

I Jornada d'eficiència energètica de L'Estany i
II Seminari de la Xarxa de suport a les accions de sostenibilitat energètica



Enllumenat públic amb LED

Noves tecnologies i experiències municipals

L'Estany,
17 de març de 2011



Ajuntament de l'Estany



Diputació
Barcelona

Àrea de Medi Ambient



EFFECTES DE LA LLUM ARTIFICIAL EN LA SALUT

Jesús Marín DOO

Dr. Carlos Vergés

Dr. Jorge Casal

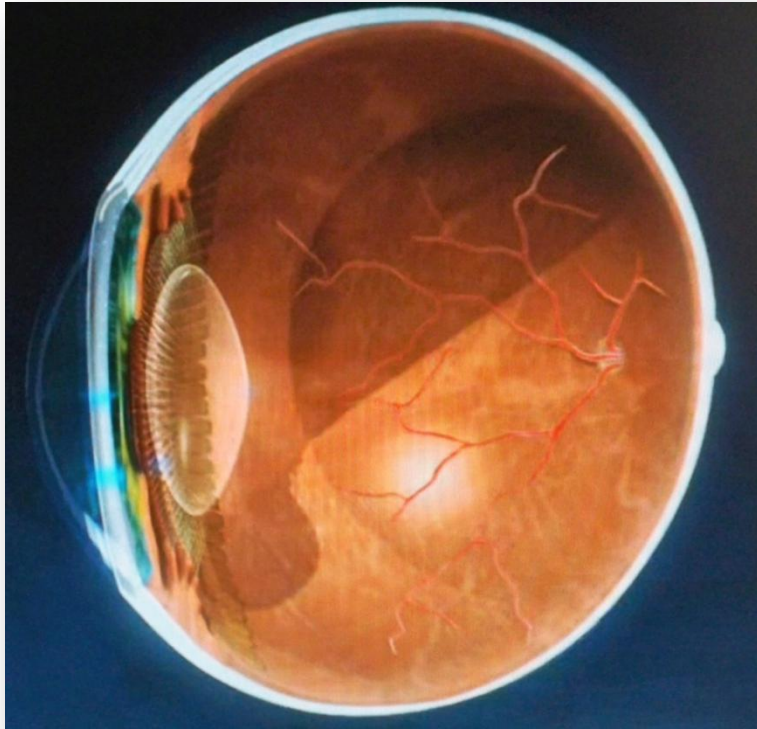


área
OFTALMOLÓGICA
avanzada

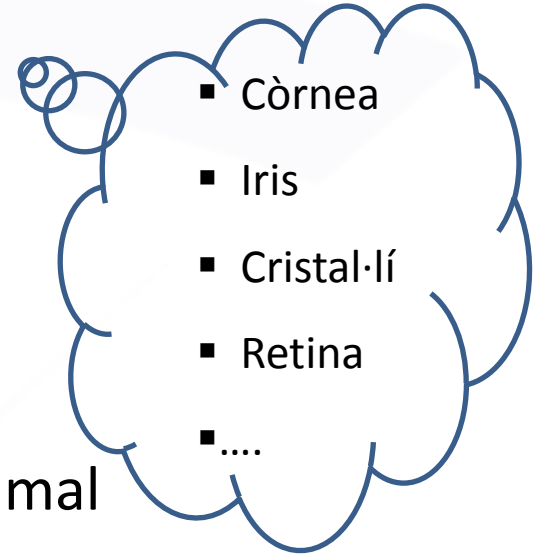
SISTEMA VISUAL



1. Llum travessa l'ull i forma la imatge retiniana
2. Estímul lluminós es transforma en estímul nerviós
3. Interpretació



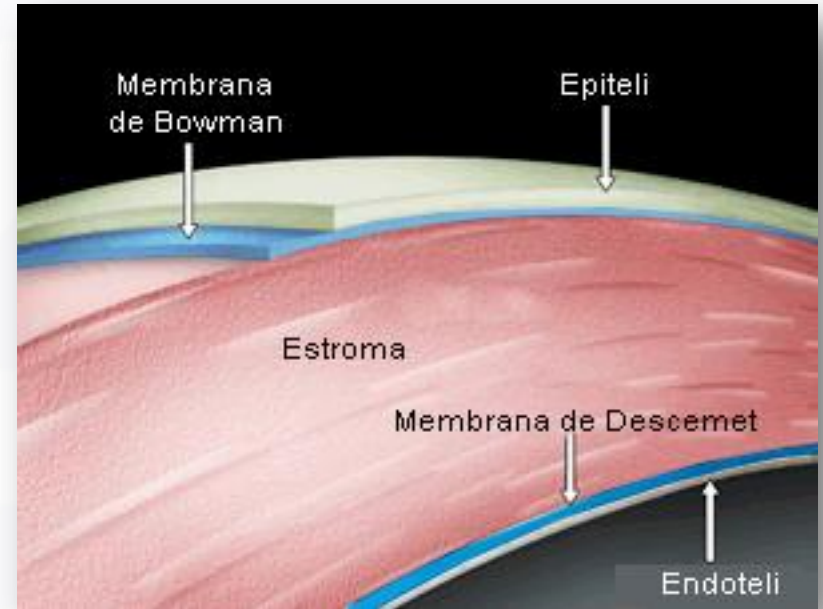
- ✓ Globo ocular
- ✓ Òrbita
- ✓ Pàrpelles
- ✓ Conjuntiva
- ✓ Aparell Llagrimal
- ✓ Músculs Extrínsecs



CÒRNIA

- Primer dioptri de l'ull
- Teixit avascular
- TRANSPARENT
- *Primer filtre natural de l'ull*

FILTRA LLUM < 295 nm



IRIS



- Compost per cèl·lules pigmentades i per cèl·lules musculars

- Delimita l'apertura central (pupila)

- Múscul dilatador pupila



MIDRIASIS

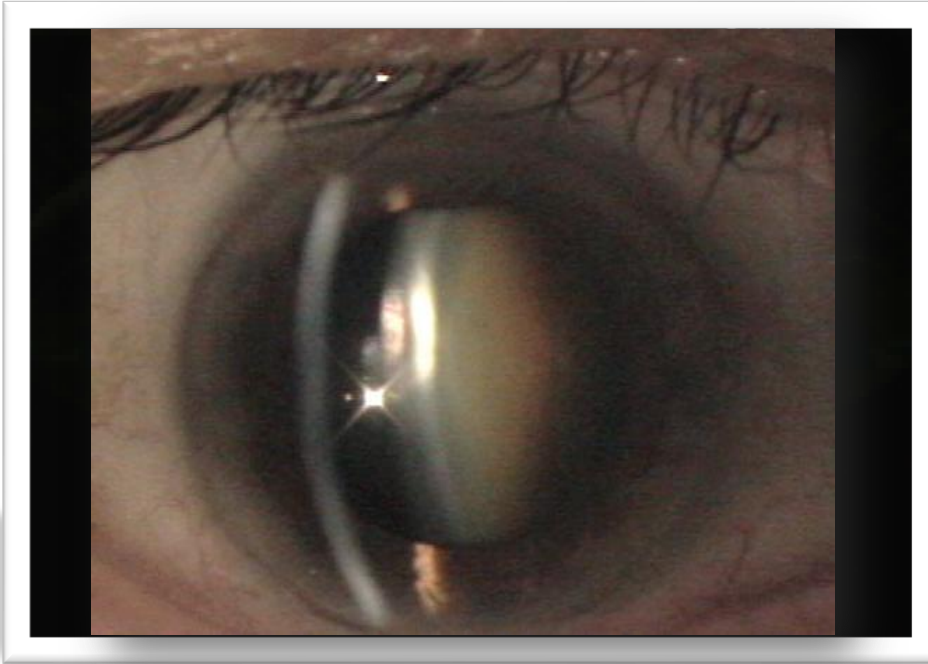
- Múscul esfínter de la pupila



MIOSIS

CONTROL DE LA CANTIDAD DE LLUM QUE ENTRA A L'ULL

CRISTAL·LÍ



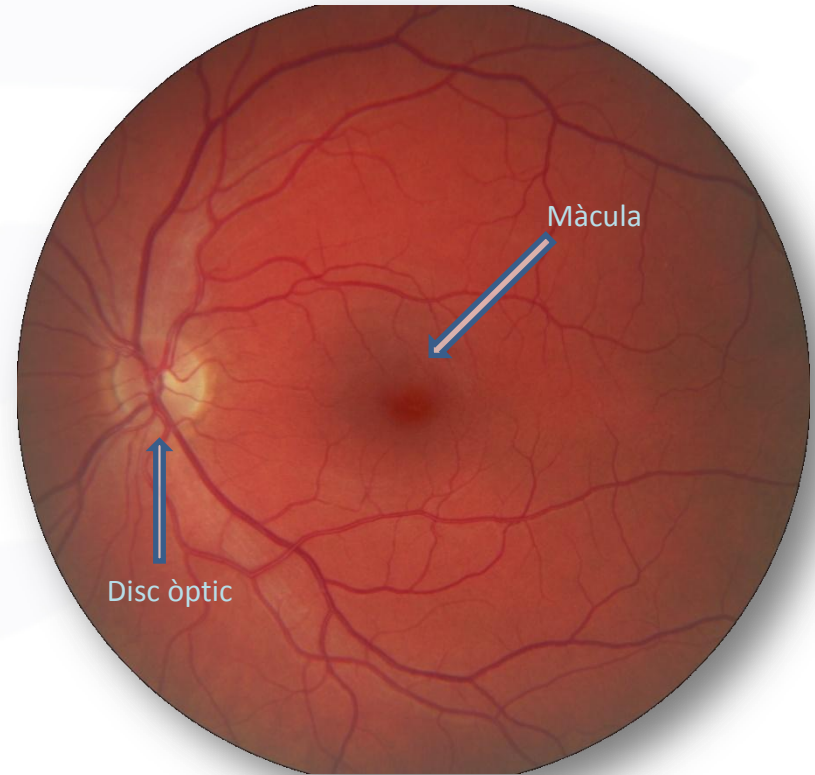
- Segon dioptri de l'ull
- Lent biconvexa
- Funció d'acomodació
- La llum UV pot accentuar riscos de cataractes
- *Segon filtre natural de l'ull*

FILTRA LLUM entre 320 i 400nm

FILTRA LLUM BLAVA

RETINA

- “Pel·lícula fotogràfica” de l’ull en 2D
- Recull estímul lluminós i el transforma en impuls elèctric.
- Estructura més sensible a possibles danys per la llum incident.



MÀCULA

Fibres nervioses

Cèl.ganglionars

Plexiforme interna

Nuclear interna

Plexiforme externa

Nuclear externa

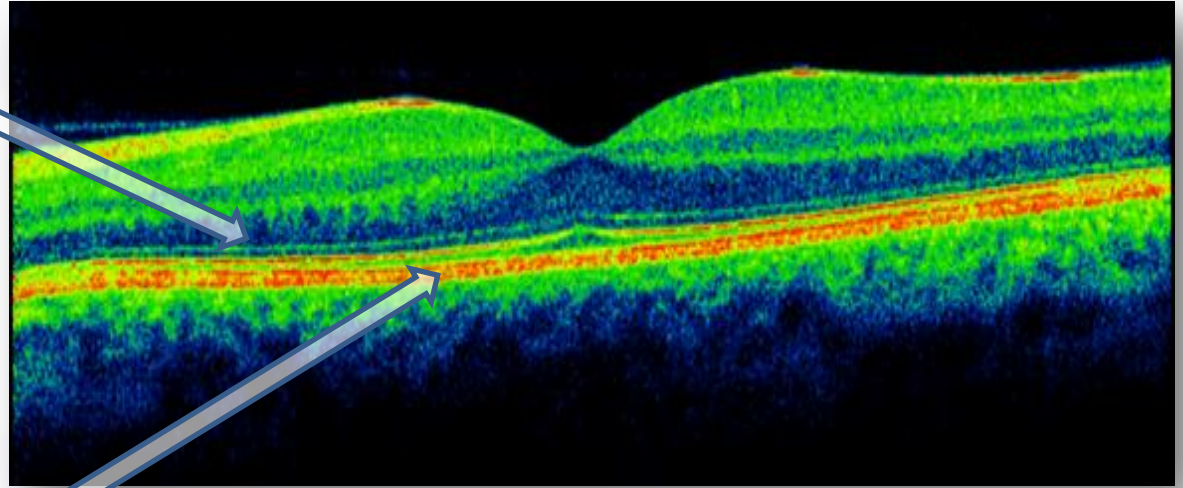
M limitant externa

Unió segm int/ext

Epiteli Pigmentari Retina

M Bruch / Coriocapilar

Vasos coroïdeos



FOTORECEPTORS



- Forma cil·lndrica
- Més sensible a longituds d'ona curtes
- Més sensibles a la llum (visió nocturna)
- Visió en blanc i negre
- Menor agudesa visual
- Adaptació més lenta als canvis d'il·luminació
- Fotopigment: rodopsina

- Forma cònica
- Més sensible a longituds d'ona llargues
- Menys sensibles a la llum (visió diurna)
- Visió en color
- Millor agudesa visual
- Adaptació més ràpida als canvis d'il·luminació
- Fotopigment: teoria tricomàtrica



Epiteli Pigmentari Retina (EPR)

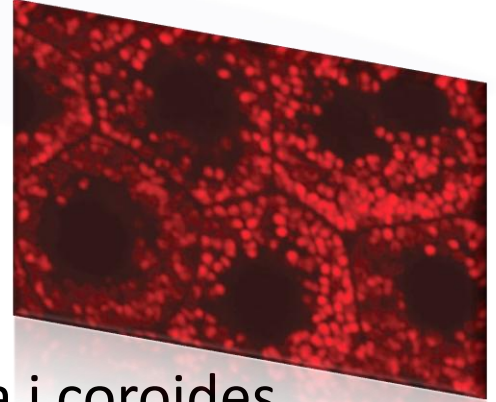
✓ Funcions:

Regeneració pigments

Fagocitació dels discos dels fotoreceptors

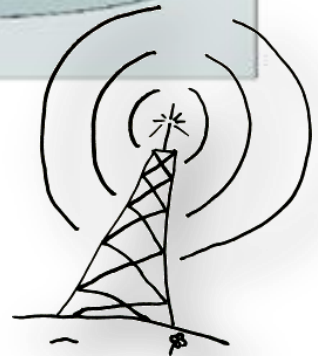
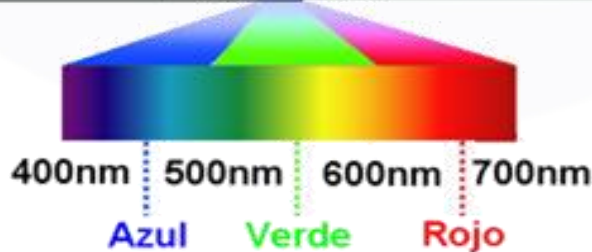
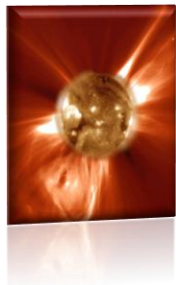
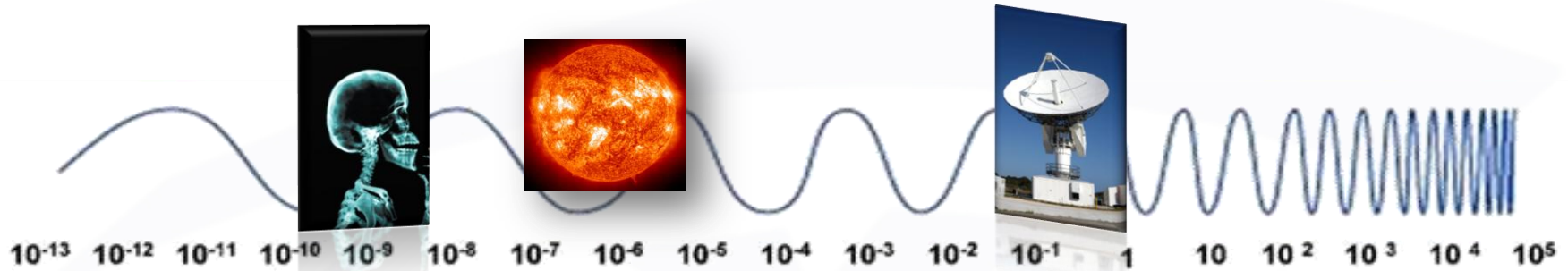
Regula l'intercanvi de compostos entre retina i coroides

- ✓ La seva activitat fagocítica es veu afectada per la *toxicitat lumínica* i pel metabolisme del O_2 → el material de desfet s'acumula en forma de lipofucsina.



Boulton M y cols. The role of the retinal pigment epithelium: topographical variation and ageing changes. Eye 2001; 15:384-9.

Espectre electromagnètic



Riscos oculars

- Retina estructura més sensible a possibles danys.
- Possibles riscos amb llum $\lambda = 400 - 1400$ nm:
 - *Estructurals*
 - *Tèrmics*: per increment de T^a del teixit de 10^o a 20^oC superior a temperatura ambient.
 - *Fotoquímics*: per radiació de longitud d'ona curta, influeix duració i intensitat estímul



NO ALARMAR-NOS

Photochemical damage of the retina.

Wu J, Seregard S, Algvere PV.

Department of Vitreoretinal Diseases, Saint Erik's Eye Hospital and Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden.

Abstract

Visual perception occurs when radiation with a wavelength between 400 and 760 nm reaches the retina. The retina has evolved to capture photons efficiently and initiate visual transduction. The retina, however, is vulnerable to damage by light, a vulnerability that has long been recognized. Photochemical damage has been widely studied, because it can cause retinal damage within the intensity range of natural light. Photochemical lesions are primarily located in the outer layers at the central region of the retina. Two classes of photochemical damage have been recognized: Class I damage, which is characterized by the rhodopsin action spectrum, is believed to be mediated by visual pigments, with the primary lesions located in the photoreceptors; whereas Class II damage is generally confined to the retinal pigment epithelium. The action spectrum peaks in the short wavelength region, providing the basis for the concept of blue light hazard. Several factors can modify the susceptibility of the retina to photochemical damage. Photochemical mechanisms, in particular mechanisms that arise from illumination with blue light, are responsible for solar retinitis and for iatrogenic retinal insult from ophthalmological instruments. Further, blue light may play a role in the pathogenesis of age-related macular degeneration. Laboratory studies have suggested that photochemical damage includes oxidative events. Retinal cells die by apoptosis in response to photic injury, and the process of cell death is operated by diverse damaging mechanisms. Modern molecular biology techniques help to study in-depth the basic mechanism of photochemical damage of the retina and to develop strategies of neuroprotection.



Evidències epidemiològiques
limitades o insuficients



Condicions exposició
Estil de vida
Antecedents genètics
Anatomia
...

Estudis de laboratori indiquen que
no es pot deixar de banda el
potencial de la radiació UV i de la
llum de λ curta.

(Remé et al 1996, 2005, Grim 2001)



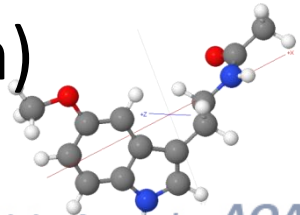
Sistema circadià i la llum blava

Cicles biològics que es repeteixen aproximadament cada 24h



p.ex: cicle de son-vigília, reposició d'ADN a les cèl·lules, secreció melatonina,...

Els principals fotoreceptors que es troben a l'inici d'aquest circuit tenen el seu màxim de sensibilitat espectral en $\lambda=460-480\text{nm}$ (blau/cian)



La llum blava en condicions escotòpiques



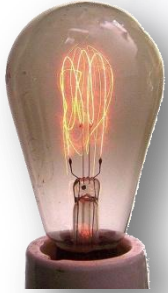
- Visió nocturna (0.01 cd/m^2)
- Fotoreceptors principals: bastons
- Bastons són més sensibles a ones blaves



Es creu que l'enllumenat hauria d'incrementar continguts de blau

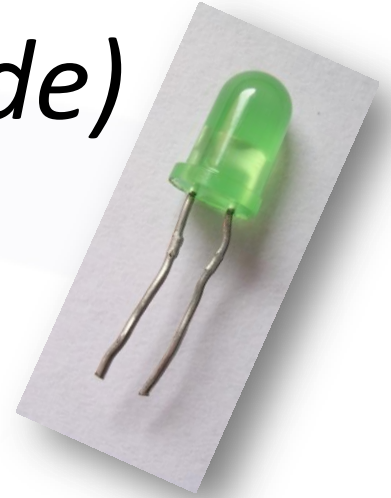


Evolució Lampares



L'enllumenat exterior està experimentant un canvi important cap a l'augment de l'ús de font de llum blanca

LED (*Light-Emitting Diode*)



- ☺ BAIX CONSUM
- ☺ ELEVADA EFICIÈNCIA
- ☺ DURABILITAT
- ☺ ECOLÒGICA
- ☺ ...

- ☹ ALTA INTENSITAT LLUMINOSA
- ☹ MAJOR PROPORCIÓ DE LLUM

BLAVA

RISCOS DE LLUM LED

☹️ ALTA INTENSITAT LLUMINOSA ⇒ MÉS RISC D'ENLLUERNAMENT



DISCONFORT VISUAL

☹️ MAJOR PROPORCIÓ DE LLUM BLAVA

Riscos llum blava

- Experiments amb cèl·lules i animals han mostrat la toxicitat sobre la retina, en especial sobre l'Epiteli Pigmentari de la Retina.
- Població de més risc:
 - *Nens*: el cristal·lí encara no filtra eficaçment la llum
 - *Afàquics, pseudofàquics*
 - *Treballadors de il·luminació,...*



Blue light from light-emitting diodes elicits a dose-dependent suppression of melatonin in humans.

West KE, Jablonski MR, Warfield B, Cecil KS, James M, Ayers MA, Maida J, Bowen C, Sliney DH, Rollag MD, Hanifin JP, Brainard GC.

G. Brainard, Dept. of Neurology, Thomas Jefferson Univ., Philadelphia, Pennsylvania 19107. george.brainard@jefferson.edu.

Abstract

Light suppresses melatonin in humans, with the strongest response occurring in the short-wavelength portion of the spectrum between 446 and 477 nm that appears blue. Blue monochromatic light has also been shown to be more effective than white light. Light exposure has been described as risk factors for astronauts and NASA ground control performance. Prior to exposing subjects to short-wavelength light from LEDs, a hazard assessment of exposure to the blue LED light was confirmed by an independent hazard analysis. Subsequently, a fluence-response curve was developed for plasma melatonin suppression by different irradiances of blue LED light. Subjects with freely reactive pupils were exposed to blue LED light for 2 hours and quantified for melatonin. The results demonstrate that in humans, blue LED light causes melatonin suppression in healthy subjects ($P < 0.0001$). The data were fitted with a sigmoidal curve showing that melatonin suppression with $40 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ from 446 nm LEDs is equivalent to that of white LED light may be stronger than $4,000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ of white light.

Reuters. 2009 Oct

Un exceso de luz artificial por la noche conduce a síntomas depresivos, según un estudio.

[23/10/2009]

Así concluye un estudio realizado en ratones por investigadores de la Universidad del Estado de Ohio y que se ha presentado durante la reunión anual de la Asociación de Neurociencia estadounidense celebrada en Chicago (Estados Unidos).

Los investigadores descubrieron que los ratones que vivían en habitaciones con luz las 24 horas del día mostraban más síntomas depresivos que aquellos que tenían un ciclo de luz-oscuridad normal. Sin embargo, los ratones que vivían bajo una luz constante pero que podían escapar a un tubo oscuro y opaco cuando querían mostraban menos evidencias de síntomas depresivos que aquellos que sólo contaban con un tubo transparente en su espacio.

Según los investigadores, los resultados apuntan a que se debería prestar más atención a cómo afecta la luz artificial a la salud emocional de los humanos, que explican que el aumento en las tasas de trastornos depresivos se corresponde con el incremento del uso de luces por la noche en las sociedades modernas.

En el estudio participaron 24 ratones macho, la mitad en contenedores con 16 horas de luz y 8 de oscuridad y la otra mitad expuestos a la luz todo el día. La mitad de cada grupo contaba con tubos opacos en sus refugios que les permitían escapar de la luz cuando lo deseaban, la otra mitad contaba con tubos similares pero claros que dejaban pasar la luz.

anses
French agency for food, environmental
and occupational health & safety



CELMA

CONCLUSIONS

A large, faint, light blue graphic of a human eye is centered in the background of the slide. The eye is stylized with smooth, curved lines for the eyelids and a simple shape for the iris and pupil.