztetni. Különböző kitűnő megfigyelők,

mint Sir John Lubbock, Forel, Graber, Plateau megmutatták, hogy méhek és lepkék látnak színeket. Mi persze csupán abból is rájöhetünk volna erre, hogy a virágok színesek, mivel tudjuk, hogy a virágok bizonyos tekintetben a rovarok segélyével keztek és színeik rájuk nézve csalogató eszközök. Ámde az ilyen következtetésnek közvetlen igazolása nagyon becses, mert biztosítja a következtetések azon egész lánczolatát, mely ez utolsóhoz vezetett.

Nagyon becses annak bizonyítása is, hogy bizonyos rovarok nemcsak a részünkről látható színeket látják, hanem azokat is, melyek reánk nézve láthatatlanok, t. i. az ultraviola színeképi sugarakat. Alkalmassint ezzel függ össze az, hogy a lepkék, mint Plateau bebizonyította, teljesen figyelmen kívül hagyják a művirágokat, ha mindjárt kitűnő utánzatok is; nekik a színek nyilván másként tünnek föl, mint nekünk és az a reánk nézve csalódásig hű hasonlóság a művirágok és élő virágok színezésében, reájok nézve nincsen.

Igy tehát a rovarszemek nemcsak »összetettek« vagyis nagyon bonyolult és másokétól rendkívül különböző érzékszervek, hanem működésük egyes irányokban még felülmulja saját látószervünket. Persze a legtöbb tekintetben jelentékenyen mögöttünk maradnak, első sorban abban, hogy a látás élessége a távolság növekedtével rendkívül csökken. De, mint a felsőbbrendű állatok, úgy a rovarok látószerve működésében is nagy különbségek vannak; egyes fajoknak sokkal élesebb a szemök, mint másoknak és a szem jósaága mindig pontosan alkalmazkodik az illető faj életfeltételeihez. A természet nem pazar, mint tévesen már többször mondták; ellenkezőleg legnagyobb mértékben takarékos és senkinek sem nyújt többet,

mint a mennyire szüksége van. Olyan faj, melynek nincs szüksége éles szemre, hogy élelmét megszerezze, ivadékát ellassa, vagy ellenségek ellen megvédelmezze, szóval, hogy a fajfentartást biztosítsa, az bizonyára nem is kapott, és olyan fajok, melyeknek életfeltételei idővel megváltoztak, úgy, hogy a szem birtoka rájuk nézve többé nem különösen fontos, azok elvesztették, vagy legalább is jelentéktelen csökevényre törpült a szemök. Ilyenek a már említett, sötétben élő hangyák, melyeknek csak három szemecskéjük van szemükben. De hogy mily rendkívül pontosan következik be a szerv szabályozása a szükséghez képest, bizonyítja a sok eset, melyekben valamely hangyafaj munkásai parányi szemekkel vannak ellátva, melyeken legfeljebb 6—9 szemecske foglal helyet, mivel nagyobbára föld alatt élnek, holott a hímek és nőstények, melyeknek a nászrepülésre magasan a levegőbe kell felszállaniok, 200—400 szemecskével rendelkeznek.

Bizonyára a színek látása sincs minden rovarnál egyformán kifejlődve. Eddig ugyan még nem ismerjük a berendezést, a melyen az alapszik, de élő állatokkal végzett kísérletek valószínűvé teszik, hogy még rendkívül fejlett látószervvel bíró állatok is, mint a darazsak, csak tökéletlenül tudják a színeket megkülönböztetni. Ellenben a méheknél és pillangóknál, melyek élelmüket virágokon keresik, a kifejlett színérzék biztosan van megállapítva.

Mennél messzebbre jutunk a rovarok látásának megértésében, annál jobban látjuk, hogy a szem alkalmazkodása az illető faj szükségleteihez rendkívül pontos és hogy a legfinomabb részletekig terjed. Így a szitakötők a látómező nagyságát tekintve, bizonyára a legjobban látó rovarok közé tartoznak; de nem hiszem, hogy látásuk egy-

úttal a legélesebb is, mert erre jóformán nincs is szükségök. Rendkívül nagy, majdnem gömbszerű szemöket alkotó, ezekre menő egyszerű szemök mind-egyikében tényleg csak négy-öt retinula-sejtjük van és képpontjuk egy méter távolságra már 5—6 mm. átmérőjű. Ez azonban elég arra, hogy mocsár fölött lebegve, lássák a legyek, pillangók, s más rovarok elvonulását, melyekből élnek. Építményök, fészkek nincs és az a tehetség, hogy a tájat mocsarukon túl is kiválóan pontosan lássák, nem használna nekik semmit, mert élelmezésök és szaporodásuk a vízfelülethez köti őket; tojásaikat a vízbe rakják. Így a nappali lepkéknek is van ugyan nagy, félgömbalakú szemök, tehát nagy látómezejök, de nincs oly éles látásuk, mint a darazsaknak és méheknek, mert nekik sem kell a vidéken tájékozódniok, nekik sem kell mindig ugyanazon pontra visszatérniök, hanem repkedhetnek bárhová, a hol csak virág van, melyekben mézet találnak. A káposzta-lepkének képpontja, mint már előbb mondtam, 3 mm. átmérőjű, egy méter távolságra; 0'3 mm.-nyi 10 cm. távolságra és 0'03 mm.-nyi 1 cm. távolságra. Az állatok tehát a virágot, melyen ülnek, erős lupe nagyítással látják; de 10 cm. távolságban képpontjuk 3 cm.-nyi, tehát ezen távolságból virágot csak akkor láthat-

nak még tisztán színezve, ha mindjárt csak határozatlan vörös, sárga, kék folt gyanánt is, ha átmérője legalább 3 cm. Legtöbb vad virágunk azonban kisebb; érthető tehát, hogy a rovarok által való keresztezés lehetősége szempontjából mennyire fontos rájuk nézve, hogy nagyobb számban, sűrűn álljanak egymás mellett és így nagyobb kiterjedésű színes foltokat alkossanak, melyeket a pillangók sokkal messzebből láthatnak meg, mint egyes virágot.

Igy tehát a látás ezen területén, valamint az állati tevékenység minden egyéb területén újra beigazolvá látjuk azt az igazságot, hogy valamely szerv működése erejének foka sohasem nagyobb, mint a mennyire az illető faj megmaradásához föltétlenül szükséges, de nem is csekélyebb, tehát, hogy a szerv mindig épen annyira jó, a mennyire jónak kell lennie, hogy a faj minden életműködését végezhesse. Valamely faj szervezete épen olyan finom és fejlett, mint a milyennek lennie kell, hogy fönmaradhasson.

És így van ez az élet, sőt az egész természet egész területén: a világ épen annyira kitünő, a mennyire lennie kell, hogy maradandó legyen.

(A. Weismann czikke. Deutsche Rundschau, 1895, 9. füz.)

Fordította CSEMEZ JÓZSEF.





# Creative Commons License Deed

Nevezd meg! - Így add tovább! 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Ez a [Legal Code \(Jogi változat, vagyis a teljes licenc\)](#) szövegének közérthető nyelven megfogalmazott kivonata.

[Figyelmeztetés](#)



## A következőket teheted a művel:

szabadon másolhatod, terjesztheted, bemutathatod és előadhatod a művet

származékos műveket (feldolgozásokat) hozhatsz létre

kereskedelmi célra is felhasználhatod a művet

## Az alábbi feltételekkel:



**Nevezd meg!** — A szerző vagy a jogosult által meghatározott módon fel kell tüntetned a műhöz kapcsolódó információkat (pl. a szerző nevét vagy álnévét, a Mű címét).



**Így add tovább!** — Ha megváltoztatod, átalakítod, feldolgozod ezt a művet, az így létrejött alkotást csak a jelenlegivel megegyező licenc alatt terjesztheted.

## Az alábbiak figyelembevételével:

**Engedélyezés** — A szerzői jogok tulajdonosának engedélyével bármelyik fenti feltételtől [eltérhatsz](#).

**Közkinccs** — Where the work or any of its elements is in the [public domain](#) under applicable law, that status is in no way affected by the license.

**Más jogok** — A következő jogokat a licenc semmiben nem befolyásolja:

- Your fair dealing or [fair use](#) rights, or other applicable copyright exceptions and limitations;
- A szerző [személyhez fűződő](#) jogai
- Más személyeknek a művet vagy a mű használatát érintő jogai, mint például a [személyiségi jogok](#) vagy az adatvédelmi jogok.

- **Jelzés** — Bármilyen felhasználás vagy terjesztés esetén egyértelműen jelezned kell mások felé ezen mű licencfeltételeit.