



学生应知学科知识

生物仿生与人类遗传

董源 主编

目 录

从蛛丝说开去	1
动物是如何适应咸水的	4
片流膜是怎样发明的	7
鱼、流线体和船	9
鲨和鲨眼仿生	12
动物放电给我们的启示	15
声纳和动物的水中定位	19
由海螵蛸、鱼鳔到潜水艇	22
回声定位和蝙蝠仿生	26
味觉的仿生	28
翅痣、减振器和飞机	31
蛙眼和电子检测器	34
热感受器和热传感导弹	38
生物如何发光	41
甲壳质的妙用	45
啄木鸟啄木与脑振荡	47
香臭感觉与气味检测仪	50
生物鳃与人工鳃	53
鸟眼、电子眼和电子监测系统	56
人造手的由来	59
夜视仪与动物的夜视	63
灵敏的眼睛	63
奇妙的反射镜	67
多形的瞳孔	68
浅谈味觉仿生	72
蛇的锄鼻器	74
能适应黑暗生活的特殊耳朵	77

地下穴居者	78
动物对声音的接收和使用	79
从动物发光想到的	81
发光器官：闪光识别，寻找配偶	82
从猫胡子谈起	87
侧线系统与电感	88
在大海的深处	91
蛇的红外器	92
我们的祖先不断交好运	94
羊能复制，人呢	99
孩子的性别由何决定	105
溶血症	107
“试管婴儿”第一	110
人类的染色体	115
人类基因工程的展望	117
“毛孩”	121
由人体基因所想到的	124
脱发遗传吗？	126
幼儿猝死综合症（SIDS）是遗传的吗？	126
左利右利是遗传的吗？	127
下一个孩子的发色能预知吗？	128
夫妇都是蓝眼睛，孩子会不会全是蓝眼睛呢？	128
癫痫会遗传吗？	128
父母都过度肥胖，孩子将来也会如此吗？	129
富贵病	130
血型与遗传的关系	131
道尔顿病	134
谈孪生现象	136

黑尿病、白化病和苯丙酮尿症	138
近亲不得通婚	140
癌症会遗传吗	142
指纹中的故事	145
再谈“试管婴儿”	148
古埃及王子会复活吗	150

从蛛丝说开去

小小诸葛亮，独坐中军帐，
布下八卦阵，捉住飞来将。

稍有一些常识的人，一定不难猜出这则谜语的谜底是蜘蛛。蜘蛛排丝张网捕虫，几乎是家喻户晓的事。但是，蜘蛛是怎样排丝结网的，知道的人就不多了。除了营游猎生活的蜘蛛外，大多数的蜘蛛都会结网，不同的蜘蛛结不同形状的网。圆蛛在江南是一种常见的蜘蛛，体型较大，全身灰黑色，常常在庭园楼阁、树木之间、屋角檐下，张结巨型的车辐状网。这种网是蜘蛛网中最精巧的一种，网的半径一般可达 50 厘米，有的网横挂空间，跨越小溪。有人测量过一只圆蛛网，从网的一端到另一端的距离竟达 7 米左右，网的结构主要由若干条辐射线和围绕其间的环绕线构成，网上尚有数条白色波状带，起着加强网的作用。蜘蛛结网时，先选好地点，然后爬到高处，抽出蛛丝任其随风飘荡，当蛛丝飘至彼处粘附在某点时，蜘蛛就以此为基础先结外围网架线，然后拉丝结幅射线，圆蛛的网幅射线通常为 25 根左右。而横带黄金蛛一般为 45 根左右，多的可达 60 余根，辐射线结好后，蜘蛛从网中心向外结螺旋线，最后再由外向内结环绕线，直至网的结成。

蜘蛛能抽丝结网，是因为蜘蛛腹腔内含有一些腺体，叫作丝腺。目前已知有 8 种丝腺，但是，一种蜘蛛只具有其中的数种，如圆蛛有梨状泡腺、圆管腺、前壶腹腺、后壶腹腺和凝结腺 5 种丝腺。网架线的丝是由前壶腹腺

分泌而来，由梨状腺分泌胶液粘附网架线。在蜘蛛的近腹部末端气门后方有 3 对纺绩器，前纺绩器上有一个呈瓶塞状的巨纺绩管和约 180 个小纺绩管；中纺绩器具有 6 个巨纺绩管，没有小纺绩管；后纺绩器有 5 个巨纺绩管和 180 个小纺绩管。丝腺分泌一种骨蛋白通过纺绩器上的许多微小的纺绩管排出体外，在空气中凝结，再经过蜘蛛的步足梳理成的细丝就是蛛丝。蛛丝比蚕丝还要纤细得多，粘性很好，韧性极大，弹性很强。如此纤细的蛛丝可以吊着蜘蛛升降自如，随风飘荡，有时蜘蛛抽出一条很长的游丝可随风飘移到离陆地好几百公里的海面上而不折断。蛛丝的这种优异性能，引起了仿生学家的极大兴趣。美国军事研究部门将蛛丝和目前作防弹衣的纤维 B 作比较试验，结果证明蛛丝在延伸到 15% 的长度时才折断，而纤维 B 当延伸到 4% 的长度时就被折断了，也就是说用蛛丝做的防弹衣的防弹性能要比用纤维 B 做的防弹衣强得多。

蛛丝还有一种可贵的性能是它的“玻璃化转变温度”比一般的聚合物的“玻璃化转变温度”低得多，蛛丝在 -50°C 时才会变脆，这表明用蛛丝编结的救生绳索即使在冰点温度下仍然具有弹性，并说明它能承受突然而来的重物冲击，一只疾飞的蛾突然碰撞到蜘蛛网上，马上会被粘住，网并没有被撞破。

蛛丝的纤细，早被人们用于测微器或光学仪器的刻度与划线。由于蛛丝产量不高，不易多得，价格昂贵，因此尚不能像蚕丝那样被用作大规模纺织工业生产。但是，人们是不会甘心轻易放弃利用蛛丝的，世界很多国家都在开展对蜘蛛的研究。美国马萨诸塞州研究中心已能用精巧的纺锤设备成功地从一种来自巴拿马的大蜘蛛

腹内抽出蛛丝，每次可抽取蛛丝 3~5 毫克，每股蛛丝可达 300 余米长。抽过丝的蜘蛛第二天又可照样抽丝。这就不禁使人想到，既然人们能培育出产乳量高；质量好的乳牛和产丝量高；质量好的家蚕，为什么不能像培育乳牛和家蚕那样去人工培育蜘蛛，使其蛛丝的产量和质量都得到大大地提高呢。

美国科学家正在通过对蜘蛛的研究，去了解蛛丝蛋白质的化学性质、结构单元和它们转化成晶体聚合物以及形成蛛丝的过程，以便能用仿生学的手段制造出人造蛛丝。

蜘蛛在我国被称为五毒之一。它的头胸部有 6 对附肢，第一、第二对为头部的附肢，第一对叫螯肢，其端部的螯钳尖利，用以刺杀粘在网内的小昆虫，螯肢近末端处有一毒腺开孔，毒液从这里注入被刺动物的体内，使猎物逐渐麻醉。人们发现被注入蜘蛛毒液的昆虫在两三周内只是不能动弹，而正常的新陈代谢仍在继续进行，这就给人一种启示，如果能将蜘蛛毒液制成麻醉剂，可能会是一种理想的新型麻醉剂，它具有操作简单和麻醉时间长的优点。英国利物浦大学有机化学系的约翰斯通教授成功地从蜘蛛毒液中分离出一种毒素，这就为弄清蜘蛛毒素的分子结构和研制新型蜘蛛麻醉剂打下了良好的基础。我国早就利用蜘蛛治病，据李时珍《本草纲目》记载，用蜘蛛可医治的疾病就有数十种，例如用蜘蛛代替奎宁医治疟疾。

动物是如何适应咸水的

电影《上甘岭》中有一组令人动容的镜头，坑道中的中国人民志愿军战士已两天没有水喝了，一个个都渴得口干唇裂，连吞咽都感到困难。为了夺取反攻胜利，连指导员命令战士们以惊人的毅力去吃饼干，战士们每咽下一口饼干都要费好大劲，忍受着喉咙撕裂般的疼痛，小小一块饼干，也不知要吃多久才能把它吃完。如果这时送来一口水，实在要比那饼干好得多。由此可见口渴比饿更难熬。事实也是这样，人和其它动物同样可饿上几天，还能支撑住，如果渴上几天就不行。1920年科克市市长麦克斯威奈在为爱尔兰独立的斗争中被逮捕，他在狱中绝食以示抗议。最终他饿了74天而牺牲。当然，在这74天内他必须喝水。如果没有水喝，他几天也活不成。因为生物体内含量最多的是水，一切正常的生命活动都是在水中进行的，没有水，养料不能吸收，废物不能排出。口渴就是表明生物体已经失去一部分水，并刺激生物去补充水。

地球上的水并不少，海洋面积就占地球总面积的71%，陆地面积仅占29%，而且其中还包括了许多江、河、湖、泊、溪、涧等。地球上的水97.2%是海水，海水中溶解有复杂的化学成分，每升海水所含的各种离子、分子和化合物的总量（矿化度）在3克以上，是咸水。航海者都知道海水是不能喝的。海水不但苦涩，难以下咽，而且越喝越渴。所以远航必须带足淡水，途中补充给养时，第一件事就是补足淡水。由于海水含有大量的盐类，

就连用来灌溉农作物也不能。因此，生物体能直接利用的是矿化度每升小于 1 克的淡水。主要分布在江、河、湖、泊、地下水、高山积雪和冰川等。仅占全球总量的 2.8%。随着现代工业、农业的飞快发展和人民生活需要用水量的日益增加，如果不注意节约用水，再加上肆意破坏水的资源，那么地球上淡水的危机就会到来。为了避免这种灾难的发生，人们一方面要节流，另一方面要开源。首先想到的当然是海水淡化。设法将海水脱除盐分变为淡水。世界上许多国家都建立了海水淡化工厂。通常用的传统方法是蒸馏法，使海水急速蒸发，蒸发产生的水蒸汽冷凝后得到淡水。目前采用的一些新方法是从一些动物中得到启示而研制成功的。

有一种海鸟叫信天翁，分布于太平洋，冬季也可见于我国东北及沿海各地。成熟的普通信天翁全身纯白，仅翼端及尾端呈黑色，翅膀很长，伸展开来，两翅展开可达 3.6 米。它们能一连数月，甚至成年在海上生活，累了在水面上歇息，饿了捕食海中的鱼，喝的当然是海水，因为它们只有在繁殖的时候才返回荒岛和陆地。信天翁能喝海水，当然会引起了人们的注意，想了解它们是怎样解决海水中的盐分问题。经过研究，发现信天翁的鼻部构造与其它鸟类不同，它的鼻孔像管道，所以称为管鼻类。在鼻管附近有去盐腺，这是一种奇妙的海水淡化器，去盐腺内有许多细管与血管交织在一起，能把喝下去的海水中过多的盐分离，并通过鼻管把盐溶液排出。以后人们相继发现许多海洋动物都有把海水淡化的本领，如海燕、海鸥、海龟和海水鱼等。

海水鱼终生生活在海水里，喝的当然是海水，而且全身都浸没在海水中，它们又是如何解决海水中的盐分

的问题呢？人们当然也不会放过对这问题的研究。水生动物的体表通常是可渗透的，鱼体内的渗透压和水环境的渗透压差别很大，鱼类与体外水环境的水分动态平衡是通过渗透压调节和体液中盐分含量的渗透作用调节来维持的。海水含盐量高，海水硬骨鱼血液和体液的浓度比海水要低，因此体内水分就会不断地从鳃和身体其它表面渗出，为了保持体内水分代谢的动态平衡。一方面海水鱼必须大量吞饮海水，这样体内盐分就会增加。那么，又如何解决这个矛盾呢？海水硬骨鱼的鳃部有一种特殊的能分泌盐类的细胞，把过多的盐分排出体外；另一方面，海水硬骨鱼肾脏的肾小球的数量很少，肾小管重新吸收水的能力强，从而使排尿量减少到最低限度。

就现有的研究材料来看，这些海洋动物虽然各有自己的海水淡化器官，把喝进去的海水盐分排出体外，但是这些“淡化器”基本上都是用细胞的半渗透膜来脱盐淡化海水的；如口腔膜、内腔膜、表皮膜和鳃微血管膜等都是细胞膜，通常称为生物膜。它们喝进海水后，首先在口腔内通过吸气对腔内不断加压，压力差使一部分水渗过粘膜进入体内，而大部分盐则被阻隔在口腔内，随水流经鳃裂或排泄道排出体外。人们根据这个道理，研制出反渗透膜海水脱盐淡化装置。对海水施加大于渗透压的压力，使海水中水分通过渗透膜，而盐分则被隔在外面，从而得到淡水。

其次，海水中的盐分总有一些进入机体内，则通过泌盐细胞的特殊功能，以自身微弱的生物电形成电磁场，把海水中的盐类，如氯化钠的两种电离子分离，在电场的作用下，渗出膜外，而将水分留在机体内。人们根据这个道理，研制出电渗析膜海水淡化器，在直流电场作

用下，使海水中的盐类分解成正、负离子，使它们分别通过阳、阴渗透膜向正极和负极运动。然后收集留在两渗透膜中间的淡水。

片流膜是怎样发明的

克雷默（MaxKramer）博士倚在轮船甲板上沿缘栏杆上，大西洋的景色没有引起他的兴趣，唯有那群乘风破浪的海豚一直没有离开过他的视野。克雷默是一位很有造诣的德国科学家，第二次世界大战以前，他在德国航空研究中心工作，领导着抗湍流的研究。这次，他应聘到美国海军某研究所工作。连日来，他一直注意着大西洋上的海豚，眼前的这群活泼的海豚，伴随着轮船快速游行已有两个多小时了。但是看上去他们的动作依然是那样地自由自在，好像没有丝毫倦意。当时，轮船是以每小时 50 公里的航速前进，也就是说这群海豚的游速也达到每小时 50 公里。这对于多年从事抗湍流研究工作的克雷默不会不知道空中的飞行物体要经受气流产生的湍流的阻力，在水中运动的物体同样会经受水中湍流的阻力。他不禁问自己，海豚是怎样抗湍流才能高速度地游动呢？虽然，海豚天生有如此完美的流线型的外形，头部和尾部狭尖而中间部分宽厚，具有较理想的身体长度与厚度的比例，浑身光滑少毛，耳壳和后肢都已退化消失，这些无疑都是对海豚减少水中湍流阻力有利的。然而，根据有人做过的试验，拖着一只与海豚大小相仿的物体在海上航行，需要增加 2.6 匹马力。而眼前的海豚按其体躯大小来估计，本身是不可能产生那么大的推动

力的。海豚能在比空气密度大 800 倍的水中轻松地追随高速航行的轮船，必定有它的奥妙。是不是海豚能以最小的动力达到最大限度地把湍流变成片流呢？如果研究清楚，那么对抗湍流的研究一定会有所帮助。克雷默带着这个问题到了美国。

1956 年，克雷默终于从太平洋的马林兰德得到了梦寐以求的海豚皮样张，立即对它进行仔细地研究，这张海豚皮厚度约 1.55 毫米，富有弹性，具有疏水性。经过切片，在显微镜下观察，可见它的组织结构与其它脊椎动物的皮肤一样也是由表皮、真皮和由胶质纤维和弹性纤维交错的结缔组织组成。但是与众不同的是海豚的真皮层上面有许多小乳突，根据各部位比较，这些小乳突在额部和尾部特别发达，这些小乳突对抗湍流有什么作用呢？这引起了克雷默的极大注意。他认为这些小乳突形成了很多微小的管道系统，在运动中能经受很大的压力，含有胶质纤维和弹力纤维交错的结缔组织，中间充满了脂肪，增加了海豚皮肤的弹性，皮肤的弹性和疏水性在很大程度上消除了水流由片流变成湍流的振动，并能使水分子集结成环状结构在海豚体表上滚动。正如大家都知道的，滚动摩擦阻力是最小的，从而把水阻力大大地减少了，再加上海豚皮下肌肉能作波浪式运动，使富有弹性的皮肤在水的压力下作灵活地变形，使其和水流的运动相一致，有效地抑制水流高速度流经皮肤时产生的漩涡，这样海豚即便在高速运动时，也能把水阻力降低到最小限度。

据此，克雷默开始研制人造海豚皮，1960 年他在美国橡胶公司工作期间，用橡胶仿造海豚皮肤的结构，研制出一种名叫“片流膜”的人造海豚皮。这种片流膜也

由三层组成：表层和底层都是光滑的薄层。当中的一层设置了许多容易弯曲的小突片，形成微细的管道系统，其内充满了富有弹性的液体，使片流膜具有弹性。将片流膜装配在潜水装置上进行试验，结果果然使湍流减少50%。于是将片流膜安装在潜水艇的表面，取得了很好的效果，大大地提高了潜水艇的航行速度。人们将这种片流膜安装在输送石油的管道的内壁上，同样大大地提高了石油输送的效率。

鱼、流线体和船

从人类懂得造船开始，就一直为如何提高船的航行速度而努力。任何物质在水中运动都会受到水流不同程度的阻力。这个阻力由水流经运动物体表面的三种形式组成：一是平流，水很平滑地从运动物体表面流过，流动迹线规则，摩擦很少，对运动物体的阻力最小；二是湍流，水粗糙地从运动物体表面流过，流动迹线很不规则，摩擦增大，对运动物体的阻力很大；三是漩涡，水流遇低洼处所激起的螺旋形水涡，对运动物体的阻力最大。这三种形式的阻力的总和愈大，运动物体在水中前进的速度也就愈慢。因此，必须尽量减少船前进时所受的阻力，才能使船的航行速度加快。

鱼类终生生活在水中，对水环境有很好的适应。人们在设计船的式样时可从这些动物身上得到一些提高船速的启示。尽管鱼类按其各自的生活方式有多种多样的体型，但是人们发现其中最常见的一种体型叫纺锤型，又称流线型，这种体型的特点是：头、躯干和尾三部分

比例适中。鱼身的三个体轴以从头到尾的长度最长，背到腹的高度次之，左到右的宽度最短。整个鱼体形状像一只纺梭，两头尖，中间厚，其横切面为椭圆形，它的身体最厚的部位是在头后至体前这一段，自此后均匀地向后方渐渐地变窄，整个体型显得浑圆结实光滑，可以减少湍流，将水流的摩擦力减少至最低限度。一些快速游动的鱼类如金枪鱼、马鲛鱼、鲔鱼、鲣鱼、箭鱼和鲨鱼等都是这种体型。有关鱼类的游泳速度很少有精确记录，有人说鲔鱼的时速可以达到 90 公里。鱼类学家戈特教授说今天在美洲海边见到的鲔鱼，可能是在前晚经过好望角的。不管这些说法是否可靠，但是都无非说明鲔鱼游泳速度快。对这样的著名速游鱼类，仿生学家当然会对它进行研究，它的身体剖面相对长度是 3.6 米，相对厚度是 0.28 米，这个相对厚度对鲔鱼的游速快起到什么作用呢？实验证明：0.28 米这个相对厚度是恰到好处的。相对厚度小于 0.28 米时，形状阻力虽有减少但摩擦阻力增大很多，相对厚度大于 0.28 米时，摩擦阻力虽有减少但形状阻力又增大很多，因此说鲔鱼获得了最理想的相对厚度，这种体型使受到的摩擦阻力和形状阻力共同作用减少到最低程度，这就难怪鲔鱼能在转眼之间，游离人的视线之外。美国按照鲔鱼的体型，设计制造成功的“飞鱼号”核潜艇，达到航速快，灵活性大的效果。现代的潜艇和鱼雷等也都是按照流线型来设计的。

空气和水都是流体，船在水中受到水流的阻力，飞机在空中受到气流的阻力，两者都受流体力学规律的制约。舰船设计师可以模拟的一些东西对航空设计师来说也是有用的。航空设计师们也模拟鲔鱼的体型，设计新的喷气式高速客机，增加机身的相对厚度，从而减少了

飞行阻力，同时也扩大了机舱。

鱼类的体型对鱼类运动速度有很大影响。但是，为什么蓝枪鱼和马鲛鱼同样具有完美的流线型体型而蓝枪鱼总是游得比马鲛鱼快一些呢？这足以说明体型仅是影响游速的一个方面，还有很多方面可以影响游速。英国的瓦兹发现蓝枪鱼的尾鳍前比马鲛鱼多了一个臀鳍，他认为这个构造有利于鱼身作急转弯。他按照蓝枪鱼的这一结构，在设计轮船“武尔为吉”号时，在船尾前增加了一个类似“侧鳍”装置，试航结果，缩小了船体转弯时的距离和时间，从而也就提高了航速。

人们发现鱼尾的形状也是多种多样的，它与游速也有很大关系。通常尾柄细而坚实有力，两侧有骨状小突起，尾鳍上下端尖长，展开时呈新月形的鳍，大多数游速快，如鲭鱼和鲢鱼等的尾，只要用力一摆，就能急速前进几十米，因为鱼尾摆动，使水流变成弯曲波，大大提高了运动速度。

为了减少机械运动时所受的摩擦阻力，使用滑润油之类是一种行之有效的方法。其实，鱼类早就在使用这种方法了。鱼类的皮肤含有丰富的单细胞腺，能分泌大量的粘液，在身体表面形成一层粘液层，一些无鳞的鱼类更是粘滑。粘液的功能有很多，其中有一个功能就是使鱼体润滑，可减少水流的摩擦，有利于在水中游动。有人做过试验，将鱼体分泌的粘液涂在水中运动的物体表面，结果可将水流阻力减少到一半以上，这种粘液的有效期可以长达数月之久。但是，人们要想取得足以喷涂一艘轮船所需要的鱼体分泌粘液，谈何容易？于是，人们试图用其它化学代用品，如聚氧化二烯水溶液等，虽然可减少摩擦阻力的70%，但是，这种代用品的有效

期还不到一天就失去作用。因此，人们研究人工合成鱼的分泌液，不过，即便获得成功，每喷涂一次，也仅能维持几个月的效能，如果能像鱼类那样，不断地分泌，那将会有多好。

鲎和鲎眼仿生

除我国福建、广东和浙江外，在北美、中美、东南亚沿海生活着一种古老的节肢动物，叫做鲎。它的身体可分成头胸、腹和尾三部分。头胸和腹的背面覆盖着蟹壳似的甲壳，形同马蹄，所以有人称它为马蹄蟹。尾部像一把锋利的长剑突出在体后。鲎生活在沙质海底，夏天常见雄鲎爬在雌鲎的背壳上，相随活动，形影不离。退潮时雌雄结伴爬行在沙滩上，以蠕虫和无壳的软体动物为食。

有很多理由使鲎扬名于世：一、它在节肢动物中的特殊地位，虽然同蟹一样也具有坚硬的甲壳，但是它不属于甲壳纲动物，在它头胸部的腹面有 6 对关节的附肢，前 5 对末端呈螯状，第 2~6 对基部都有咀嚼面围住口部，因此，它属于肢口纲动物。这个纲仅仅发现过两类，其中巨甲类早已成为化石，现在还存活着的剑尾类就是鲎。它的幼虫非常像三叶虫的成体，足以证明鲎的古老。将 1.75 亿年前的鲎化石与现存的鲎比较，在演化上还看不出有什么变化，因此，人们称它为活化石。二、通常血液是红色的，然而鲎的血液竟是蓝色的，因为鲎血中含有 0.28% 的铜元素。更有价值的是鲎血对细菌十分敏感，一接触到很快就会凝固。人们便将鲎血制成试剂，

用来测检人体、药物和食品等是否被细菌污染，既快速又准确。三、尚未发现蜚有什么经济价值，因此，收购便宜。蜚的生命力又强，能离水生活很久，只要满足其湿度和凉爽的条件，就能经受长途运输，这些对作为实验材料来说是十分理想的。四、最吸引人的是蜚的视觉器官，它有一对单眼和一对复眼。同许多昆虫的复眼一样，蜚的复眼也是由许多小眼镶嵌而成，每只小眼都有水晶体、感光细胞和与之相连的神经纤维。但是，蜚小眼体积大，神经纤维也粗，给研究工作带来方便。美国洛克菲勒研究所的哈特兰（H.K.Hortline）等人就是用蜚的复眼作为研究对象，才发现蜚的视觉侧抑制现象，并研制出侧抑制数学模型。美国通用电气公司高级电子中心的工程师们根据蜚的视觉侧抑制原理研制出蜚眼电子模型，从而使电视荧屏上的图像更加清晰。应用蜚眼技术可提高 X 光和宇航摄影的清晰度。应用在军用雷达显示器上同样收到良好的效果。

为了理解蜚视觉侧抑制究竟是怎么一回事及其为什么能起到如此的作用，让我们先来了解一下眼睛是怎样看到物体的，通过眼睛来观察周围物体的形状、明暗、颜色、距离和运动等情况。但是，单靠眼睛再看也只是熟视无睹，能见的是大脑，外部物体通过晶状体的聚焦作用，使来自被注视的物体上的光聚焦在视网膜上，视网膜是多层结构，相当复杂，其中有三级神经细胞构成视觉传导：第一级神经细胞是感光细胞，只要是眼睛，不论简单或复杂，在视网膜上都有感光细胞，可分为锥感光细胞和杆感光细胞，前者能接纳光波长短的刺激，能辨别颜色；后者能接受光的强弱，感光细胞是唯一能感受光的细胞。因为它含有感光色素，目前了解得最多