

المخارطة الثانية

هل كان بإمكان ابن آدم



العصب البصري

النترة

رؤية الغراب؟

IV

علم الدراية المتعدد التخصصات يدحض إمكانية وجود آدم الأسطوري
الجزء الثاني عشر من علم دراية الوجه الأول: «خلق الله آدم على صورته طوله 60 ذراعاً»

في المواءمة بين الانحرافات الانكسارية للضوء والزيفان الضوئي



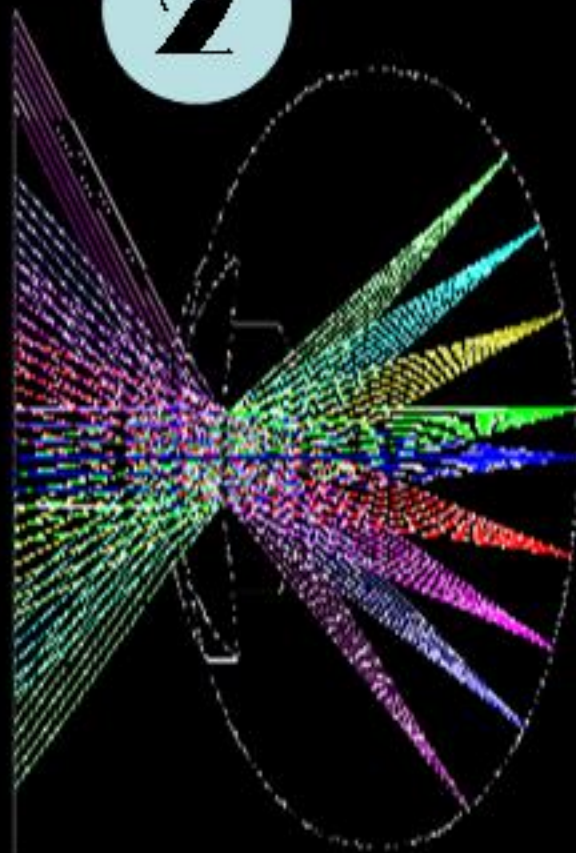
2

بما أن الضوء المرئي مكون من طيف من الألوان وليس من لون واحد، فهذا يعني أن لونا واحدا فقط سيكون له صورة واضحة في البؤرة على شبكية العين، بينما باقي ألوان الطيف الأخرى ستكون منحرفة بدرجات متفاوتة عن هذه البؤرة.

هذا بالإضافة إلى انحرافات أخرى تحدث في النظام البصري للعين، بسبب عدم تجمع وتتركز الأشعة الضوئية في نفس النقطة .

فمثلا، عندما تكون فتحة البؤبؤ صغيرة (يقطر

2 ملم) فإن الضوء ينفذ إلى العين محاذيا لمحورها البصري، وتكون الانحرافات قليلة في مثل هذه الوضعية .



أفضل شكل للصور شبكية عين إنسان هو بفتحة بؤبؤية بقطر 3 مليمترات



3

لكن، إذا ما فُتِح البؤبؤ بأوسع انضراج له (بقطر 8 ملم)، فإن الضوء يدخل العين من خلال الأجزاء الخارجية للعناصر البصرية. وهذه الأشعة الخارجية تعمل على تشويه الصورة .
ويتبين من هذه الخواص، أن الزيادة في فتحة البؤبؤ تساعد على التقليل من الانحرافات الانكسارية (*diffraction*) للضوء، لكن تزيد في المقابل من الزيغان الضوئي (*aberrations*)، والعكس بالعكس .
ونحصل على أفضل تشكُّل للصور بالشبكية بفتحة بؤبؤ قطرها حوالي 3 مليمتراً .

كيف صممت المستقبلات الضوئية لتتحاشي ما لا تريد أن تراه ؟



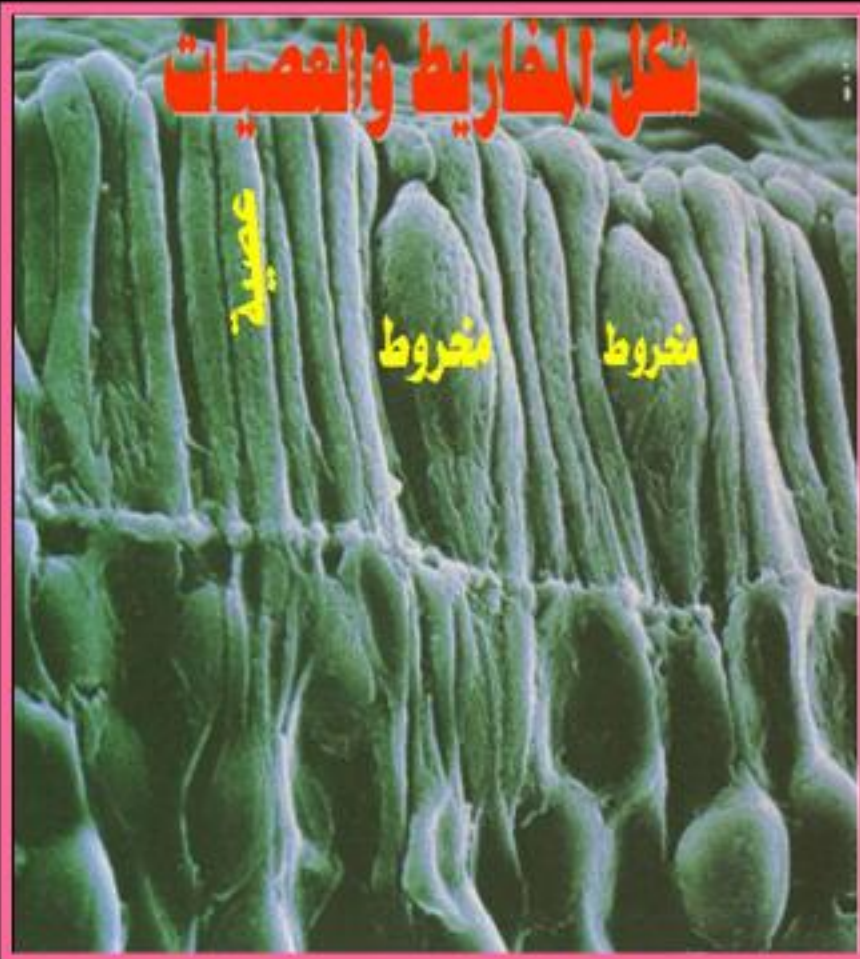
4

شكل المخاريط والعصيات

عصية

مخروط

مخروط



ويتحاشى النظام البصري هذه التشوهات التي يحدثها الضوء القادم من الأجزاء الخارجية للبيؤ، يجعل النقرة، وهي مكان تكون الصور الواضحة المجلوة، تتجاهلها بمرّة ولا تتحسسها.

ذلك أن الأشعة الضوئية الخارجية أقل فعالية في تحفيز المخاريط ضمن النقرة، حيث أن المخاريط أطول مما هي مستعرضة، وأشبه بـ "أنابيب" أو "موجهات للضوء" (light

guides) .

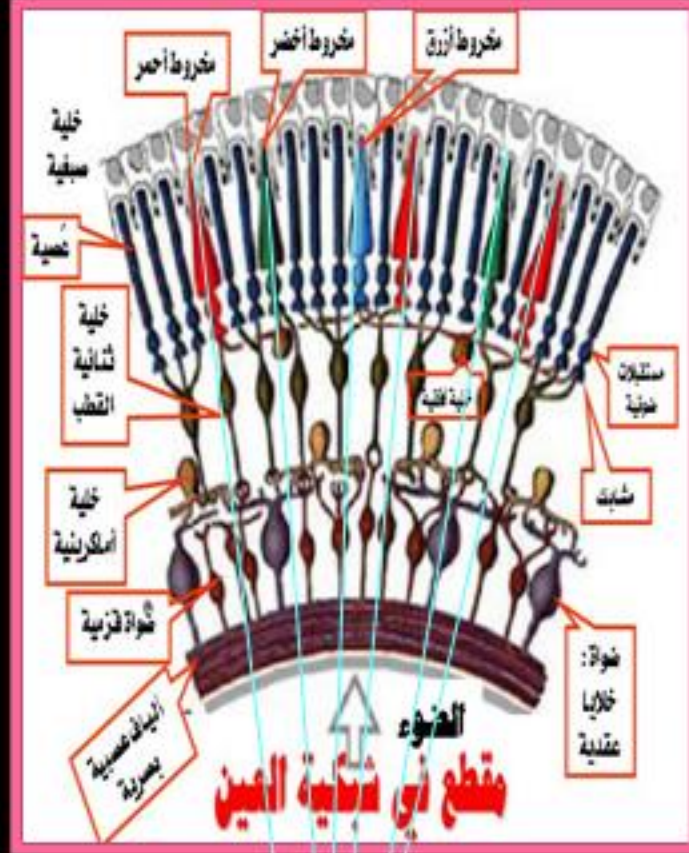
قبلة المخاريط هي بؤبؤ العين



5

فلكي يَتمكّنُ شعاعُ ضوءٍ من بلوغِ قعرِ أحدِ هذا الموجهاتِ ويصلُ إلى الصبغياتِ الضوئية (photopigments) ليستحثها، يتوجبُ عليه أن يدخُلها موازياً لمحورِ الموجه. وبما أن كل المخاريط في شبكية العين متجهة صوب مركز البؤبؤ، فإنها تستجيب فقط لإضاءة أشعة قادمة من مركز البؤبؤ قصراً.

وحيث أن الضوء القادم من محيط البؤبؤ، سيدخل المخاريط بزاوية منحرفة عن محورها، فإن يصل إلى قعرها ليستثيرها، ويتم بالتالي تجاهله من قبلها،



خلف البؤبؤ



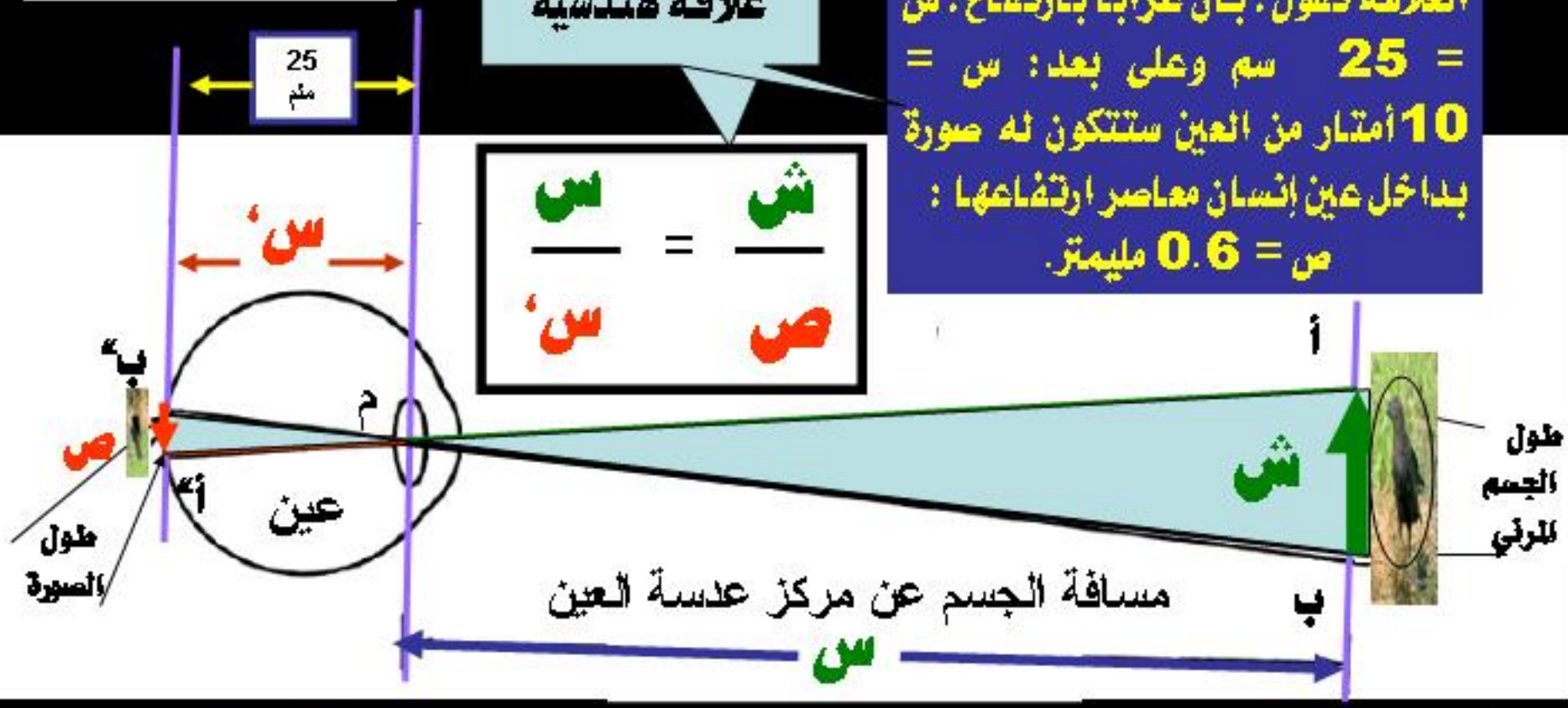
الخواص البنيوية للصورة على شبكية العين



مسافة الصورة عن
مركز عدسة العين

علاقة هندسية

العلاقة تقول: بأن غراباً بارتفاع: ش
= 25 سم وعلى بعد: س =
10 أمتار من العين ستتكون له صورة
بداخل عين إنسان معاصر ارتفاعها:
ص = 0.6 ملليمتر.



2.5 سم

طول الصورة: ص (سم) = ش (سم) ×

س (سم)



مجال الرؤية ومقابلته على الشبكية



مجال الرؤية الأيسر

مجال الرؤية الأيمن

التحديق

أوضح ما تكون الرؤية هنا

موضع الصورة المقلوبة للغراب على شبكية العين اليسرى

موضع الصورة المقلوبة للغراب على شبكية العين اليمنى

الشبكية الأتفية

منطقة عمياء

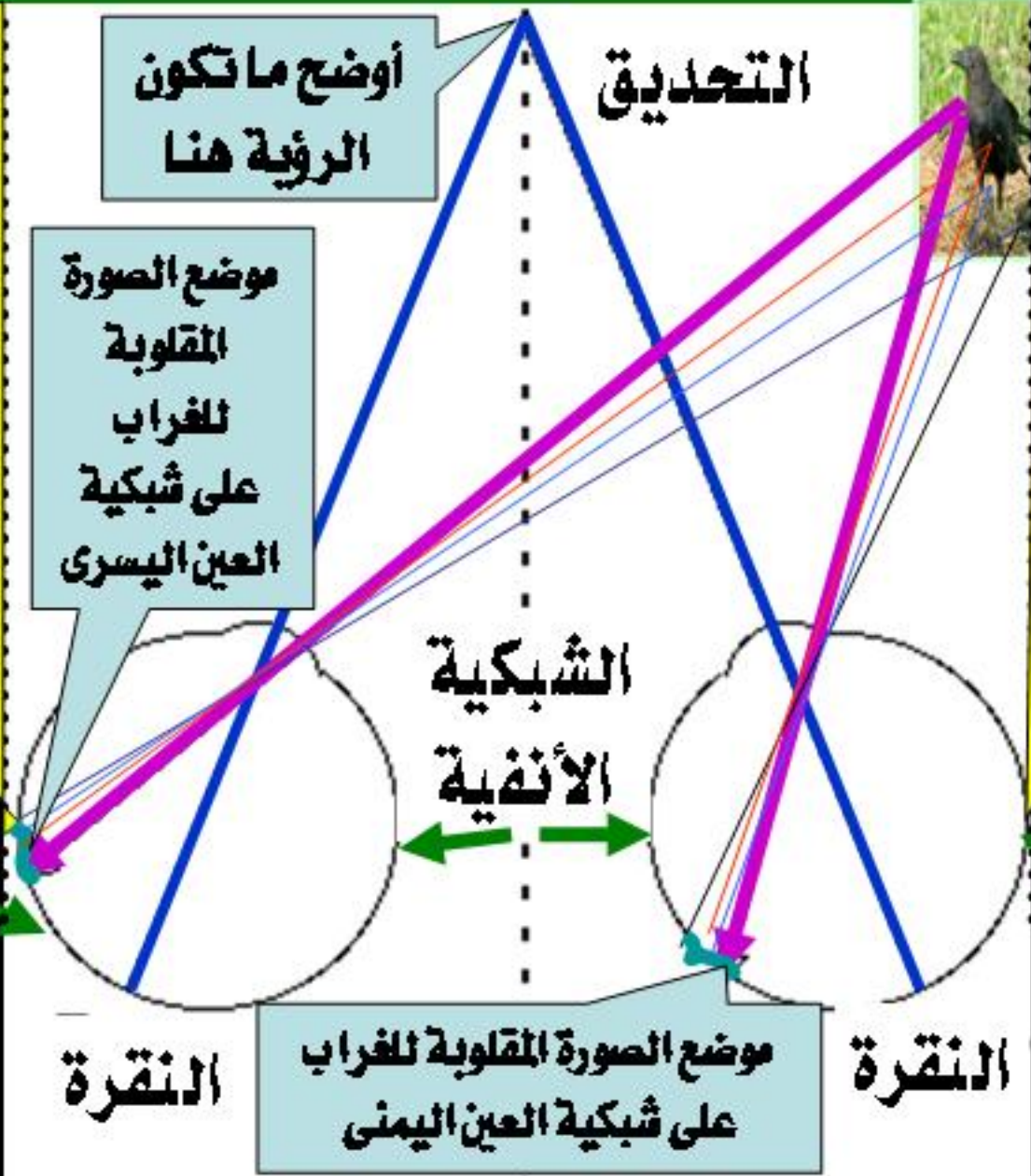
منطقة عمياء

الشبكية الصدفية

الشبكية الصدفية

النترة

النترة





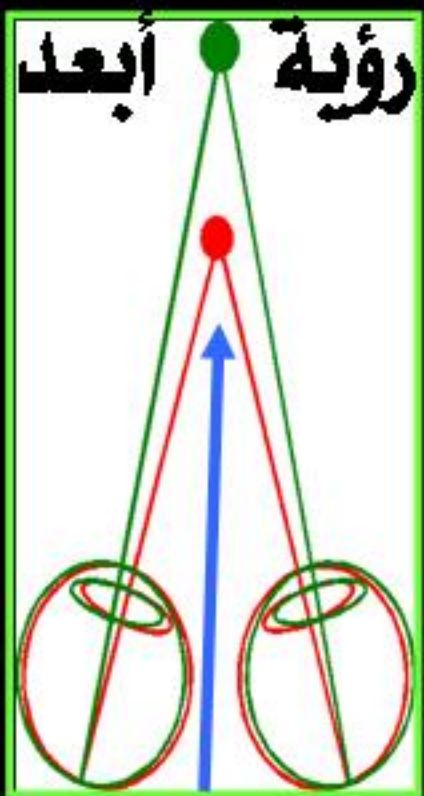
كثافة المخاريط وحدة الرؤية البصرية



تعتبر النقرة ، التي يبلغ قطرها لدى الإنسان المعاصر حوالي 300 - 400 ميكرومتر (μm) 0.3-0.4 ملم} ، المنطقة الحساسة لرؤية الأشياء بوضوح ، وتحتوي النقرة الإنسانية على عدد متفاوت من المخاريط ، وتختلف جداً بين الأفراد .

وقد وجد أنها تتراوح {في عينة مكونة من 7 أشخاص فقط} ، ما بين حوالي 100,000 مخروط إلى 324,000 في الملم² .

وقد لوحظ أن النسر له كثافة مخاريط أكبر بسبع مرات {حوالي مليون مخروط في ملم²} . لذلك ، فما يراه الإنسان بوضوح على مسافة 10 أمتار ، يستطيع النسر تمييزه ، وبذات الوضوح ، من على بعد 80 متراً .

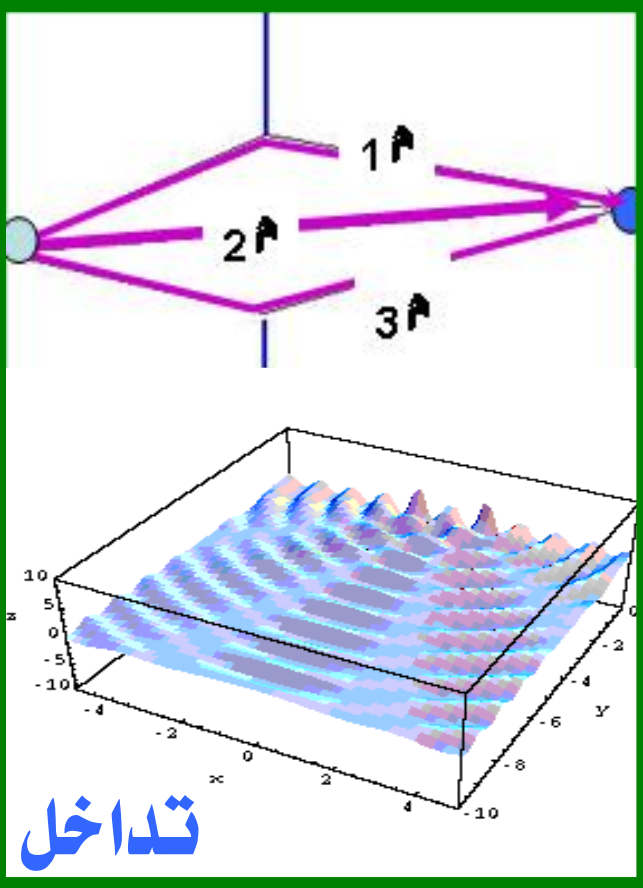


10 أثر تداخل الضوء على التمييز بين الأجسام



بما أن الضوء موجة، فيمكنه أخذ مسارات مختلفة لبلوغ نفس النقطة. وهو ما يؤدي إلى إحداث ظاهرة **تداخل الموجات المعروفة**. ولا يحصل هذا سوى في حال اختلاف المسارين بمقدار نصف موجة. وهذا يعني أن النقطة الضوئية ستتتشر على شكل قرص، وبالتالي فصورتا جسمين متقاربين ستتداخلان في بعضهما البعض، إلى درجة قد يصعب معها فرزهما.

ونُقاس **حدة العين** بقوتها التمييزية بين نقطتين منفصلتين على أقصر بعد منها، باستعمال معيار ريليج Rayleigh الفلكي التالي:



تداخل

$$(8) \quad (\lambda \cdot 1.22) / D = \alpha$$

حيث λ : طول الموجة الضوئية (حوالي 550 نانومتر) و D قطر بؤبؤ العين، α 8 ملليمتر بأكبر فرجة}. وبالتعويض في علاقة ريليج (7) نجد أن الفرز الزاوي لعين إنسان معاصر هو:

$$(9) \quad \alpha = 10 \times 8.4 \times 10^{-5} \text{ زاوية بنية (radians)} \approx 0.005 \text{ درجة قوسية}$$

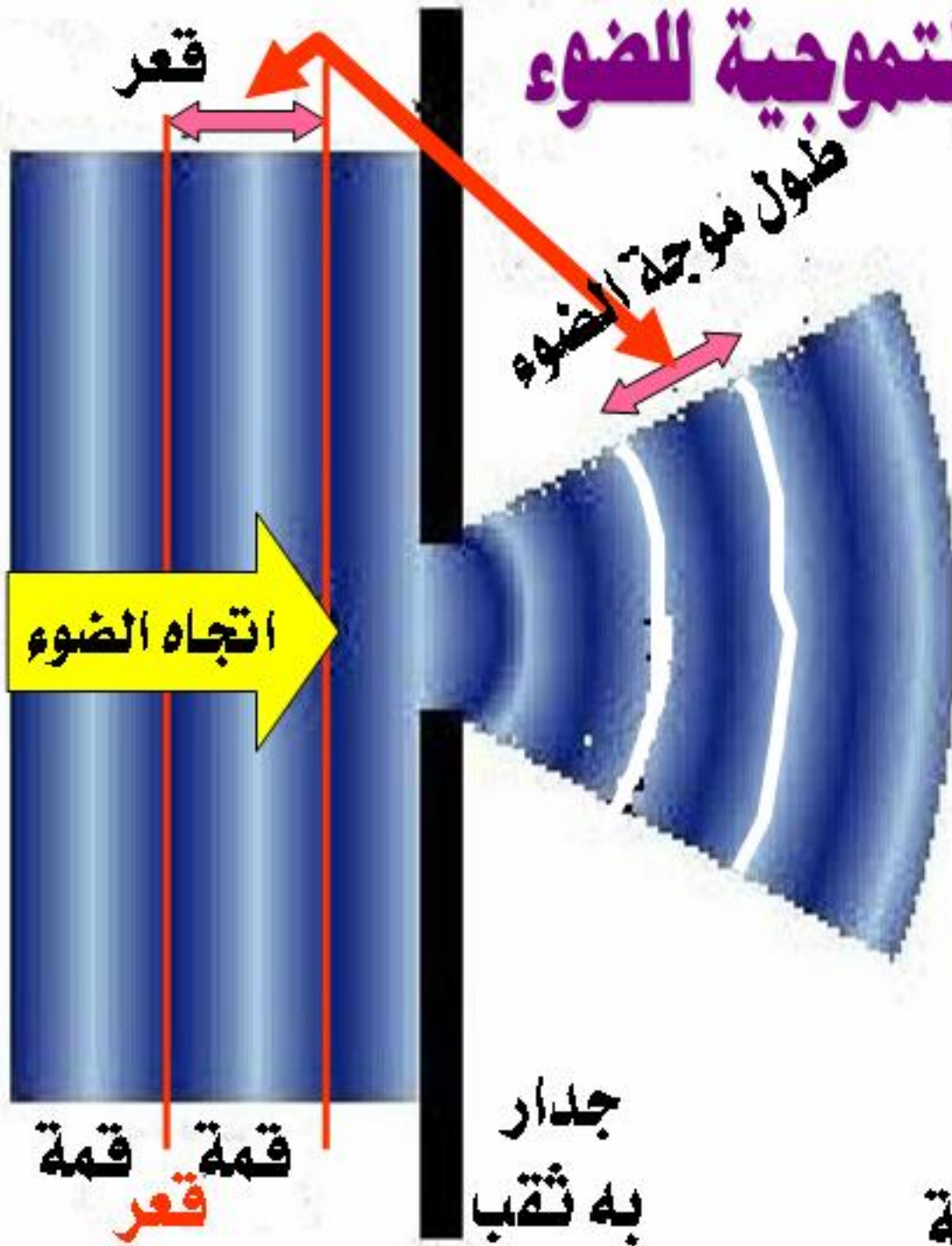
بعض الخواص التموجية للضوء



أقراص إيرى (Airy)



الصورة المكونة على الشاشة



جدار
به ثقب

شاشة

قمة
قعر



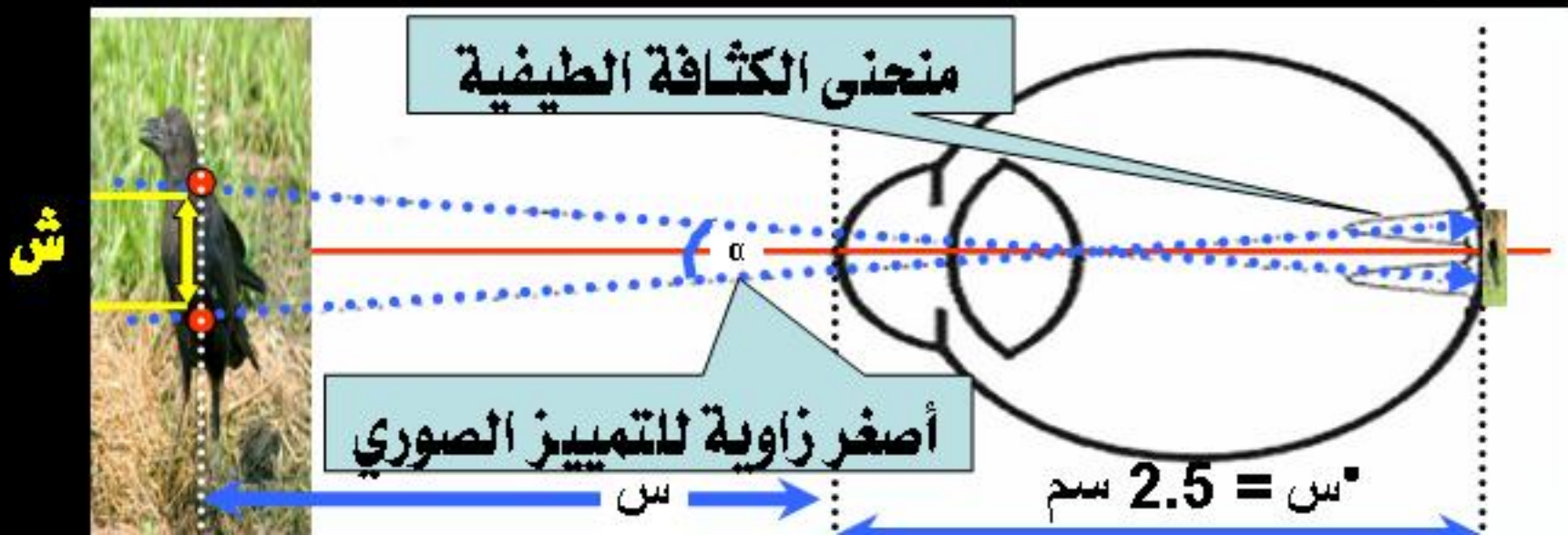
الفرز الزاوي لعين إنسان معاصر



12

ويتبين من العلاقة (9) أن أجساماً ارتفاعها **1** ملليمتر يمكن تمييزها من على بعد **10** أمتار من العين إذا ما فتح البؤبؤ بأكبر فتحته وهي **8** ملليمتر.

أما بفتحة عادية للبؤبؤ (**D = 3** ملليمترات)، فيمكن تمييز أجسام طولها **2.2** ملليمتر من على بعد **10** أمتار من العين بالنسبة لإنسان معاصر.





لكن ماذا عن حدة إبصار ابن آدم؟



وبالتالي إبصار والده الخيري المقترض؟

وهو موضوعنا اللاحق