

DIGITAL Image Processing (ELINS / MII 4203)

Lecture 2 : Human Visual Systems

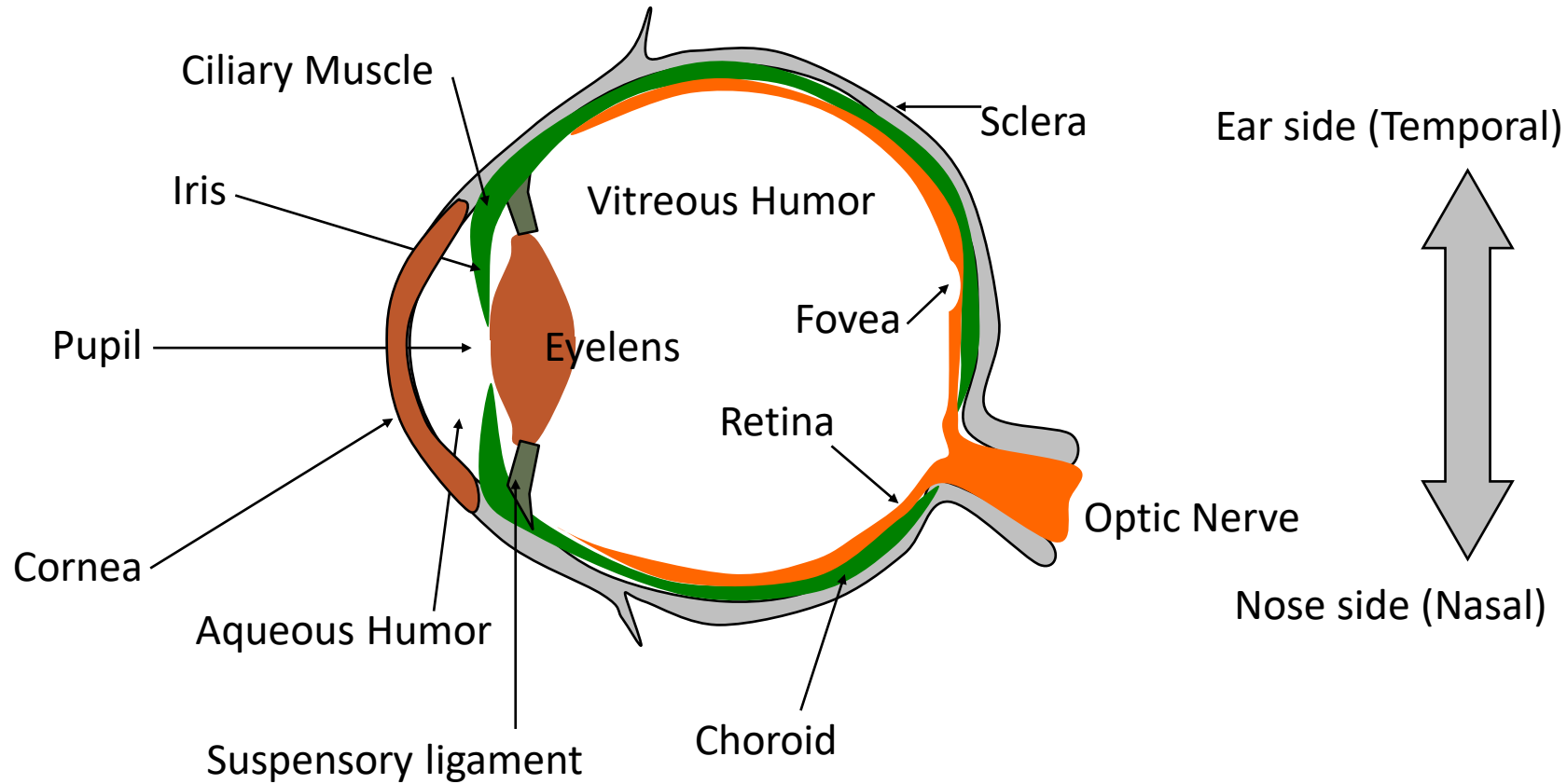
IKA CANDRADEWI, M.CS

ELECTRONICS AND INSTRUMENTATION

UNIVERSITAS GADJAH MADA



Human Visual Systems



Mata Manusia adalah sebuah sistem .

Human Visual Systems

- DIP : membantu seseorang mendapatkan informasi visual dari suatu image, sehingga penting untuk mengetahui HVS

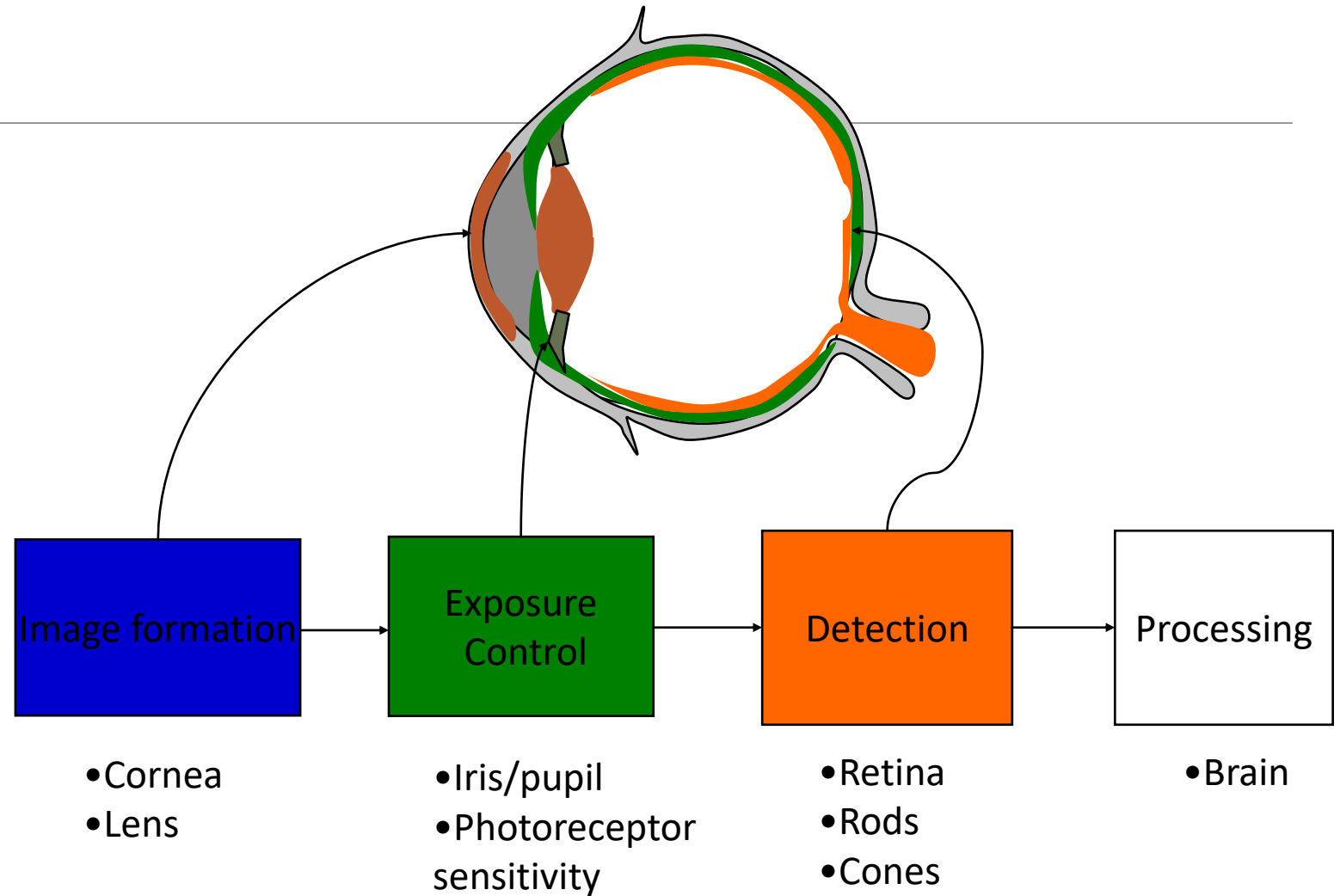
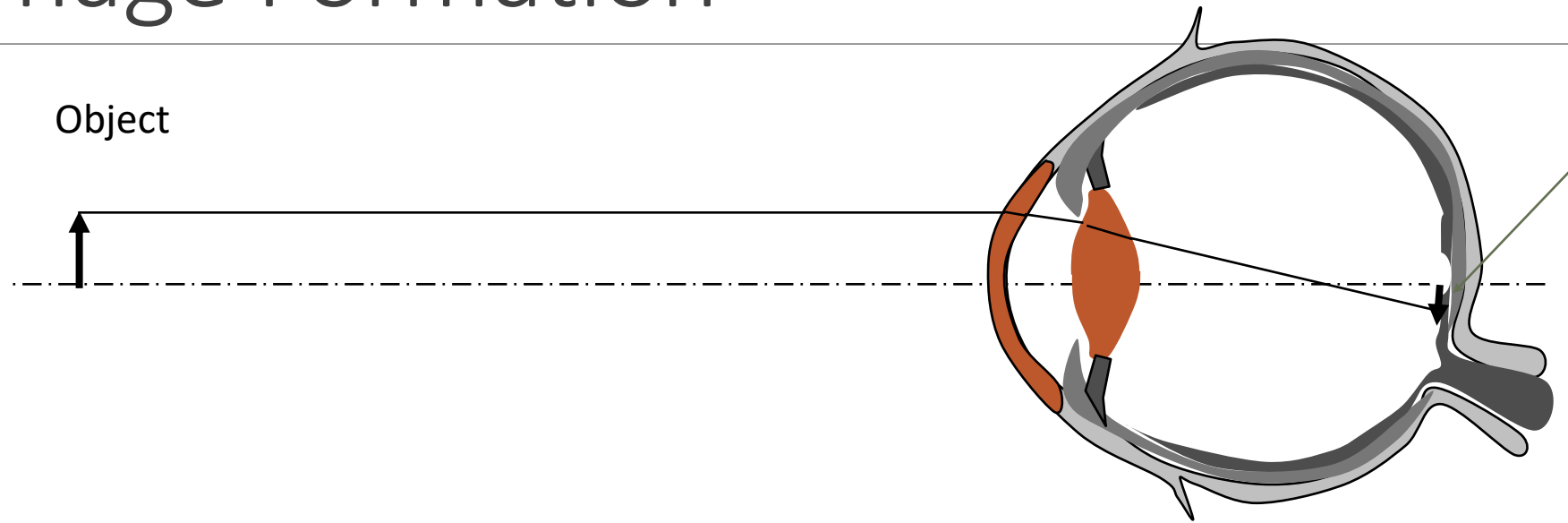


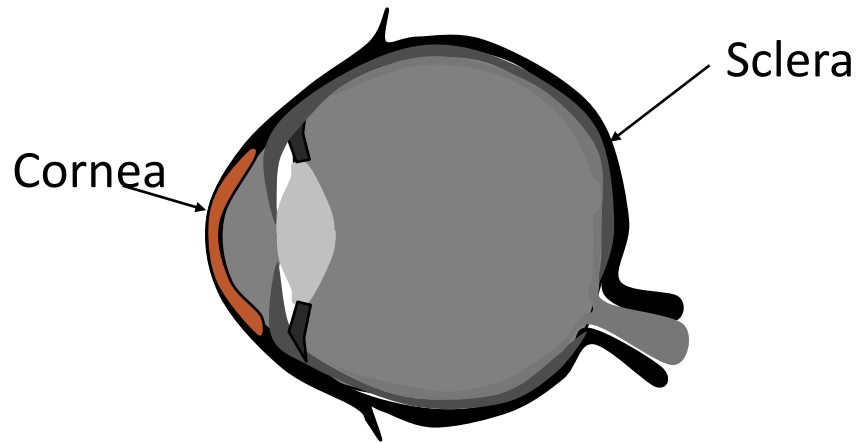
Image Formation



Permukaan cembung dari mata, memfokuskan citra ke bagian permukaan belakang dari mata

Pola pengelihatan dihasilkan dari distribusi *discreate light receptors* yang tersebar pada permukaan retina

Cornea

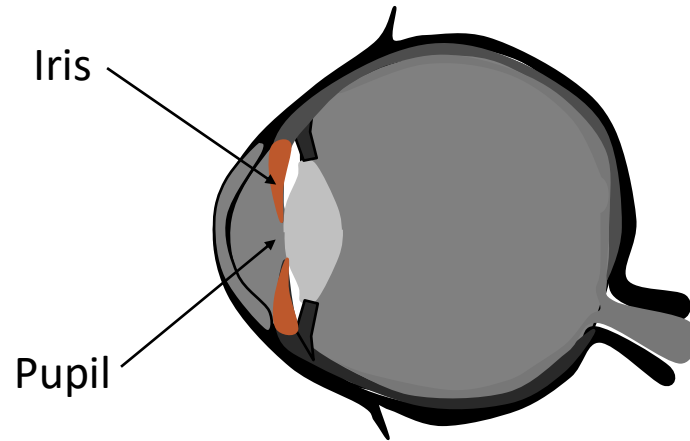


Dinding terluar dari mata dibentuk dari bagian paling keras (sclera)

Cornea adalah bagian paling jelas dari sclera

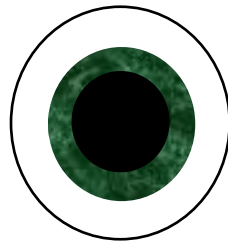
2/3 dari proses refraksi terjadi pada cornea

Iris and Pupil

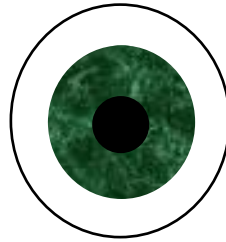


Iris mengontrol besarnya pembukaan pupil dimana cahaya masuk

Pupil menentukan banyaknya cahaya, seperti aperture pada kamera

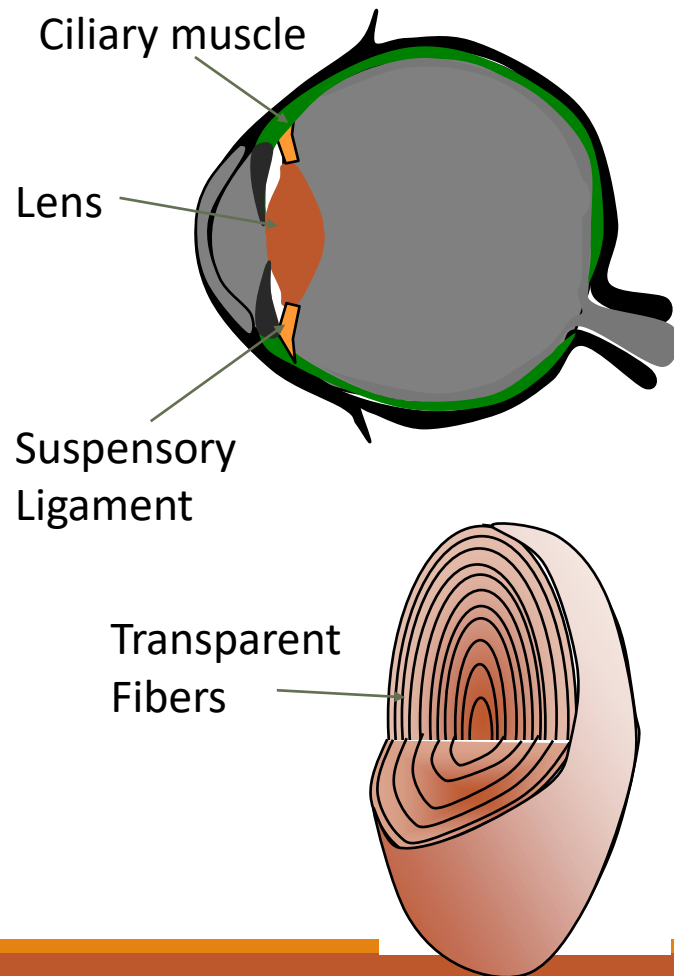


Iris open
Dilated pupil



Iris closed
Constricted pupil

Lens



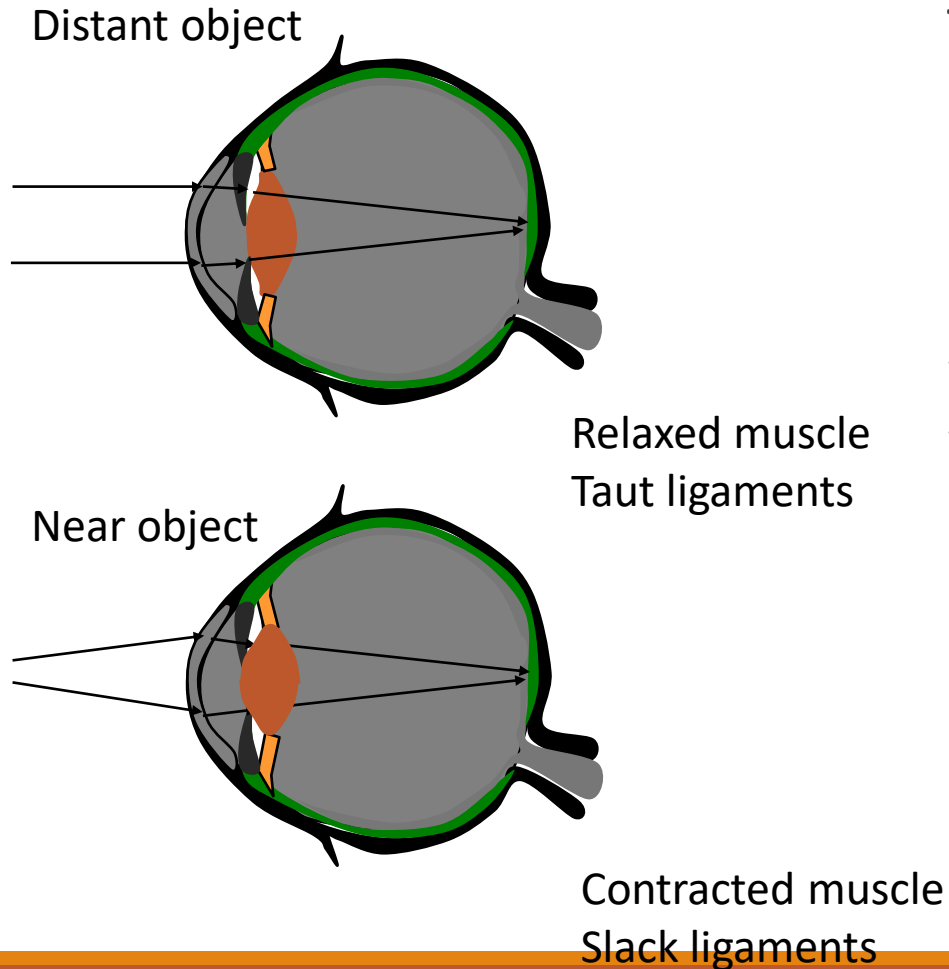
Lensa mata terbuat dari serabut transparan dengan membrane yang transparan

Kelenturan dengan ligament suspensory

Digunakan untuk mekanisme memfokuskan pada mata; menyiapkan $\frac{1}{3}$ kekuatan refracting mata.

Cross section of the eye lens

Accomodation

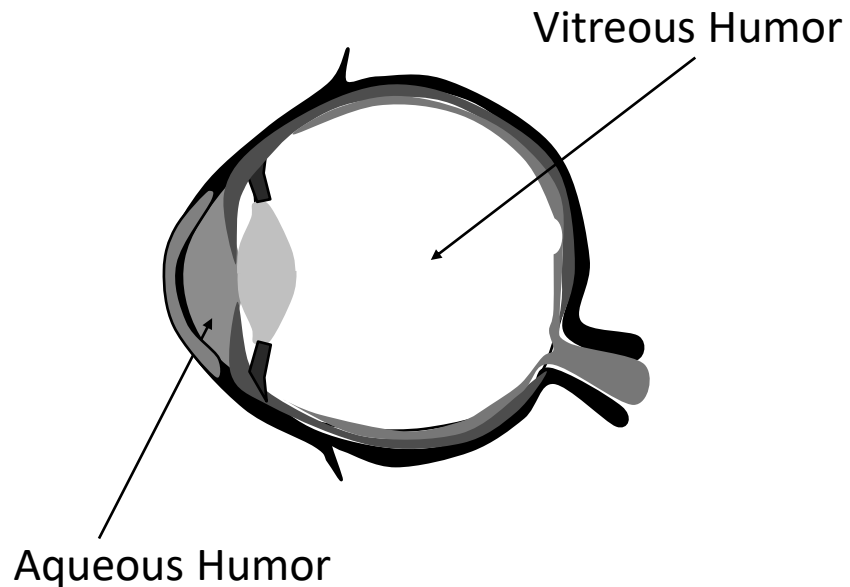


The *suspensory ligaments* menghubungkan lensa dengan *ciliary muscle*

Ketika muscle berkontraksi, lensa menonjol kebelakang, menurunkan panjang focal, → untuk melihat obyek yang dekat

Proses berubahnya bentuk lensa mata untuk memfokuskan obyek disebut akomodasi

Aqueous Humor and Vitreous Humor

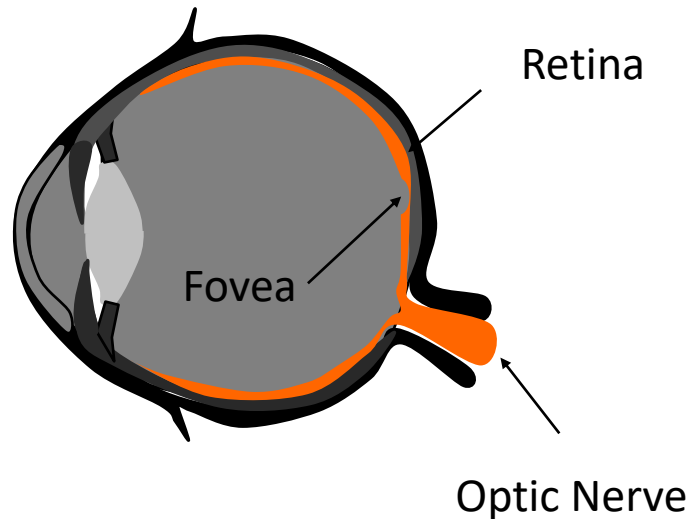


Cairan gelatin transparan yang mengisi mata

Menyediakan nutrisi bagi cornea dan lensa mata

Juga menjaga bentuk bola mata dengan tekanannya

Retina



Retina adalah detector is the photosensitive mata

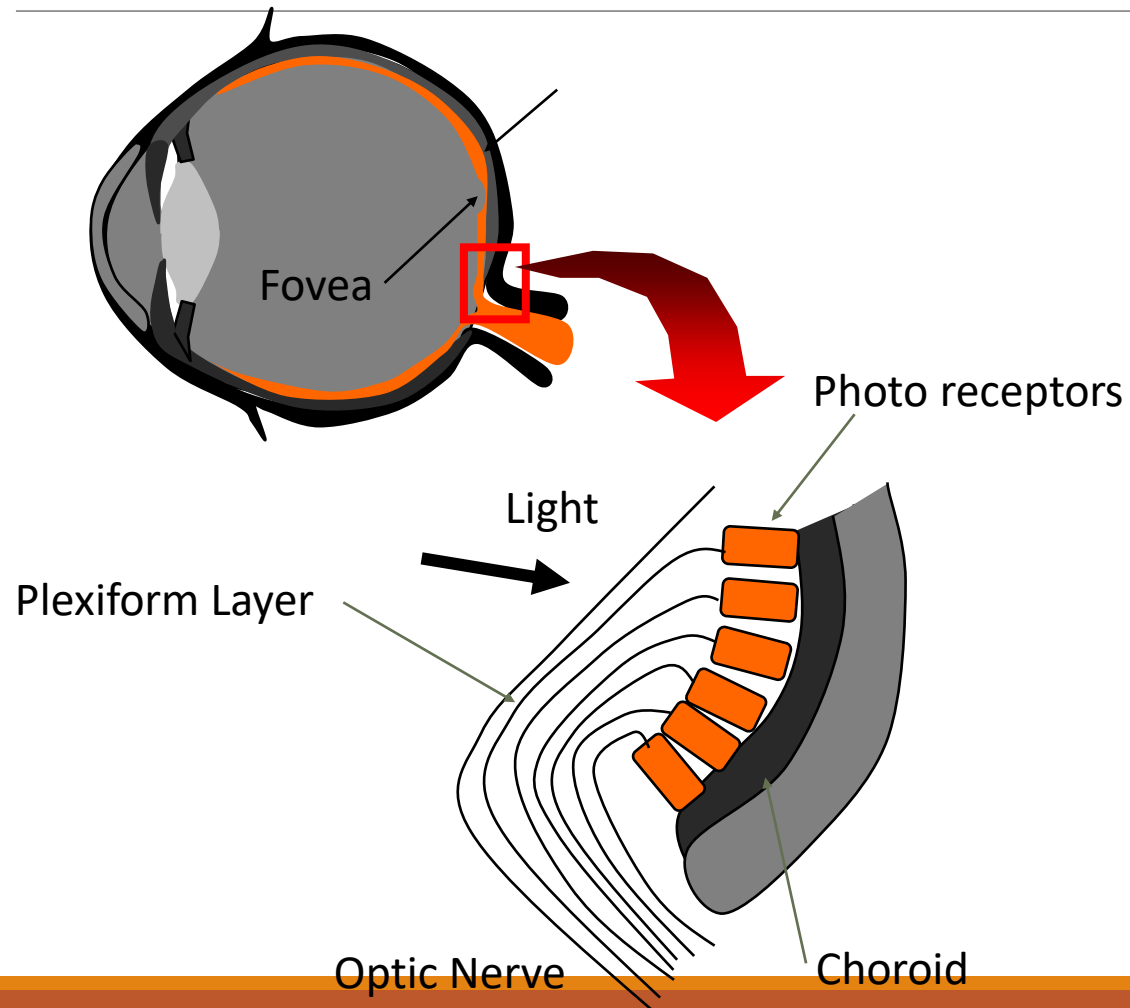
Ada 2 tipe reseptor :

1. *rods* for low light level
2. *cones* for color.

Terletak pada pusat retina, fovea terdiri dari konsentrasi cones ang lebih besar

Sinyal dari reseptor berjalan sepanjang syaraf optic ke otak.

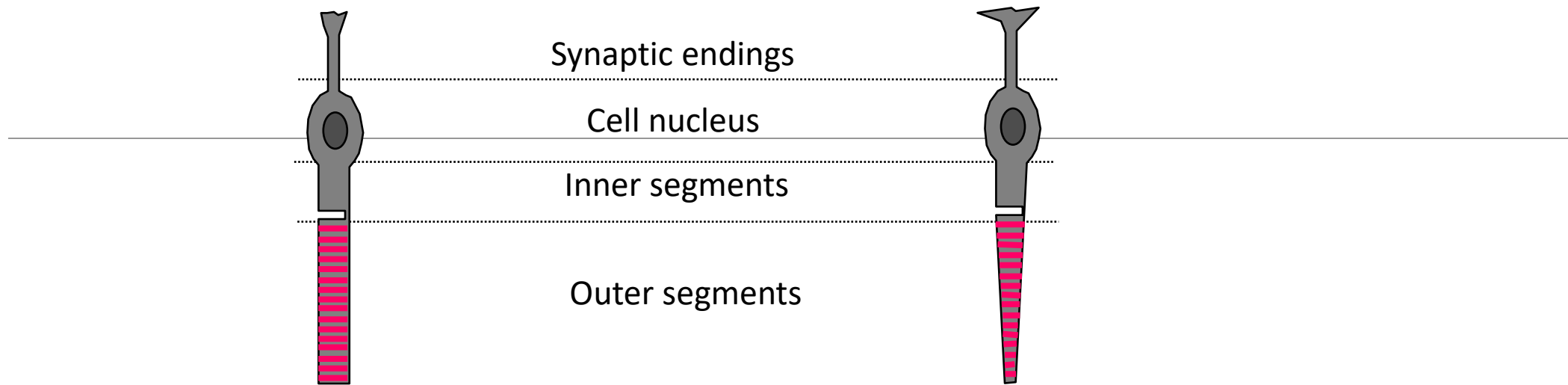
Plexiform Layer



Retina is Terbuat dari 3 layer:

- *Plexiform layer* : jaringan syaraf yang membawa sinyal dari foto receptor.
- *Choroid* menyediakan nutrisi bagi reseptor, sebagai contoh penyerapan cahaya yang tidak terjadi pada photo receptor.

Rods and Cones



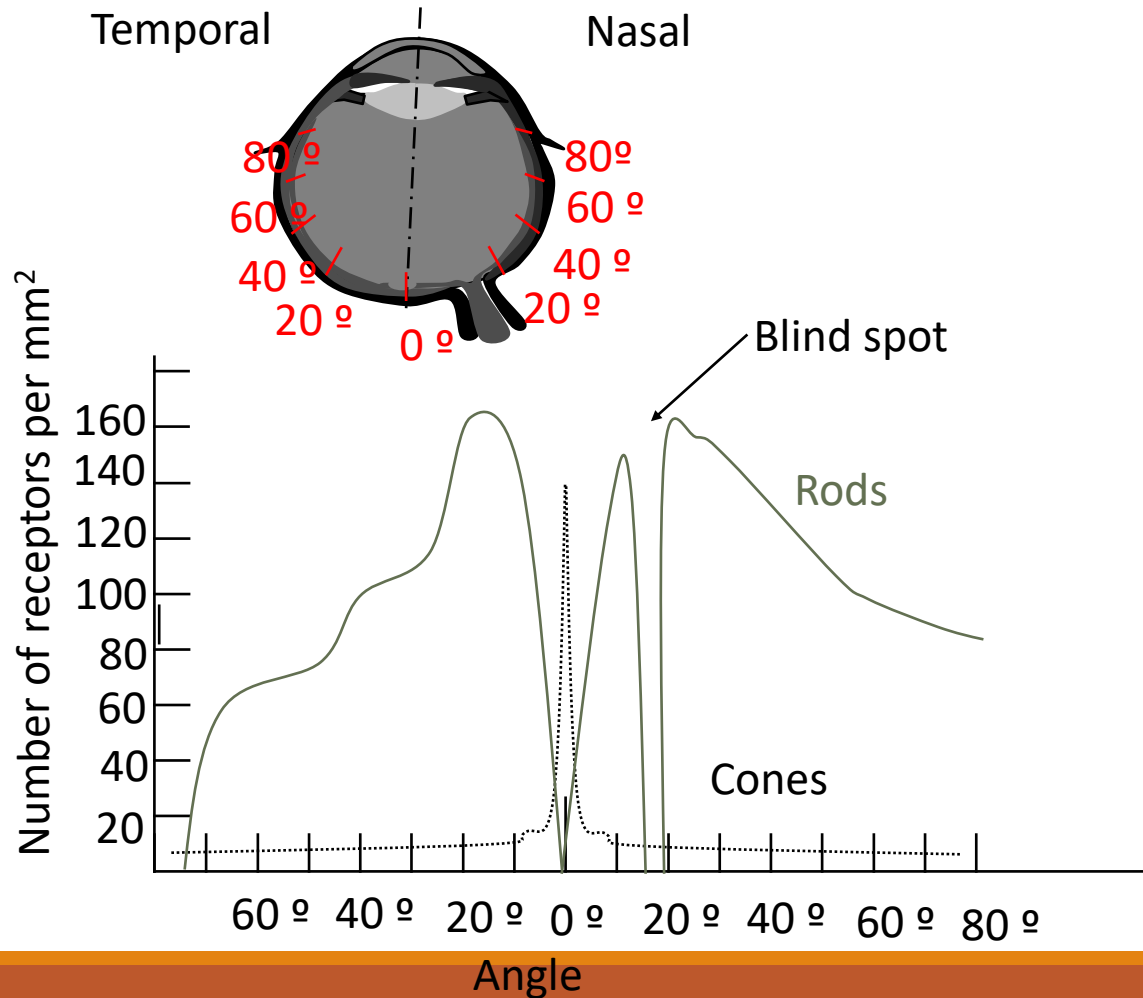
Rod

- ❑ Sangat Sensitif terhadap pencahayaan level rendah atau *scotopic* conditions.
- ❑ Black and white. (color blind)
- ❑ lower resolution
- ❑ Tersebar pada periphery dari retina (permukaan retina)

Cone

- ◆ Sensitif terhadap level pencahayaan yang tinggi atau *photopic* conditions.
- ◆ 3 diantara cones bertanggung jawab pada warna.n (color reseptor)
- ◆ High resolution in fovea
- ◆ Concentrated in the fovea.

Struktur Mata manusia – Distribusi Photoreceptor



- Cahaya melewati cornea, iris, lensa dan membentuk citra di retina
- Blind Spot, dimana tidak ada photoreceptor,
- 2 tipe photoreceptor pada retina :
 1. **Kumpulan Cones di fovea**, untuk mendeteksi warna pada cahaya yang terang – **photopic vision**
 2. Rods yang tersebar di mata bagian belakang (didominasi di periphery), vision umum – **scotopic vision**

Human Vision

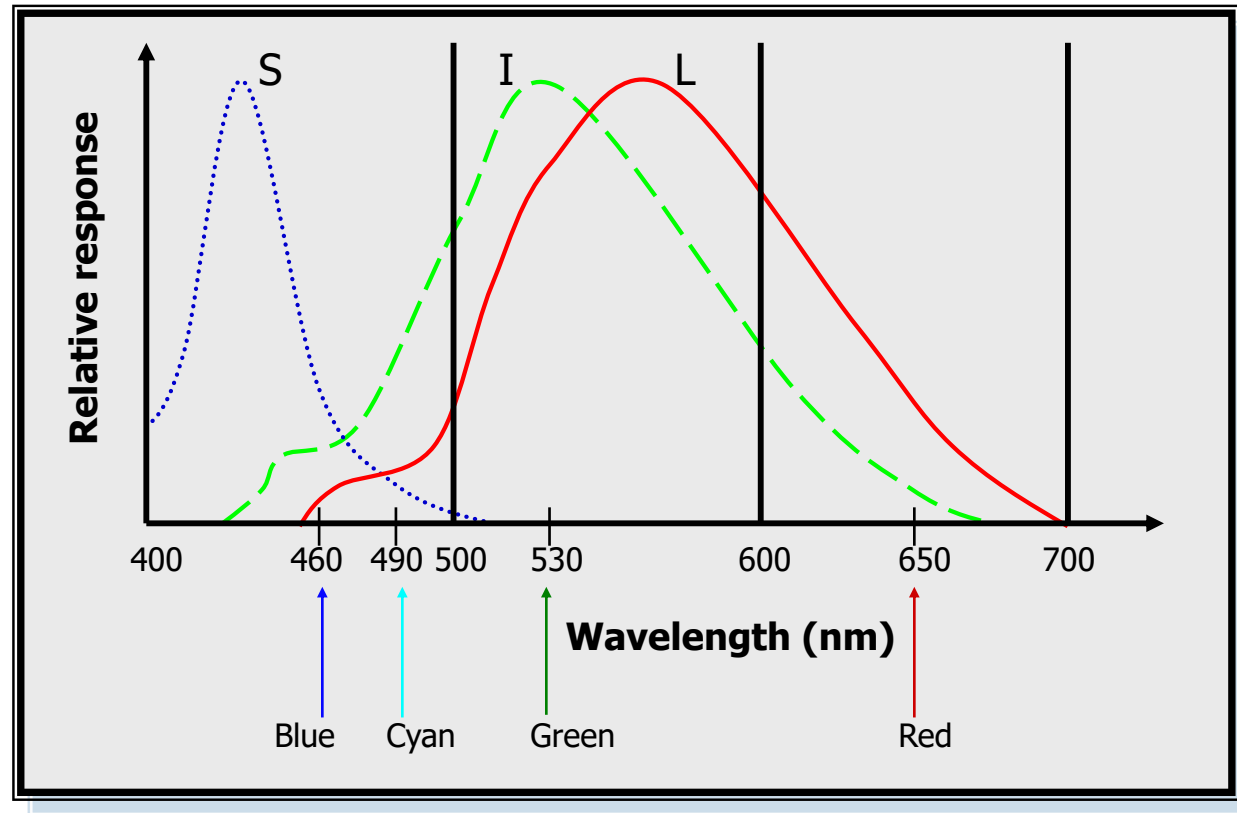
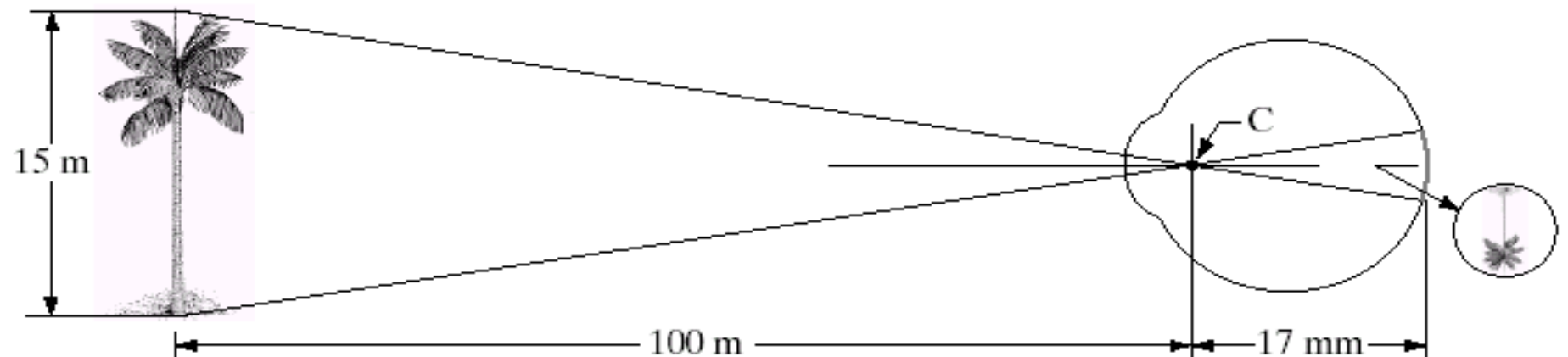


Image Formation

- ❑ jarak antara pusat lensa dengan retina (focal length), bervariasi antara 14 – 17 mm
- ❑ Ketika obyek berjaran 3 M atau lebih , $f = 17$ mm dengan kekuatan refractive yang paling rendah.
- ❑ Image di retina direfleksikan pada area fovea.
- ❑ Jika h adalah tinggi dalam mm dari obyek pada image di retina maka Besarnya image $h = 17(\text{mm}) \times (15/100) = 2,55$ mm

FIGURE 2.3

Graphical representation of the eye looking at a palm tree. Point C is the optical center of the lens.



Visual Psychophysics

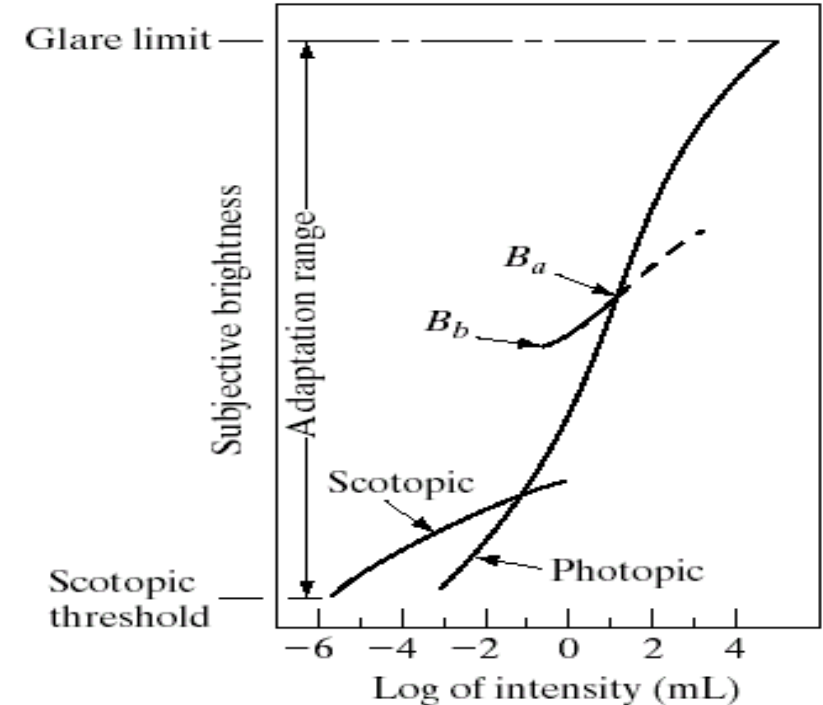
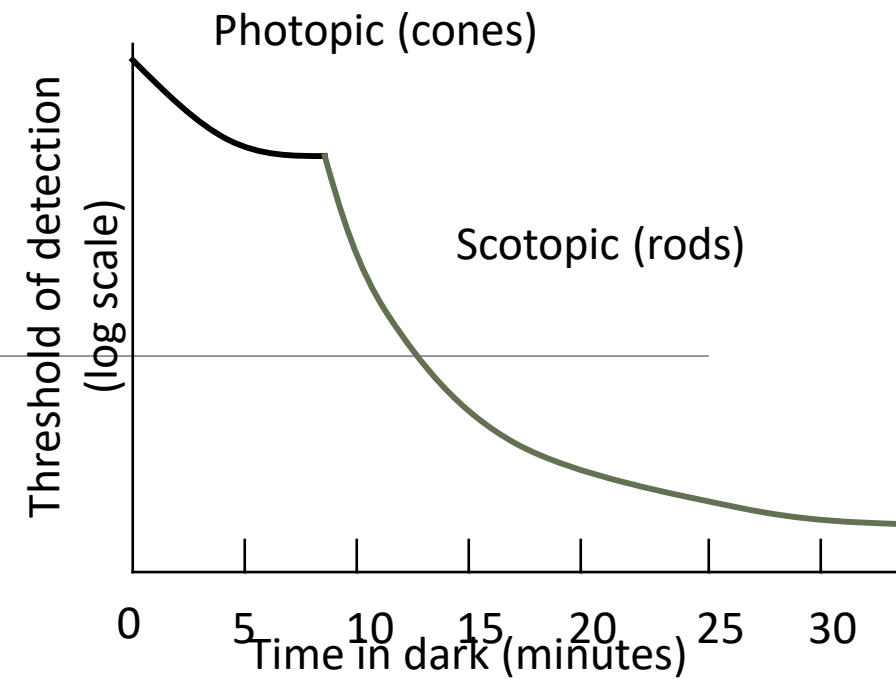
- ❑ Pemodelan sistem vision seperti sistem input – output
 - ❑ Stimulasi Visual : input
 - ❑ prescribed sensations: output.
- ❑ Visual psychophysics:
 - ❑ Karakteristik respons dari human visual systems terhadap stimulasi yang berbeda

Visual Psychophysics

- ❑ Brightness Adaptation
- ❑ Spatial Threshold Vision
 - ❑ Weber ratio
 - ❑ Visual Masking
 - ❑ Mach Effect
- ❑ Temporal vision
- ❑ Frequency Threshold Vision

Adaptasi Kecerahan (Brightness Adaptation)

- HVS dapat melihat jangkauan intensitas yang besar (10^{10}) – 1, photopic vision berada pada range 10^6 – 1 (mL → millilambert)
- Tapi jangkauan persepsi intensitas yang terjadi secara simultan jauh lebih kecil
- Jika suatu saat seseorang pada intensitas B_a (outside) dan berjalan ke dalam teather yang gelap, dia hanya dapat membedakan hingga B_b . Dibutuhkan waktu yang cukup lama agar mata untuk scotopic vision dapat di tingkatkan.
- Pergantian kondisi secara cepat di kondisi gelap ini membutuhkan waktu 7 menit agar cones dan rod berganti,

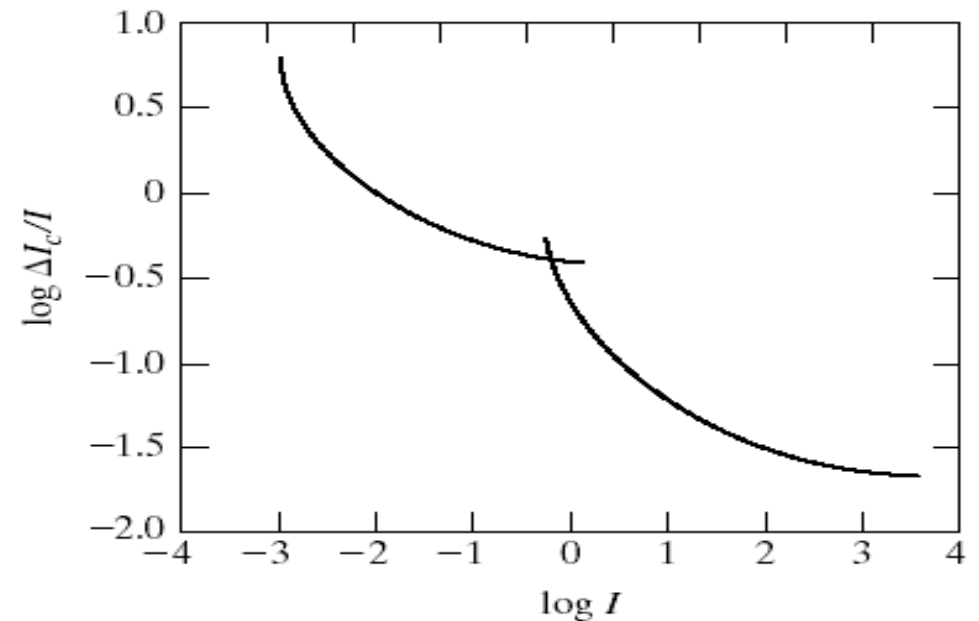
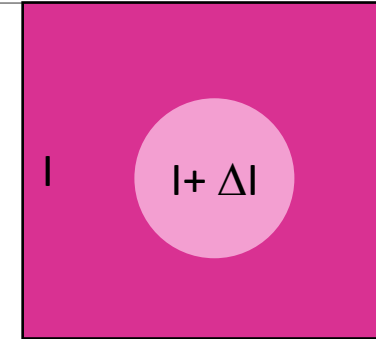


Rasio Weber

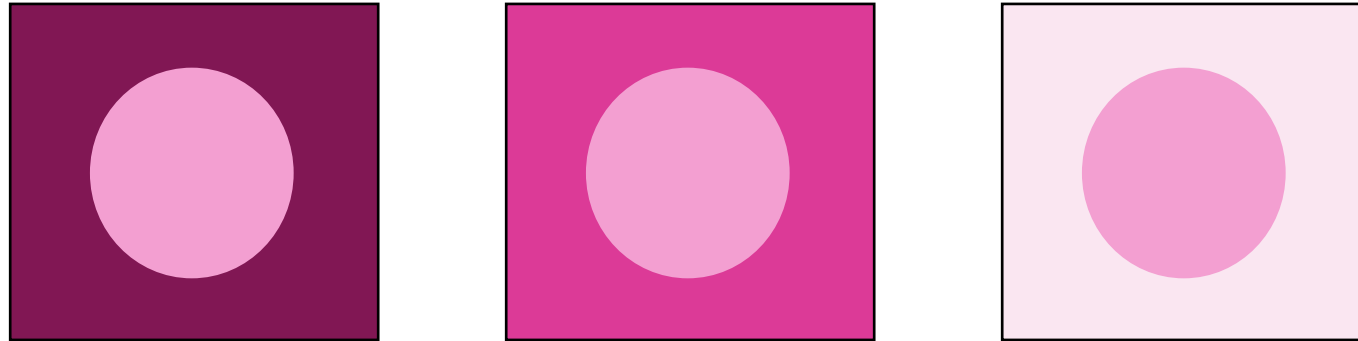
HVS sensitif terhadap perbedaan intensitas yang dibedakan oleh perbedaan intensitas

Weber ratio: $\Delta I/I$: hanya memberikan catatan tentang perbedaan intensitas vs intensitas background

Dalam suatu fungsi Log I



Simultaneous Contrast

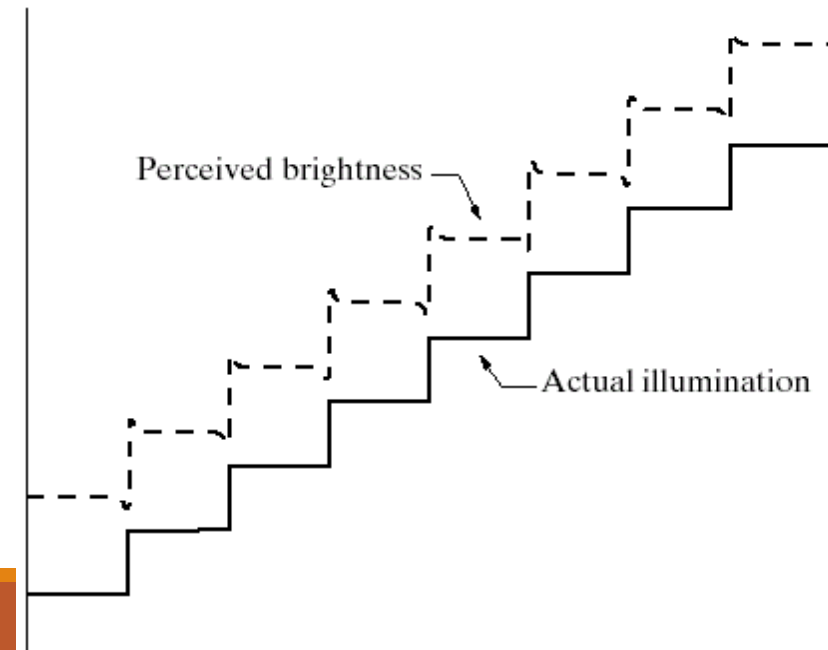
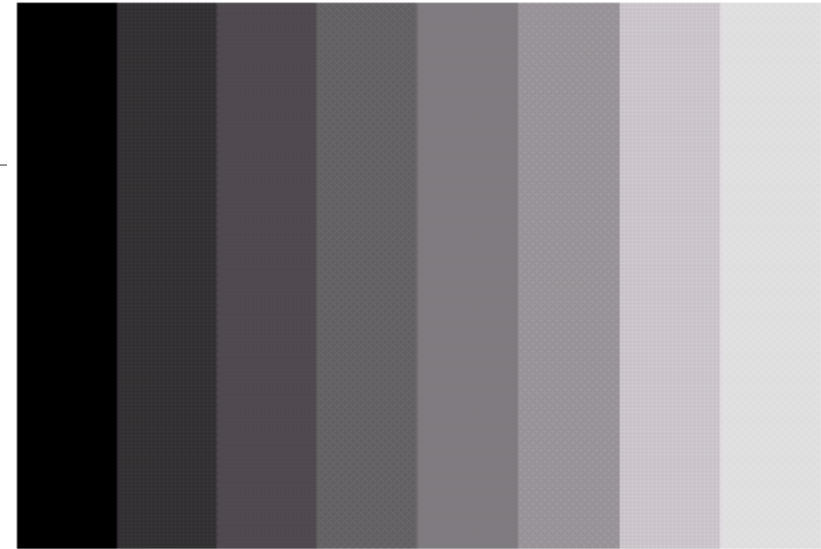


Persepsi kecerahan dari lingkaran yang ada didalam kotak akan berbeda, bergantung pada level intensitas background yang berbeda beda, meskipun sebenarnya mereka identic.

Brightness Adaptation and Discrimination

Mach Band Effect

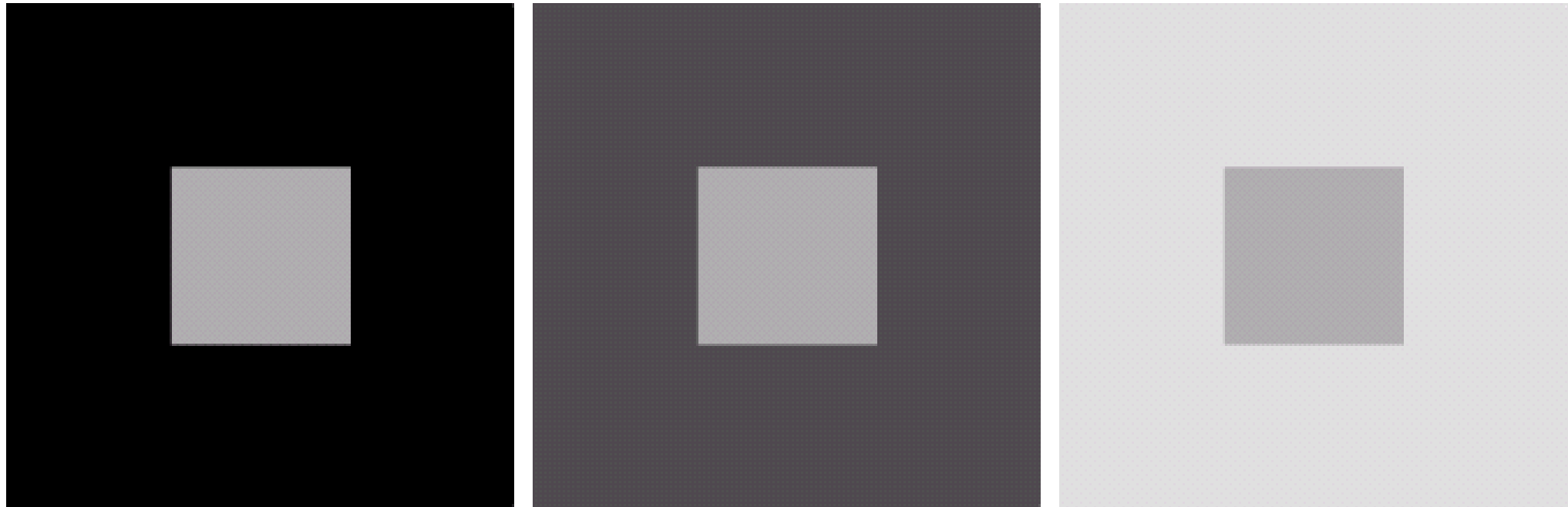
Persepsi perubahan
brightness sepanjang
garis yang jelas



Brightness Adaptation and Discrimination

Mach Band Effect

Contoh : Kontras simultan



a b c

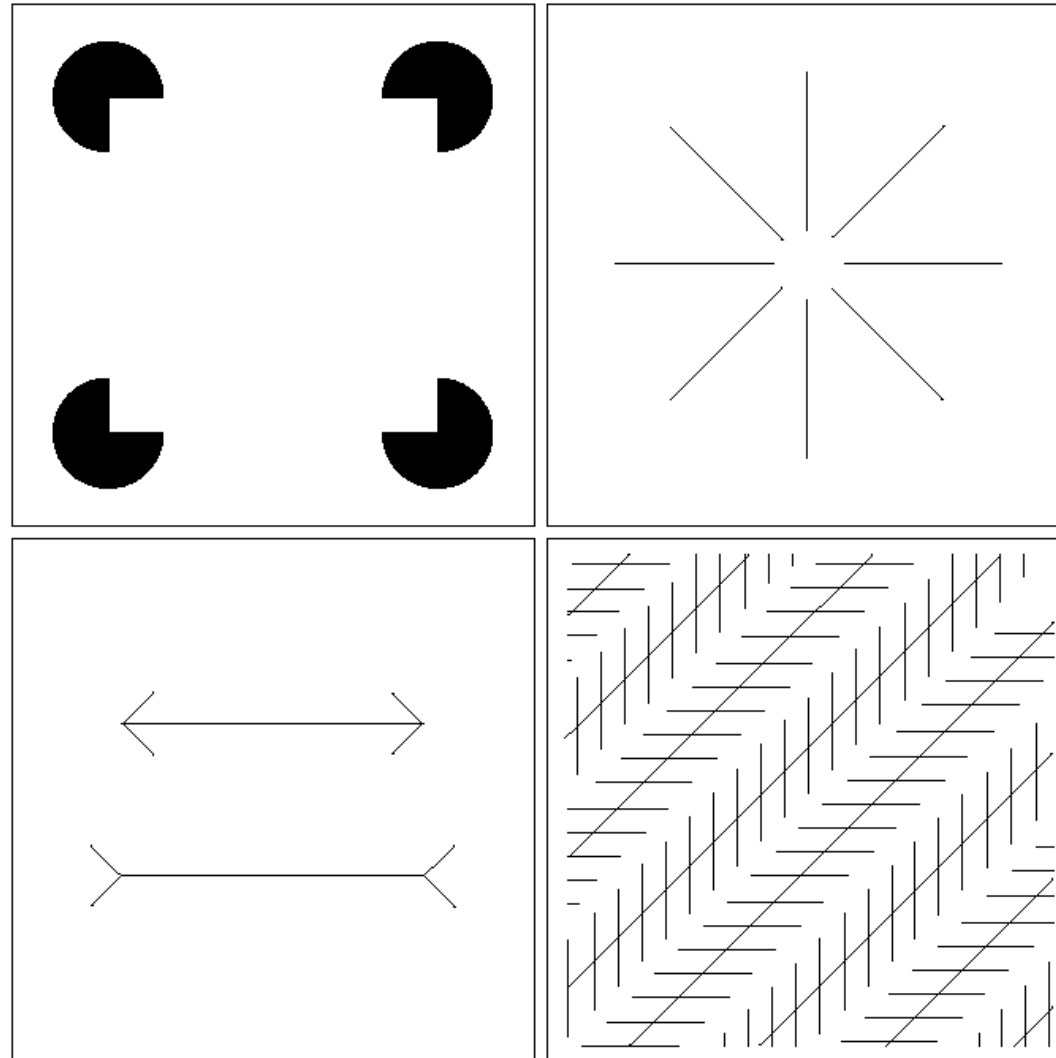
FIGURE 2.8 Examples of simultaneous contrast. All the inner squares have the same intensity, but they appear progressively darker as the background becomes lighter.

Brightness Adaptation and Discrimination

Contoh : Optical illusion : Human perception phenomena

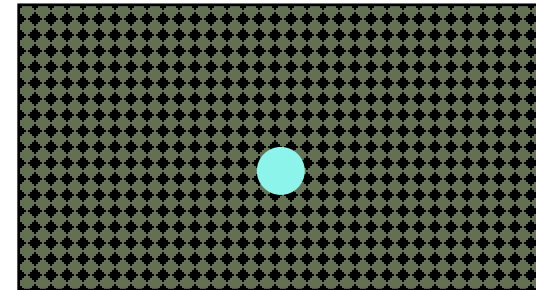
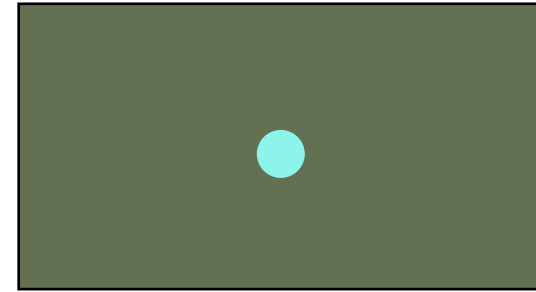
a b
c d

FIGURE 2.9 Some well-known optical illusions.



Visual Masking

Threshold intensitas meningkat pada background dengan bentuk spasial besa ryang sama, temporal changes.



Temporal Vision

- Persepsi resolusi spasial mereduksi ketajaman dari perubahan scene
- Flicker fusion : basis dari film dan TV
- Mata lebih sensitive terhadap flicker pada luminance yang tinggi dibanding luminance yang rendah

Frequency Threshold Vision

Menggunakan mutu secara spasial, hal ini menunjukkan sensitifitas kontras adalah suatu fungsi spasial dan frekuensi temporal

Secara umum, penurunann sensitifitas kontras diikuti dengan peningkatan frekuensi spatial dan temporal.

Summer Digital Images

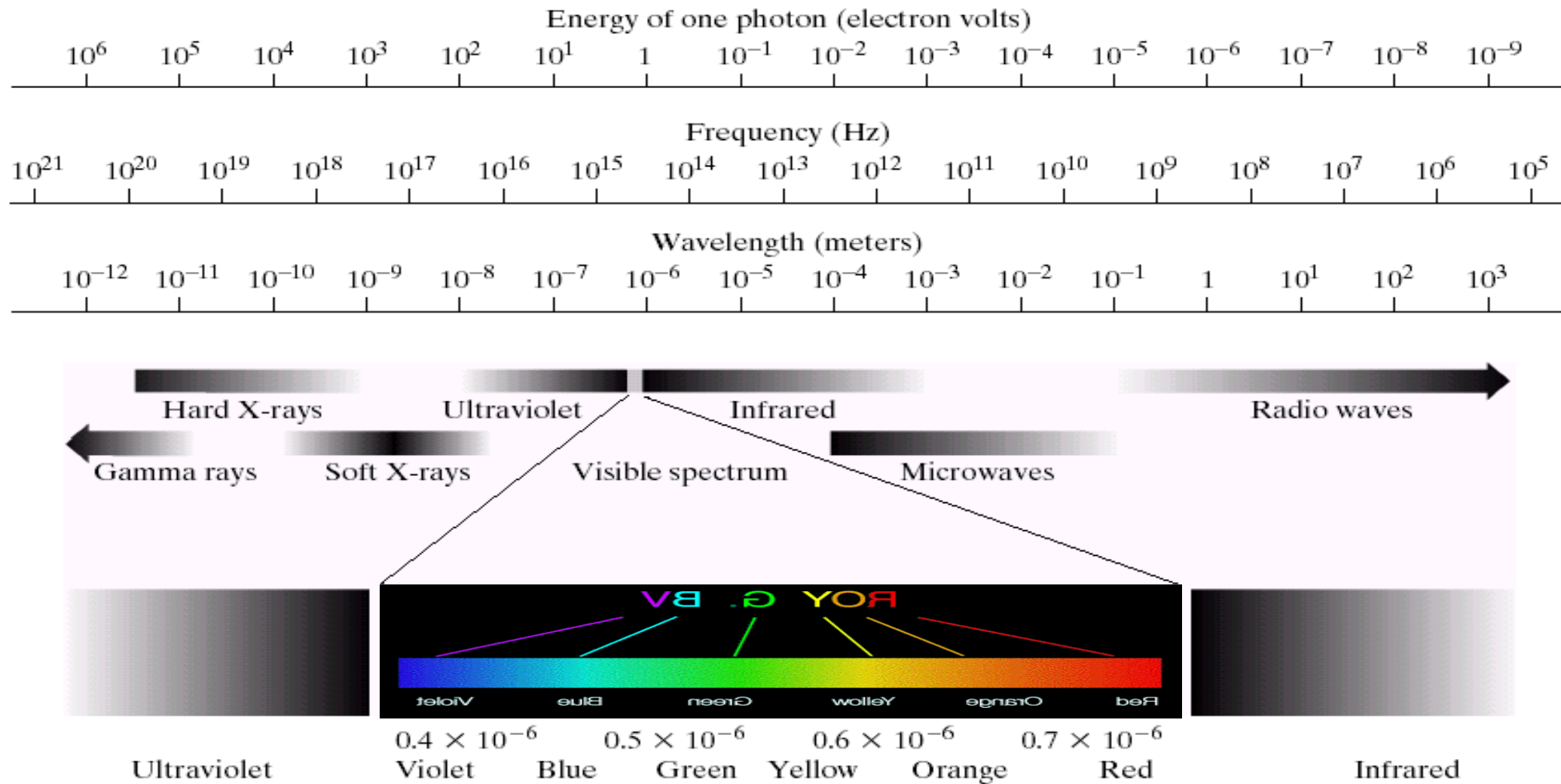


FIGURE 2.10 The electromagnetic spectrum. The visible spectrum is shown zoomed to facilitate explanation, but note that the visible spectrum is a rather narrow portion of the EM spectrum.

Light and Electromagnetic Spectrum

3 Kuantitas dasar untuk mendeskripsikan kualitas Chromatic Sumber Cahaya :

- A. Radiance : jumlah total energy yang mengalir dari light source (dapat diukur)
- B. Luminance : Banyaknya energy yang dirasakan oleh seorang observer dari light source (dapat diukur)
- C. Brightness : Deskripsi subyektif dari persepsi cahaya, merepresentasikan jumlah cahaya yang dipancarkan (tidak dapat diukur)

Light and Electromagnetic Spectrum

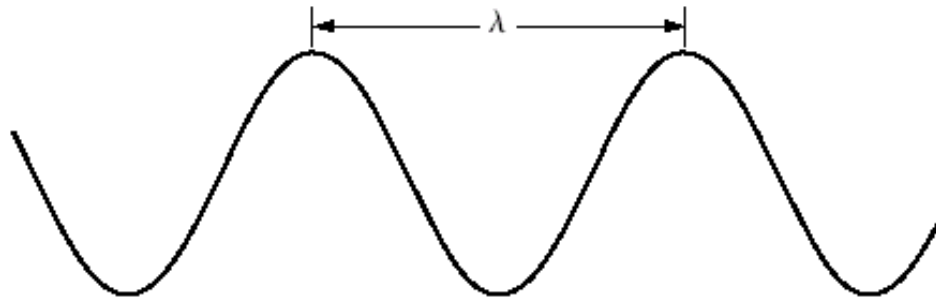
- Hubungan antara frequency (ν) dan panjang gelombang (λ) :

$$\lambda = \frac{c}{\nu}, \text{ dimana } c \text{ adalah kecepatan cahaya}$$

- Energi dari photon

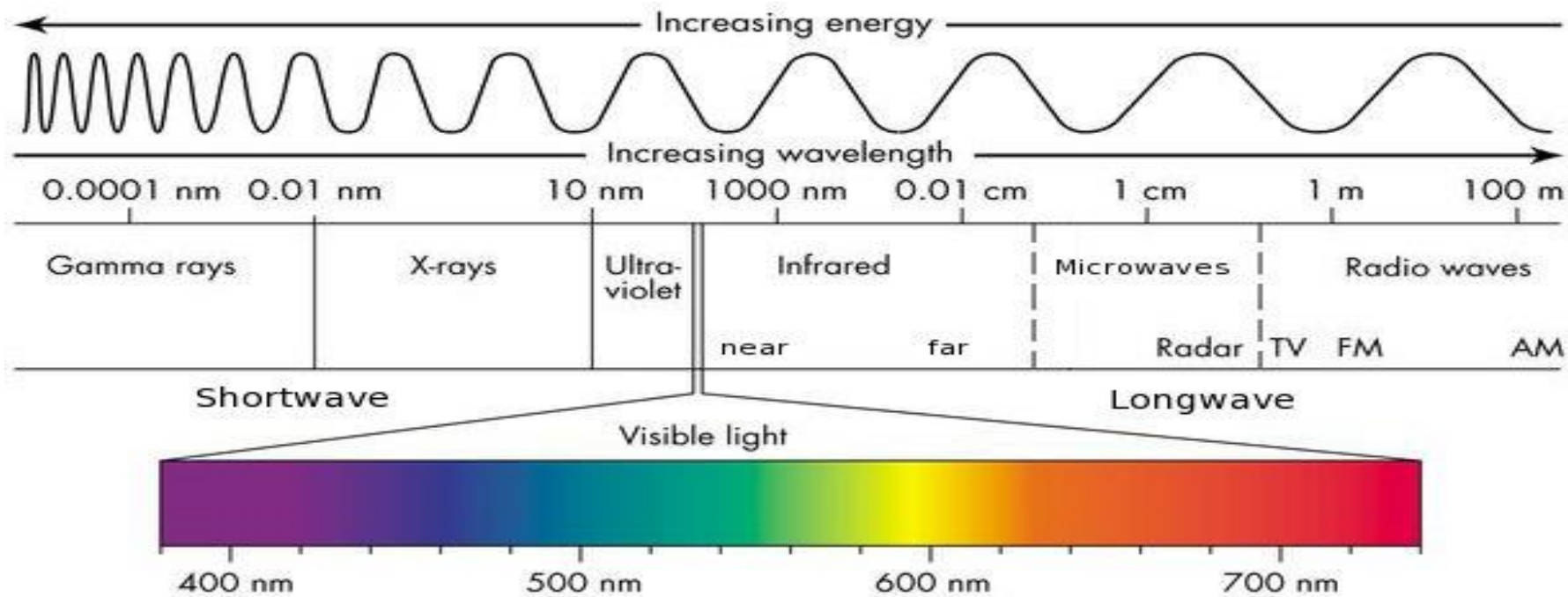
$$E = h\nu, \text{ dimana } h \text{ adalah konstanta Plancks}$$

FIGURE 2.11
Graphical
representation of
one wavelength.



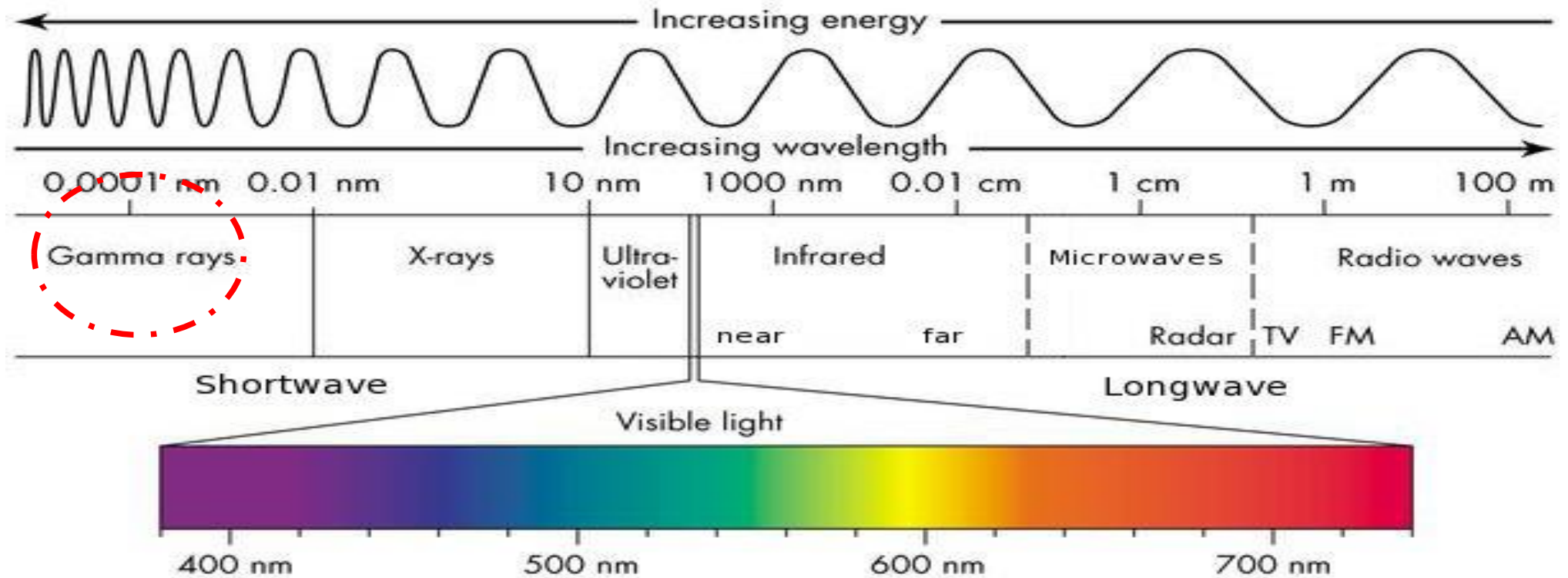
Sumber Digital Images

- Sumber utama untuk images adalah Spektrum energy electromagnetic (EM)

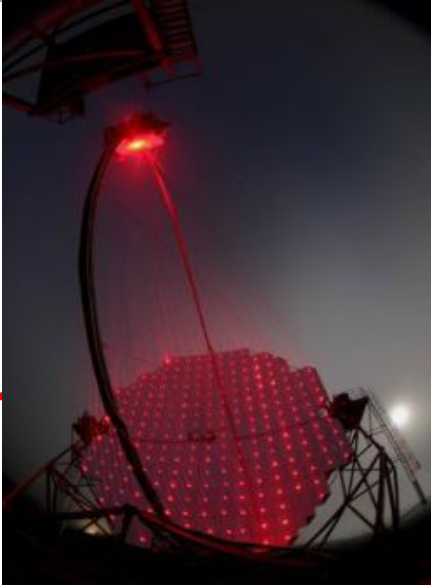


Sumber Digital Images

Gamma Rays



Gamma rays



**Gamma-Ray
Imaging
Cherenkov
Telescope**



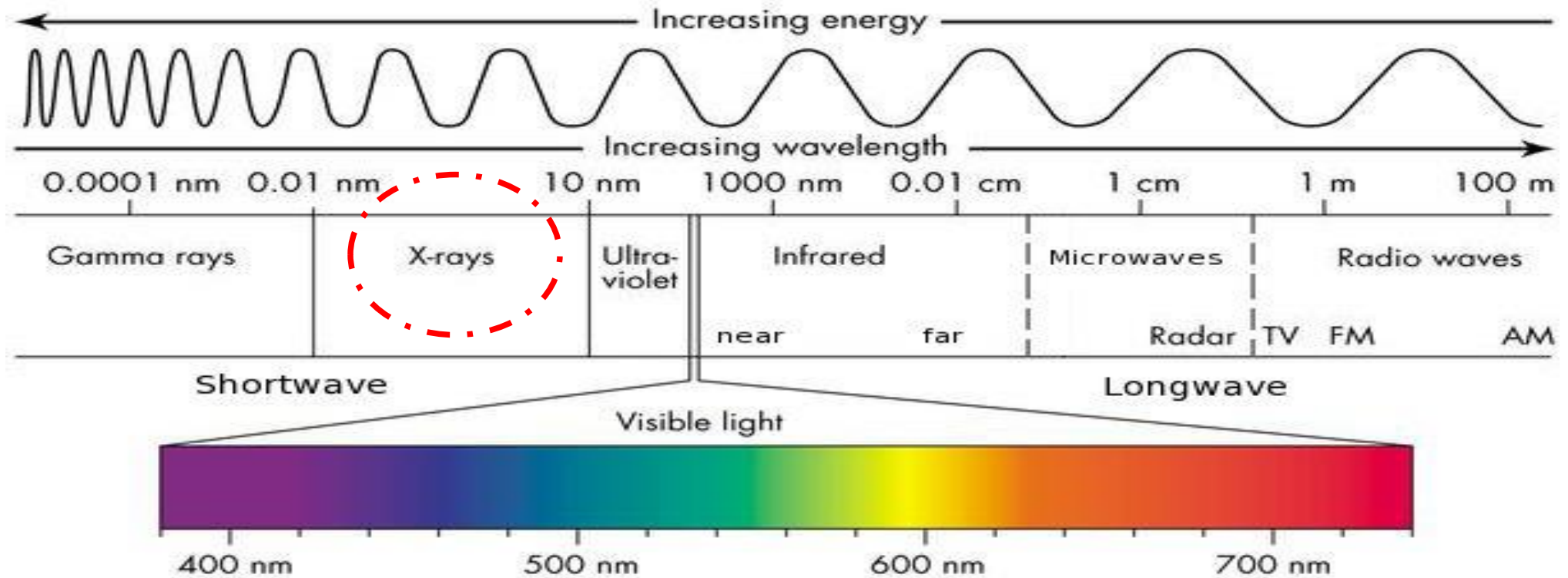
**Gamma-Ray Imaging
In nuclear medicine**



**Gamma-Ray imaging of
A starburst galaxy about
12 million light-years
away**

Sumber Digital Images

X rays



Summer Digital Images

X- rays

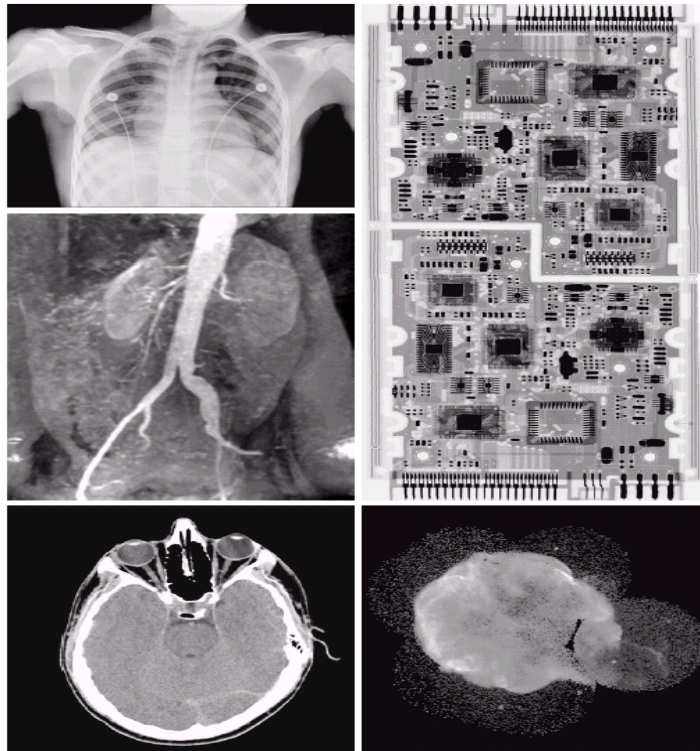
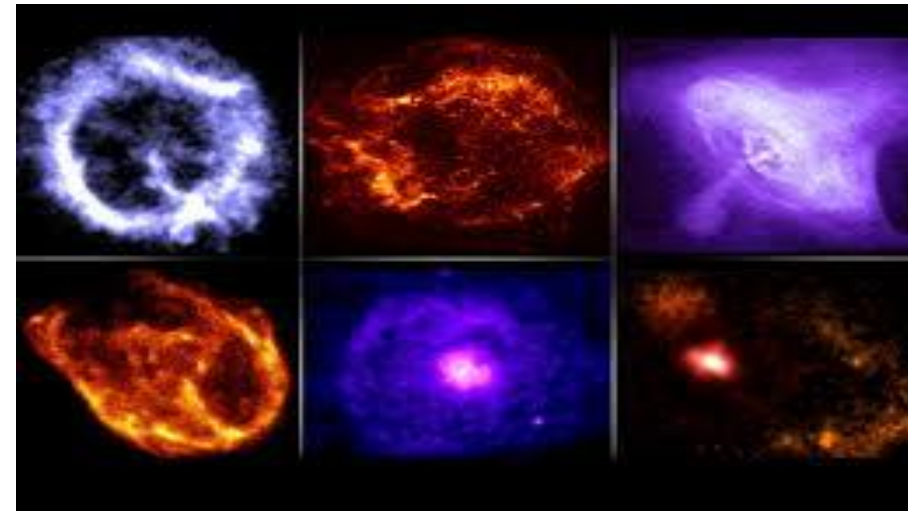


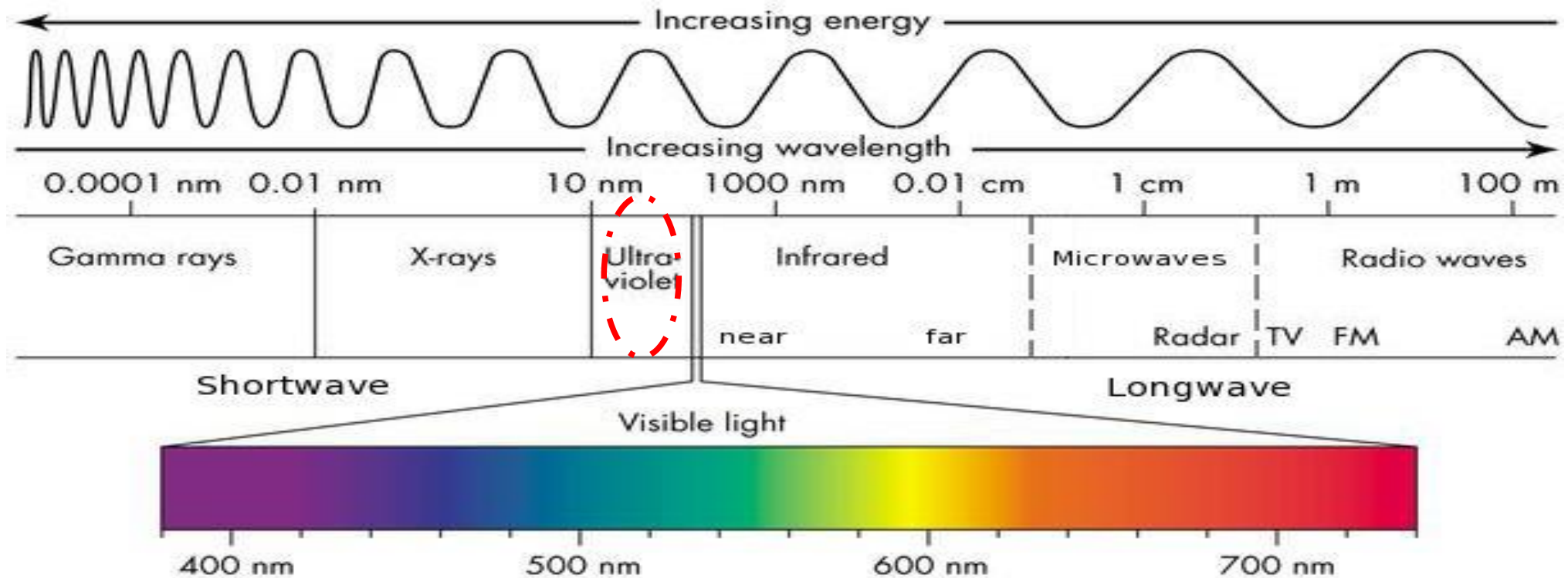
FIGURE 1.7 Examples of X-ray imaging. (a) Chest X-ray. (b) Aortic angiogram. (c) Head CT. (d) Circuit boards. (e) Cygnus Loop. (Images courtesy of (a) and (c) Dr. David R. Pickens, Dept. of Radiology & Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center, (b) Dr. Thomas R. Gest, Division of Anatomical Sciences, University of Michigan Medical School, (d) Mr. Joseph E. Pascente, Lixi, Inc., and (e) NASA.)



**X-ray images from the space
The Chandra X-Ray Observatory**

Sumber Digital Images

Ultra - Violet



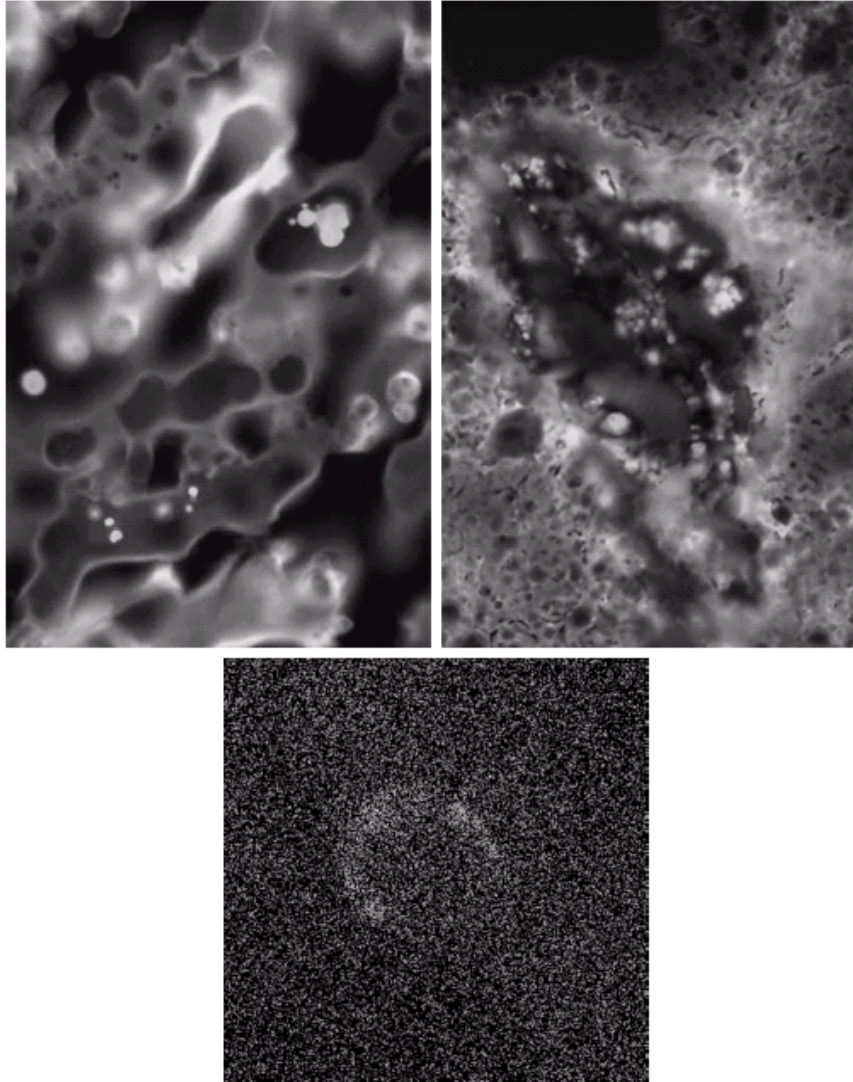
Ultra-violet

a b
c

FIGURE 1.8

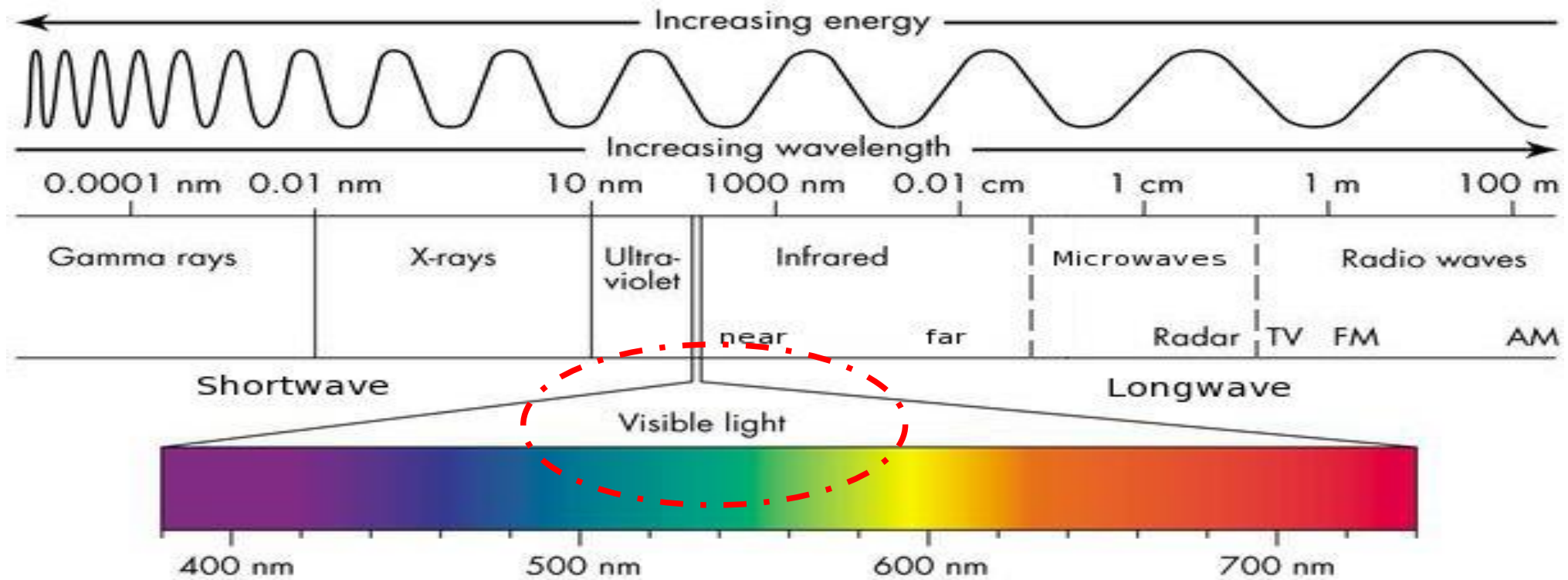
Examples of
ultraviolet
imaging.

(a) Normal corn.
(b) Smut corn.
(c) Cygnus Loop.
(Images courtesy
of (a) and
(b) Dr. Michael
W. Davidson,
Florida State
University,
(c) NASA.)

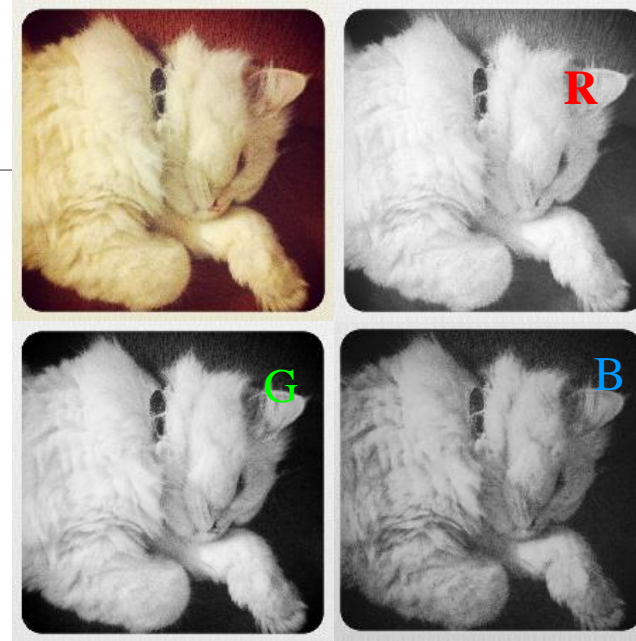
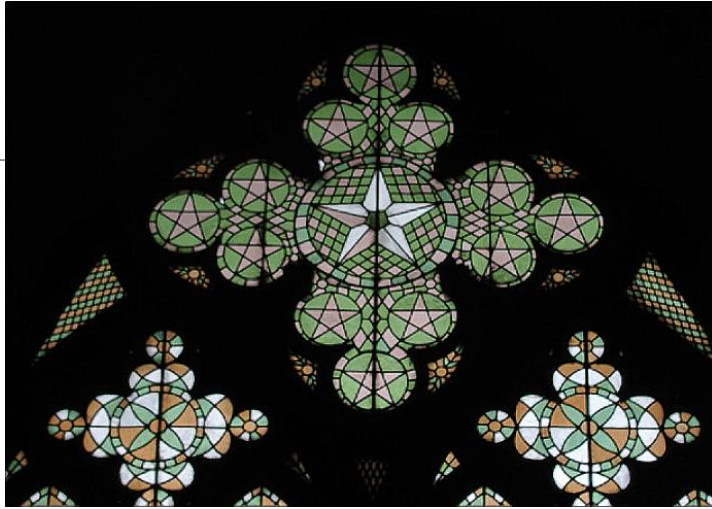


Sumber Digital Images

Visible Light

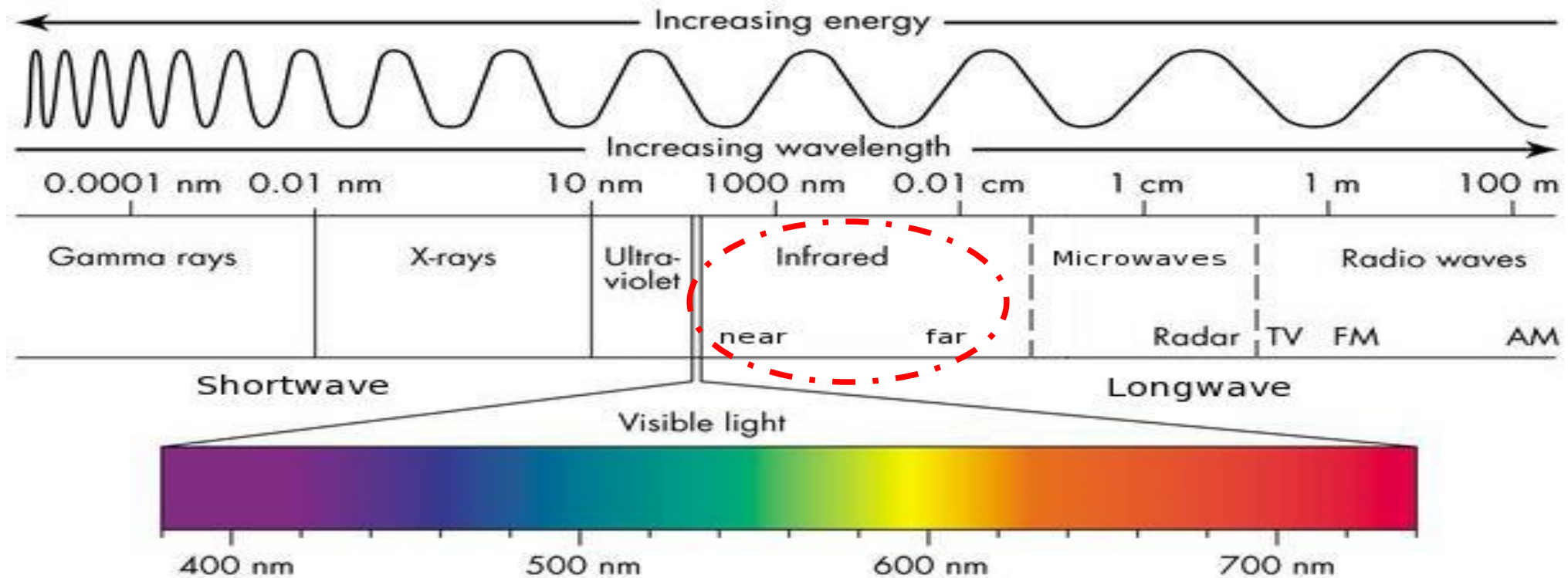


Visible light

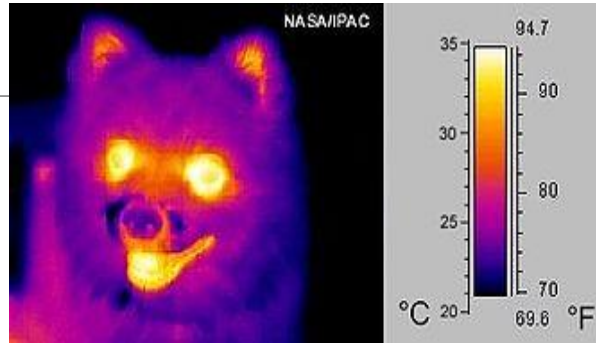


Sumber Digital Images

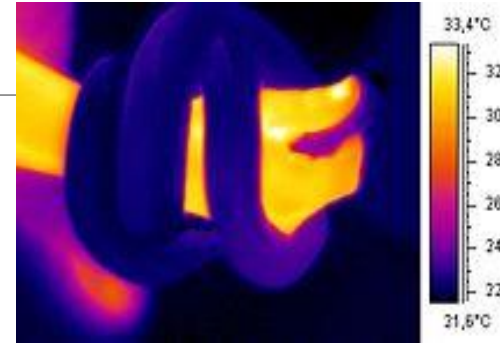
Infra red



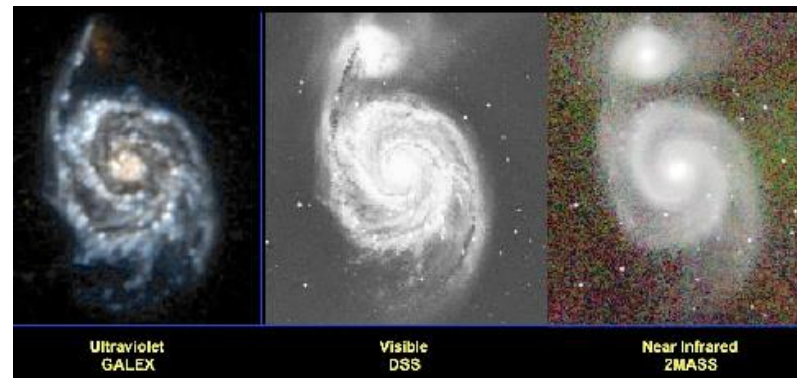
Infrared



infrared ("thermal") image



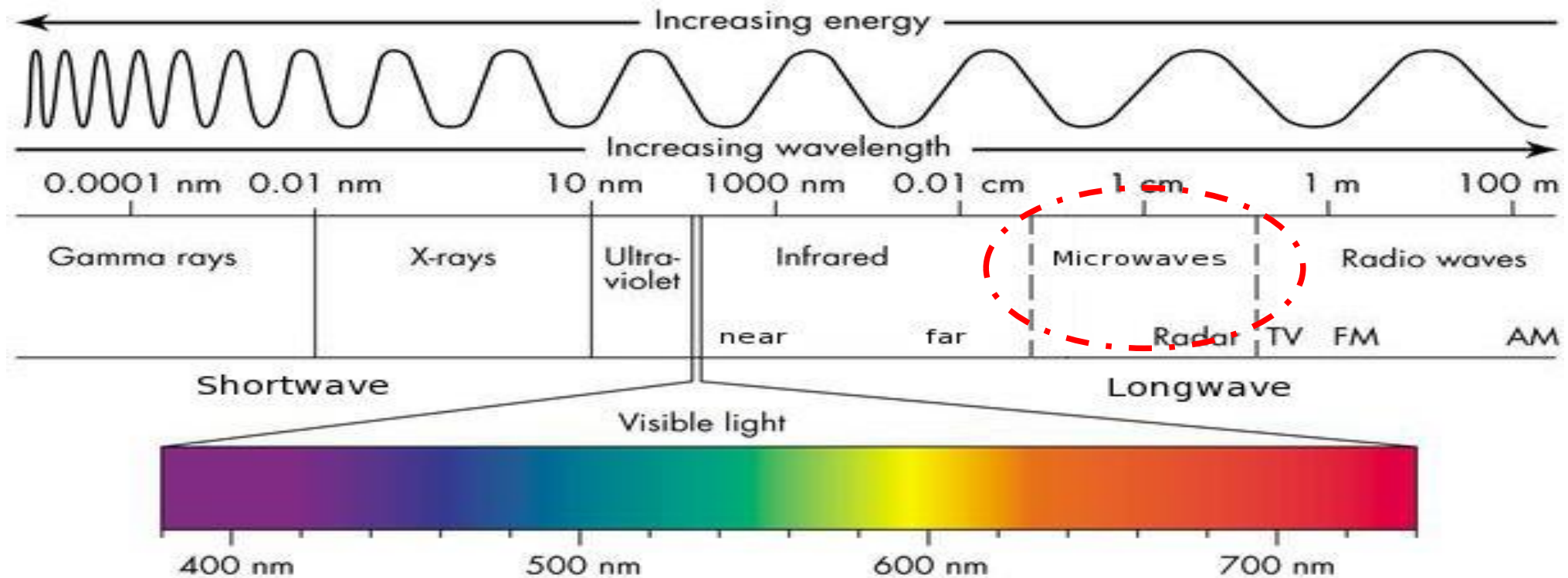
Snake around the arm



Messier 51 in ultraviolet (GALEX), visible (DSS), and **near infrared** (2MASS). *Courtesy of James Fanson.*

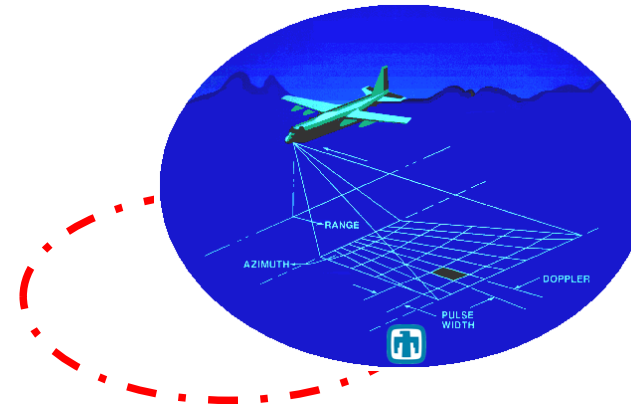
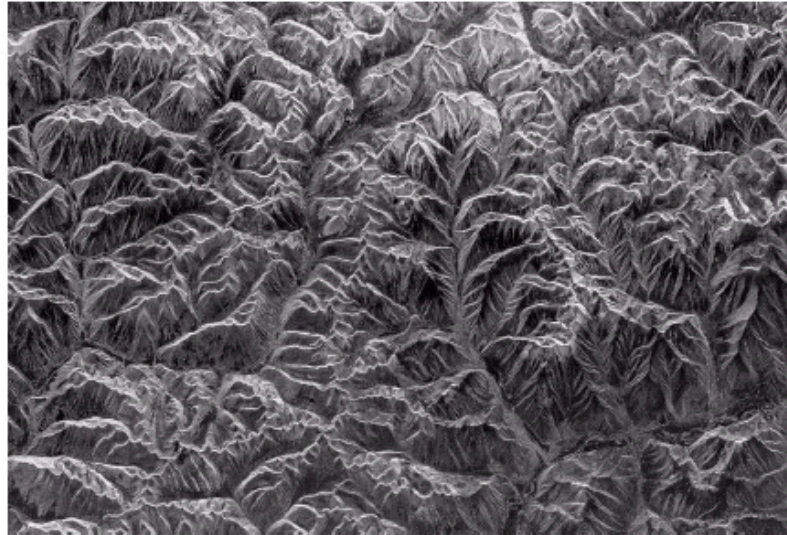
Sumber Digital Images

Microwaves



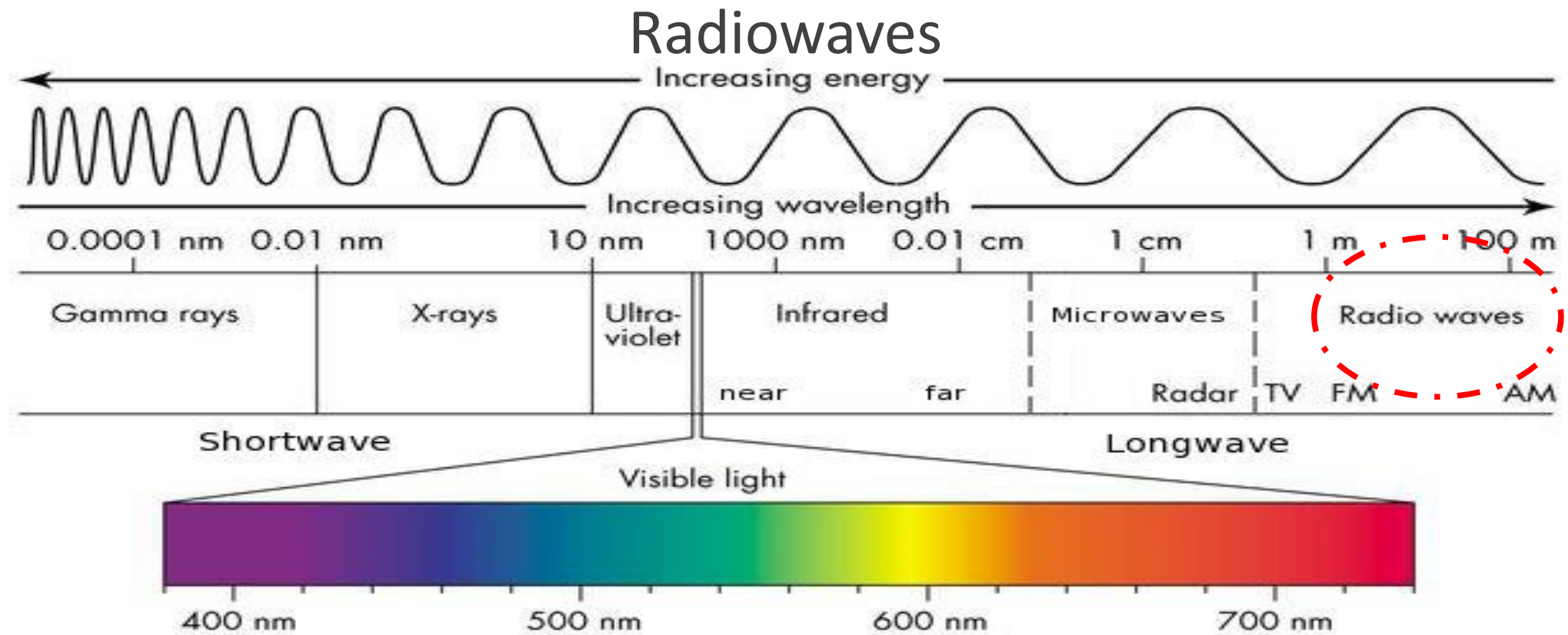
Microwaves

FIGURE 1.16
Spaceborne radar
image of
mountains in
southeast Tibet.
(Courtesy of
NASA.)

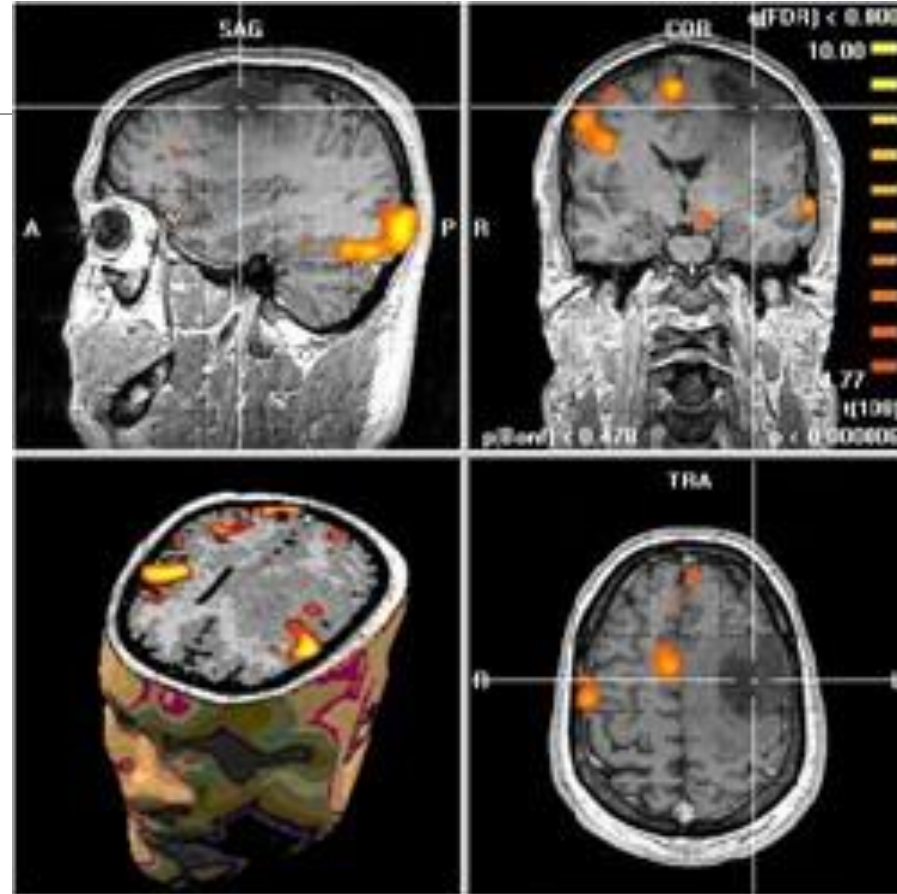


**Synthetic Aperture Radar
System**

Sumber Digital Images



Radio Waves



MRI image slices from the brain

Digital Images based on the EM Spectrum

An example showing Imaging in all of the bands

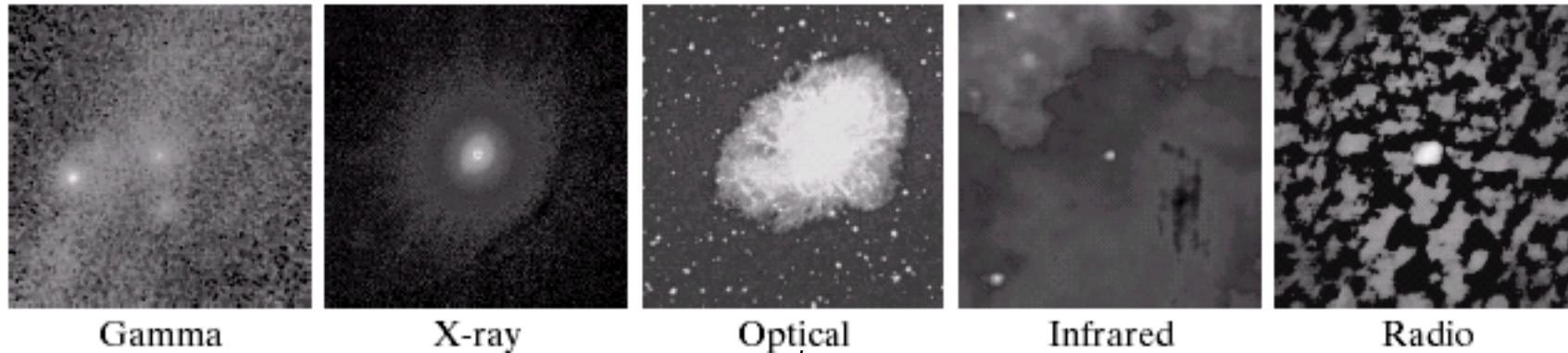
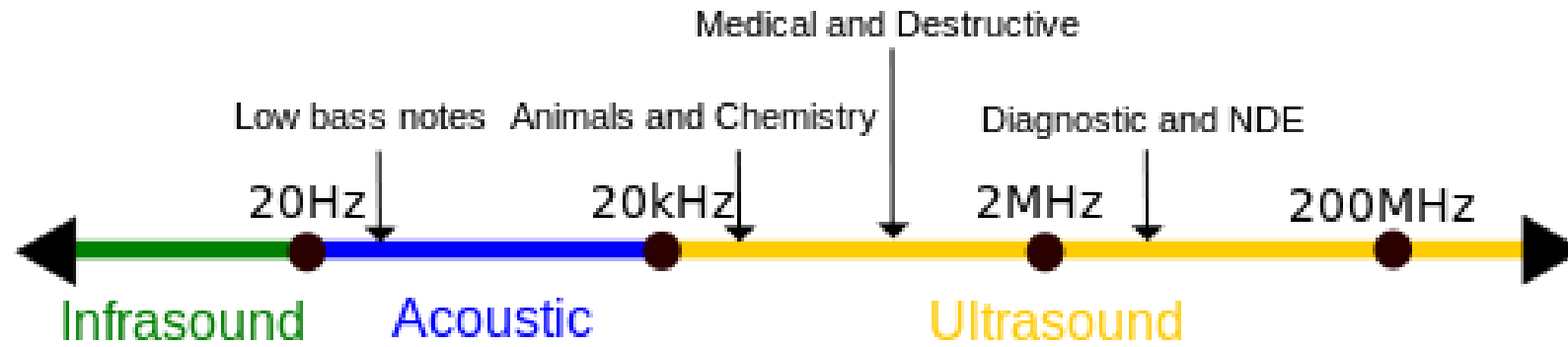


FIGURE 1.18 Images of the Crab Pulsar (in the center of images) covering the electromagnetic spectrum. (Courtesy of NASA.)

Visible light

Ultrasound Imaging



Ultrasonic spectrum



**Ultrasound Baby image
during pregnancy**



**Ultrasound image
acquisition device**