

# Digital Image Processing

## المحاضرة الأولى Digital Image Fundamental

د. عيسى الغنام د. إياد حاتم  
2023 الفصل الصيفي

## The objective of the course

- The objective of the course is to familiarize students with basics of Digital Image Processing.
- Image processing is an area of active interest for research as well as academics purpose.
- This course focuses on MATLAB implementation of various ideas related to Image Processing.

# Outline Of The Course



week. No.	Topic	Minimum number of Hours	PRACTICLE
1	Introduction And Fundamentals of Digital Image Processing – history and applications	1.5	1.5
1	Digital image Representation	1.5	1.5
2 - 3	Image Enhancement in the Spatial Domain and Histogram	6	3
TEST (30)			
4	Image Enhancement in the Frequency Domain	3	1.5
5	Morphology operations	3	3
6	Colored image processing	3	1.5
PRACTICAL EXAM (20) +FINAL EXAM (50)			

## References

- I. Hatem and H. Hliwa, “Digital Image Processing”, Tishreen University Publication, 2016.
- Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, Digital Image Processing, 2nd Edition
- <https://www.tutorialspoint.com/dip/index.htm>

# Detailed Syllabus of this Lecture:



## Introduction and Fundamentals of Digital Image Processing:

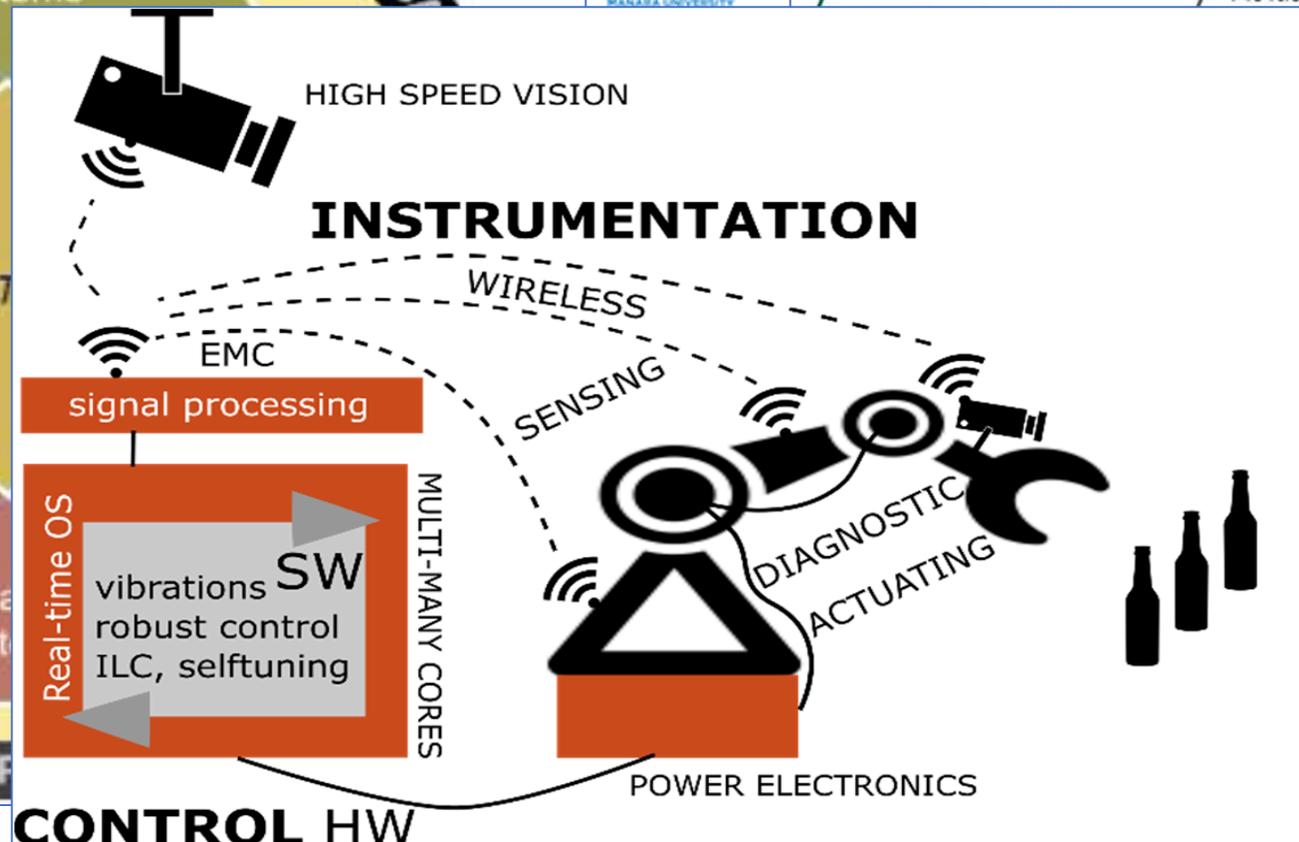
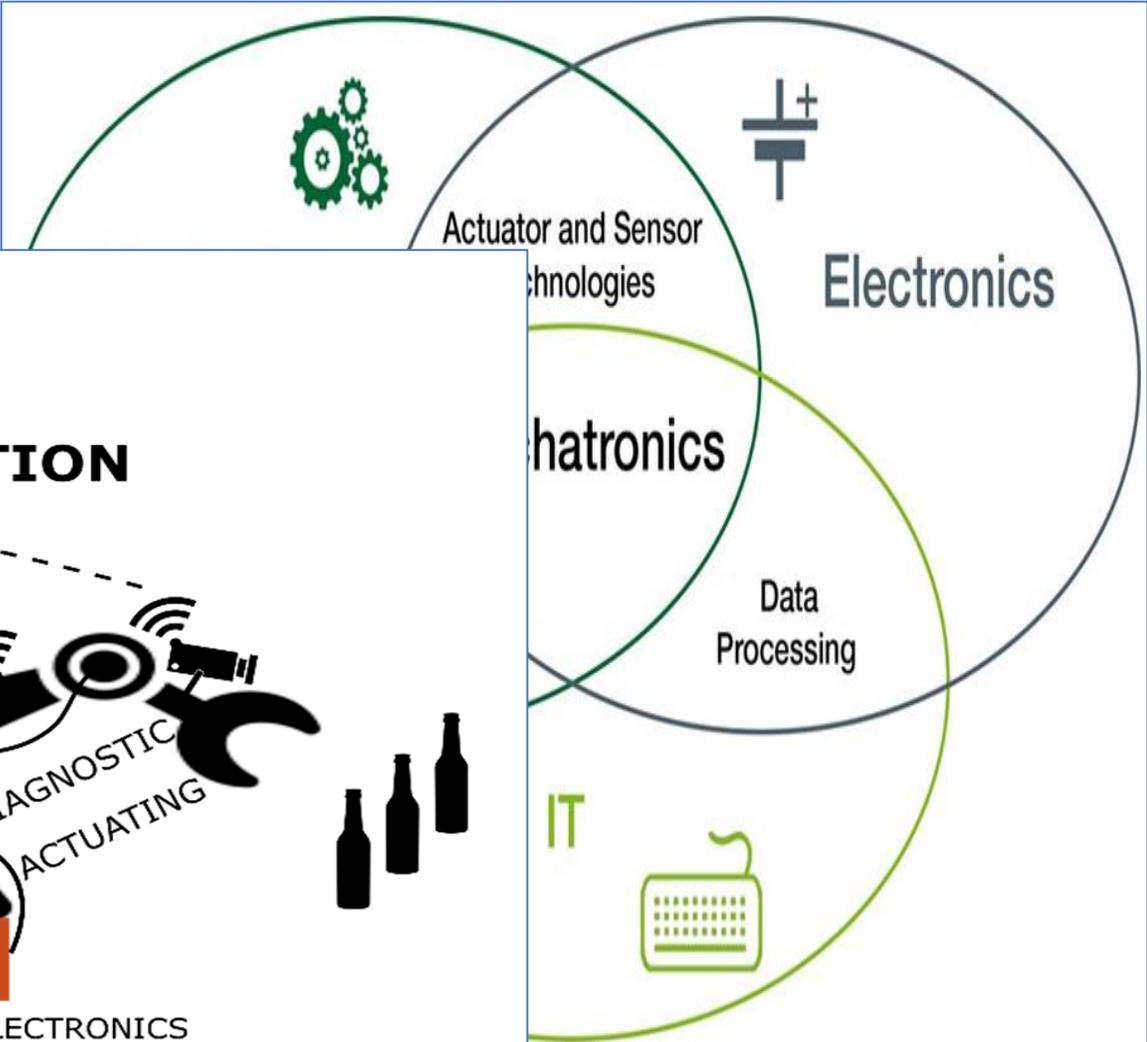
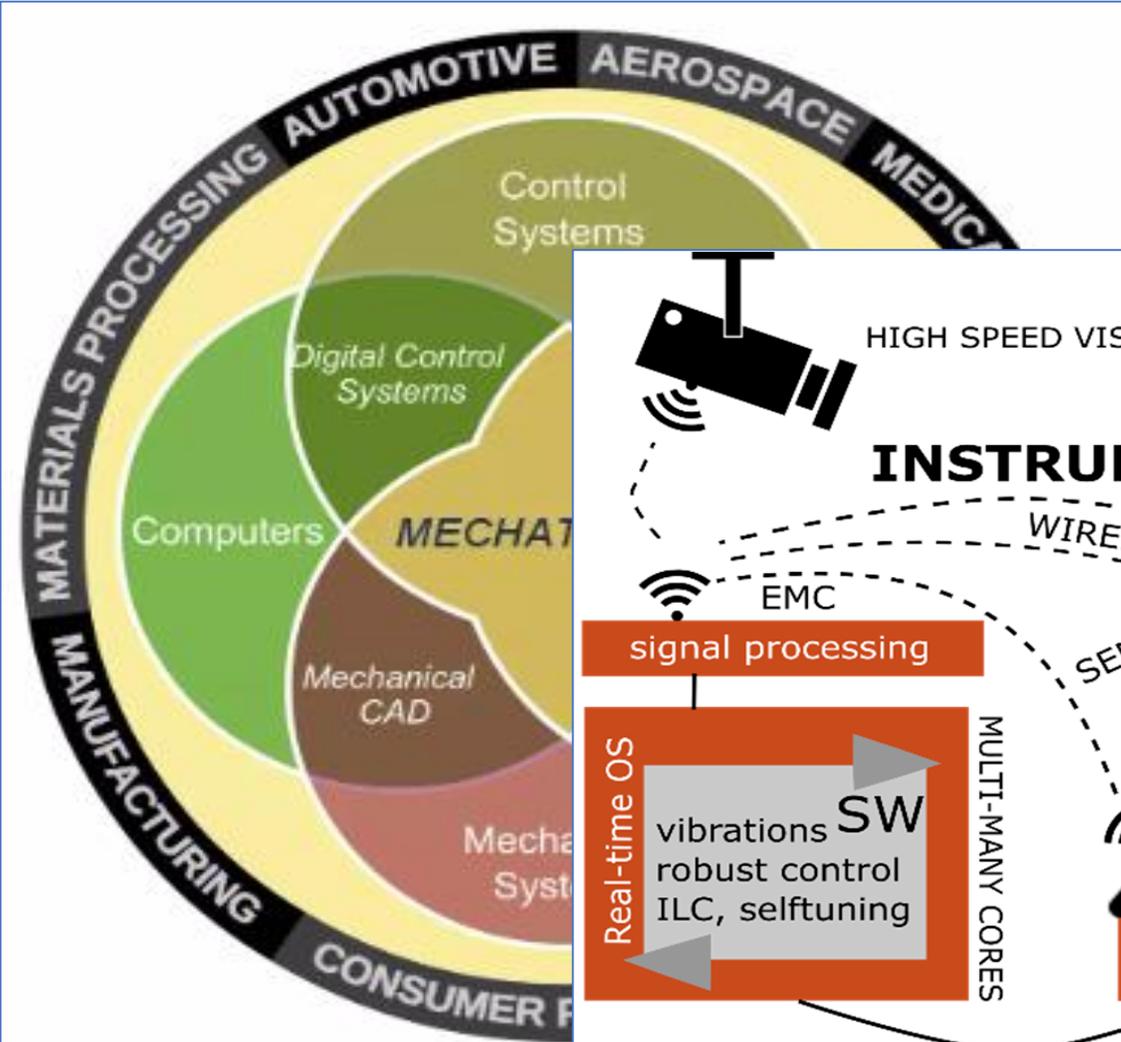
1. The **origins of Digital Image Processing**, Examples of **Fields** and applications that Use Digital Image Processing, **Fundamentals Steps in Image Processing**, **tools and Elements of Digital Image Processing Systems**.
2. **Image Sampling and Quantization**, Some basic relationships like **Neighbours**, **Connectivity**, **Distance Measures between pixels**.
3. Digital image Representation: **Reading**, **Displaying**, **Writing Images** using MATLAB, **Data Classes**, **Image Types using MATLAB**, **Converting Between data classes and Image Types**.

# What is Digital Image Processing ?

Processing of a multidimensional pictures by a digital computer

## Why we need Digital Image Processing ?

1. To read and save images
2. To improve the image using a mathematical process.
3. To assist in image analysis.
4. To synthesize
5. To create a visual system for computers.

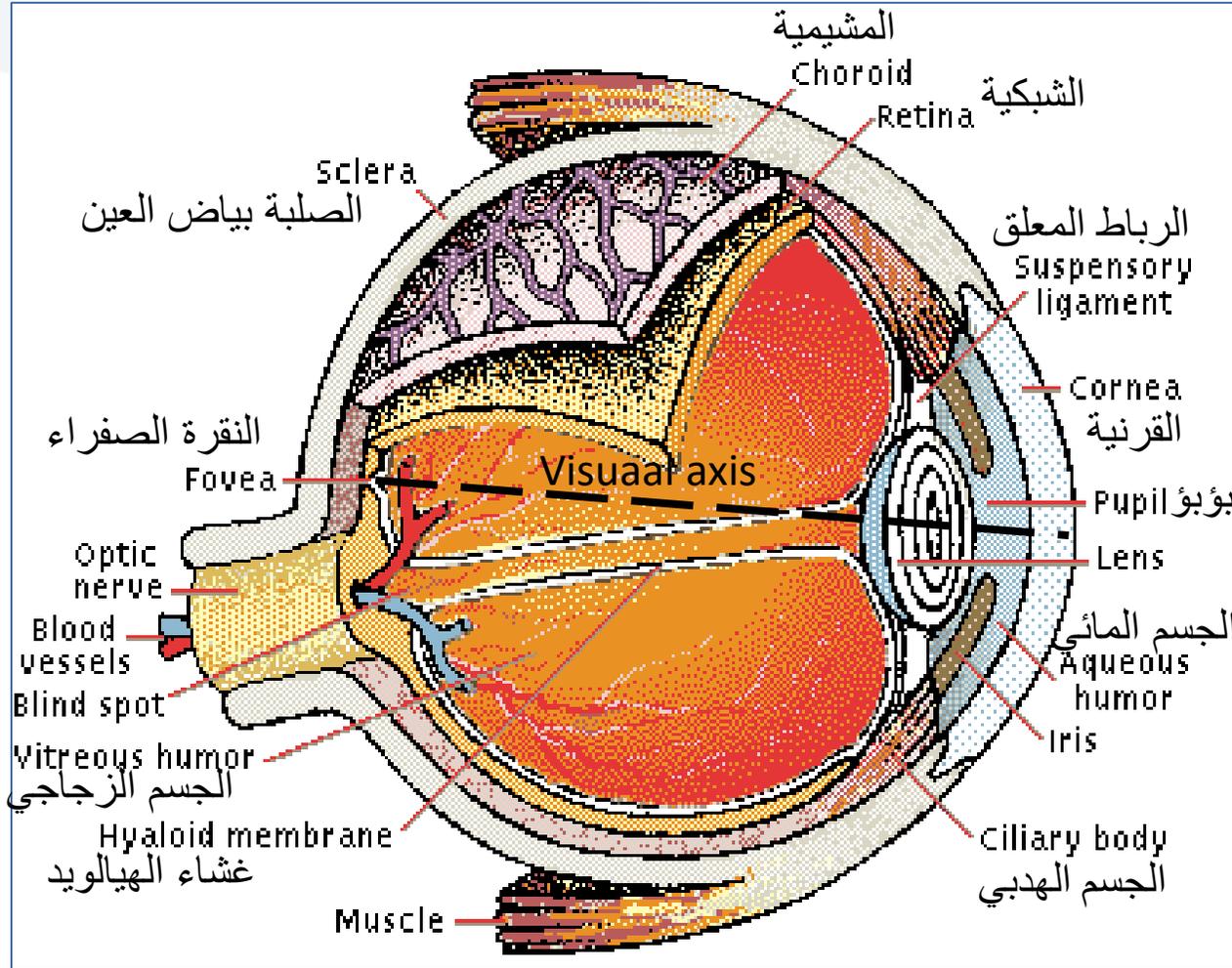


Without machine vision the robot would be blind – only capable of repeating the same exact task over and over until it's reprogrammed. This technology allows a robot to adjust to obstacles in its environment and complete different preprogrammed tasks by recognizing which one needs to be completed.

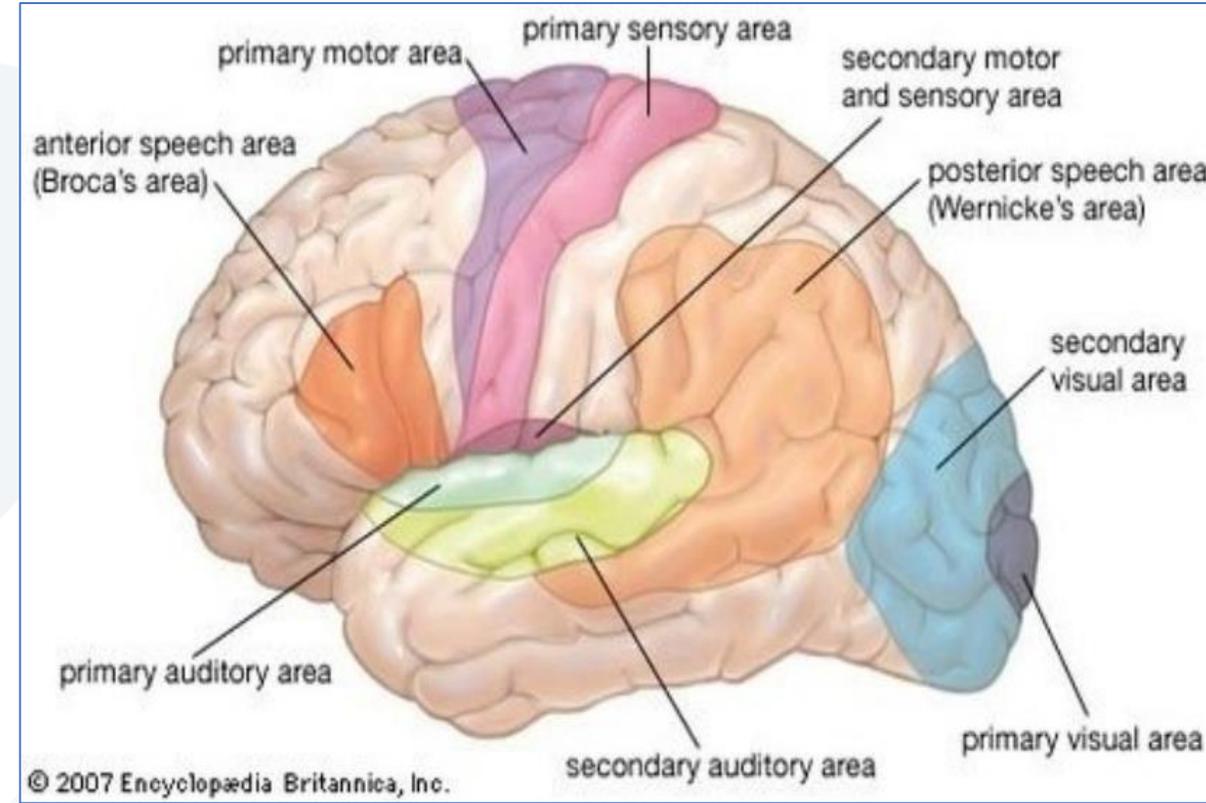


# Visual Perception: Human Eye

النظام البصري للإنسان تحسس وفهم وإدراك.  
مهارات بصرية فائقة الأداء



(Picture from Microsoft Encarta 2000)



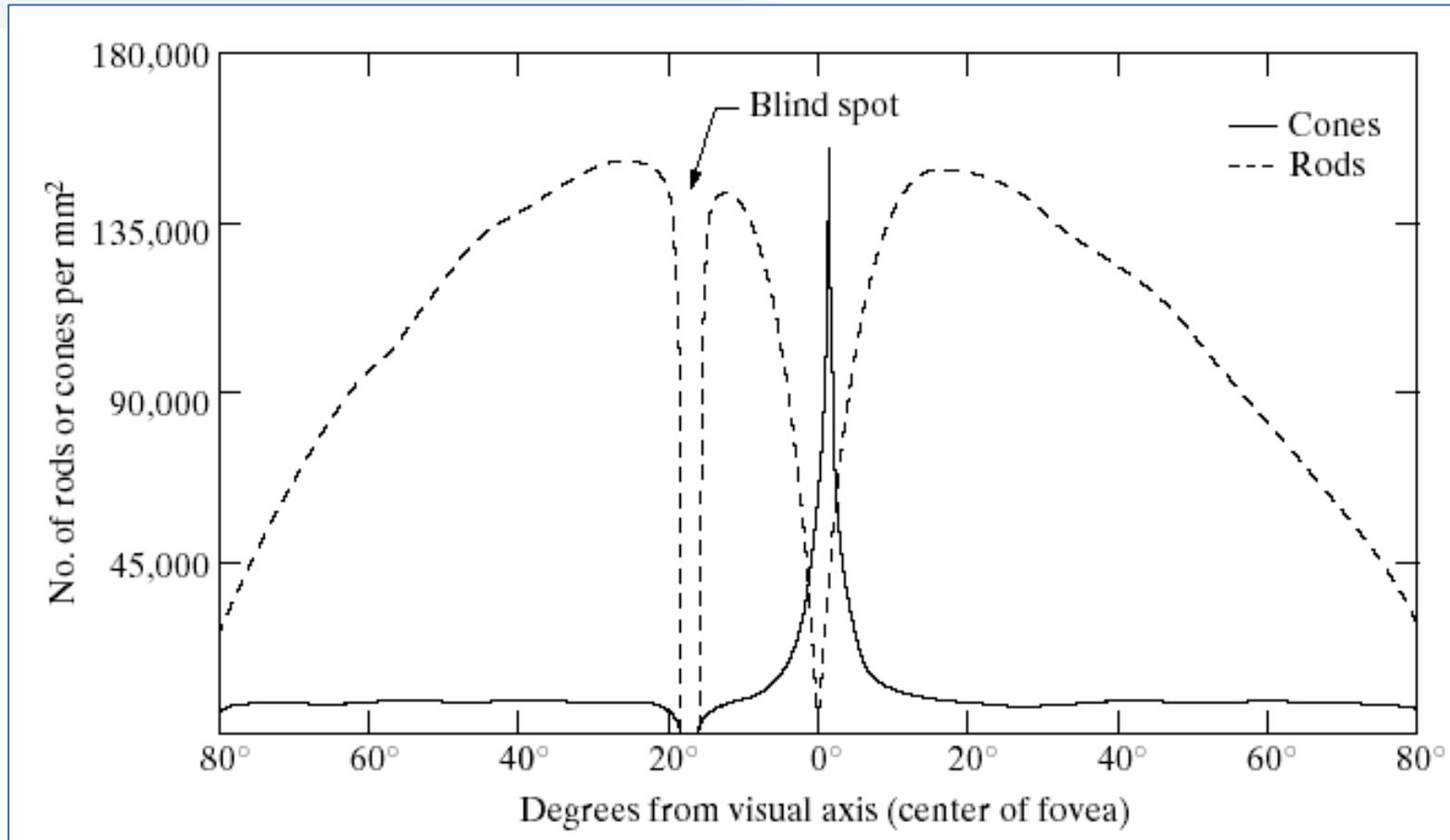
Cross Section of the Human Eye

# Visual Perception: Human Eye

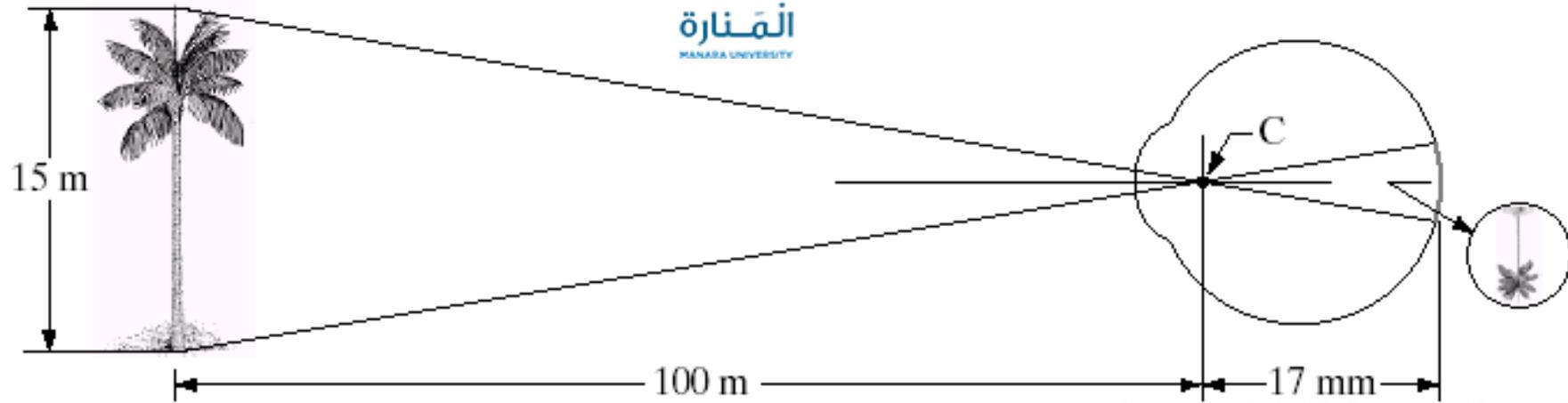


1. The **lens** contains 60-70% water, 6% of fat.
2. The **iris** diaphragm غشاء القرنية controls amount of light that enters the eye.
3. **Light receptors** in the **retina**
  - About **6-7 millions cones** for bright light vision called **photopic**
    - Density of cones is about 150,000 elements/mm<sup>2</sup>.
    - Cones involve in color vision.
    - Cones are concentrated in **fovea** about 1.5x1.5 mm<sup>2</sup>.
  - About **75-150 millions rods** for dim light vision called **scotopic**
    - Rods are sensitive to low level of light and are not involved color vision.
4. **Blind spot** is the region of emergence of the optic nerve from the eye.

# Distribution of Rods and Cones in the Retina



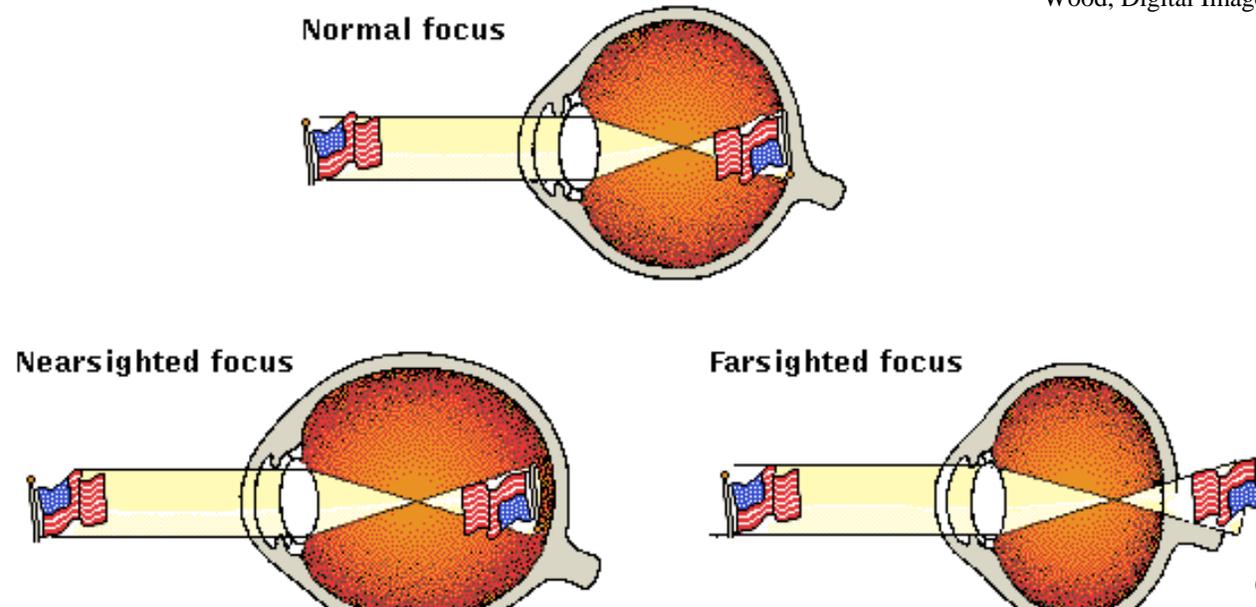
# Image Formation in the Human Eye



(Images from Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, Digital Image Processing, 2<sup>nd</sup> Edition.)

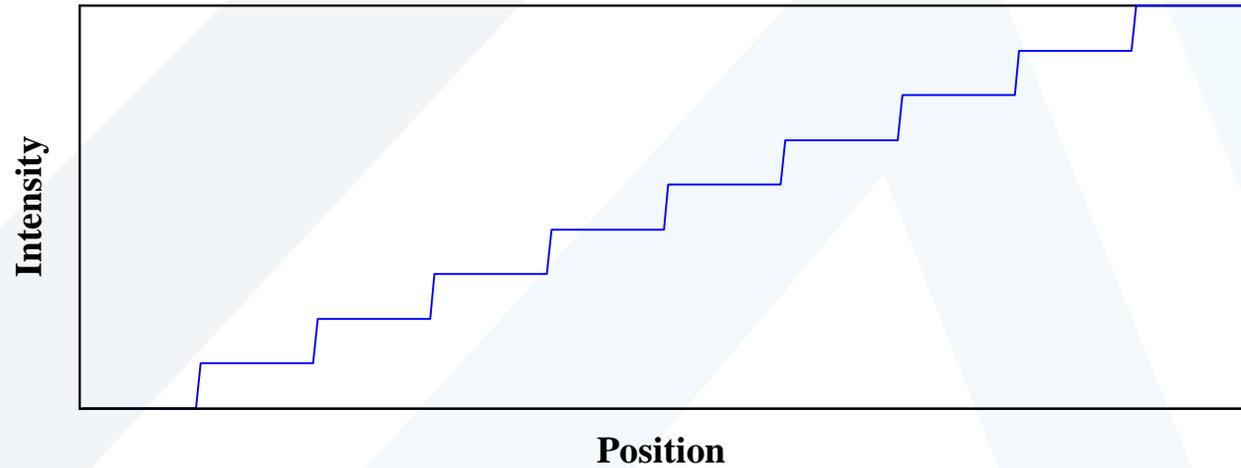
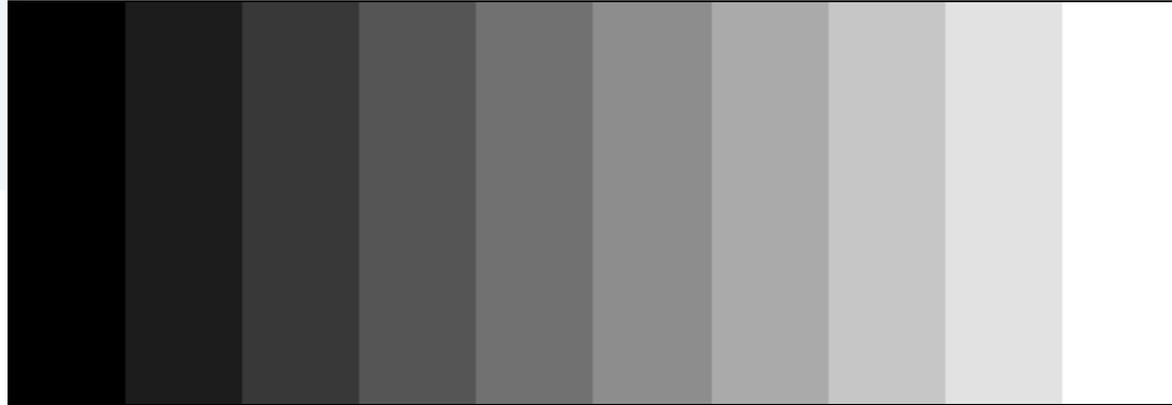
A nearsighted person sees near objects clearly, while objects in the distance are blurred.

Farsightedness is the result of the visual image being focused behind the retina rather than directly on it.

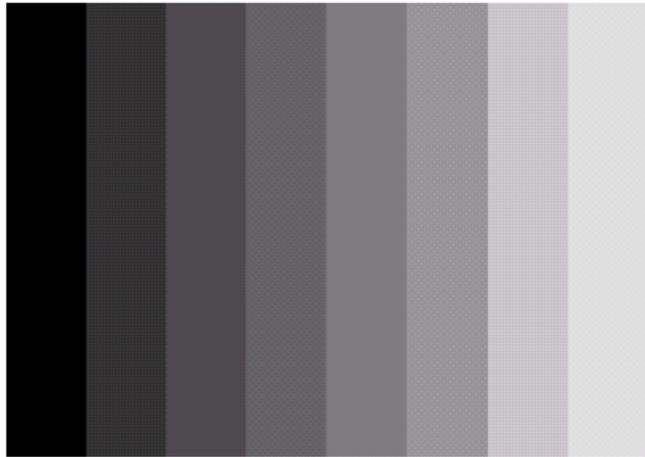


(Picture from Microsoft Encarta 2000)

## Brightness Adaptation of Human Eye : Mach Band Effect

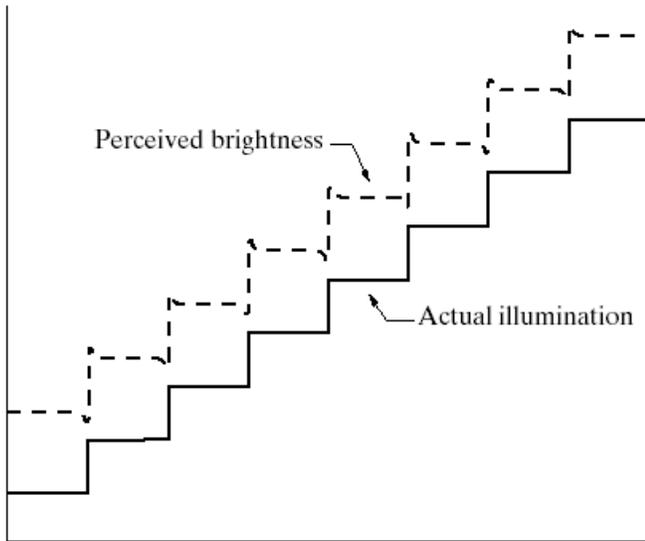


# Mach Band Effect

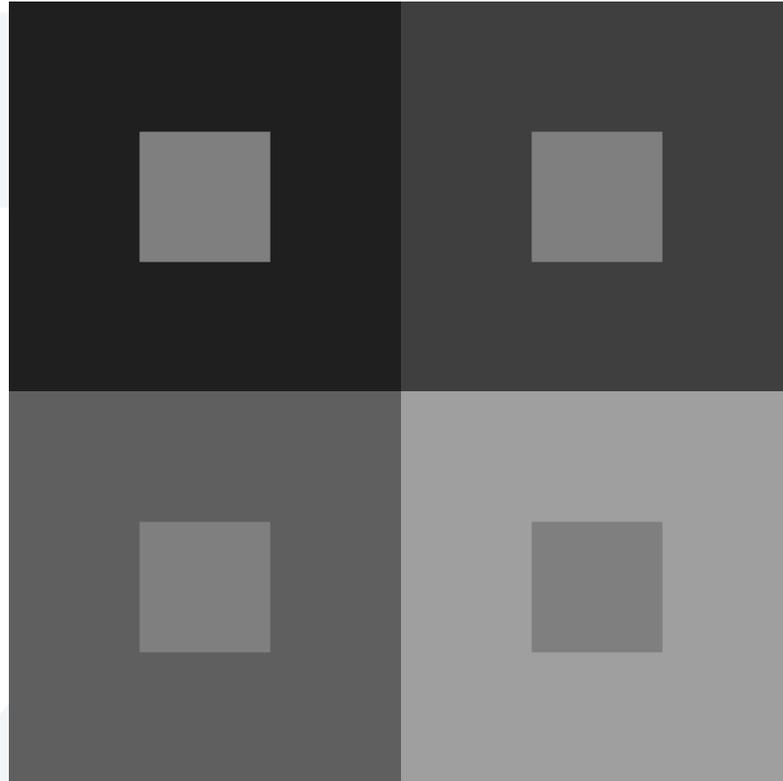


Intensities of surrounding points effect perceived brightness at each point.

In this image, edges between bars appear brighter on the right side and darker on the left side.



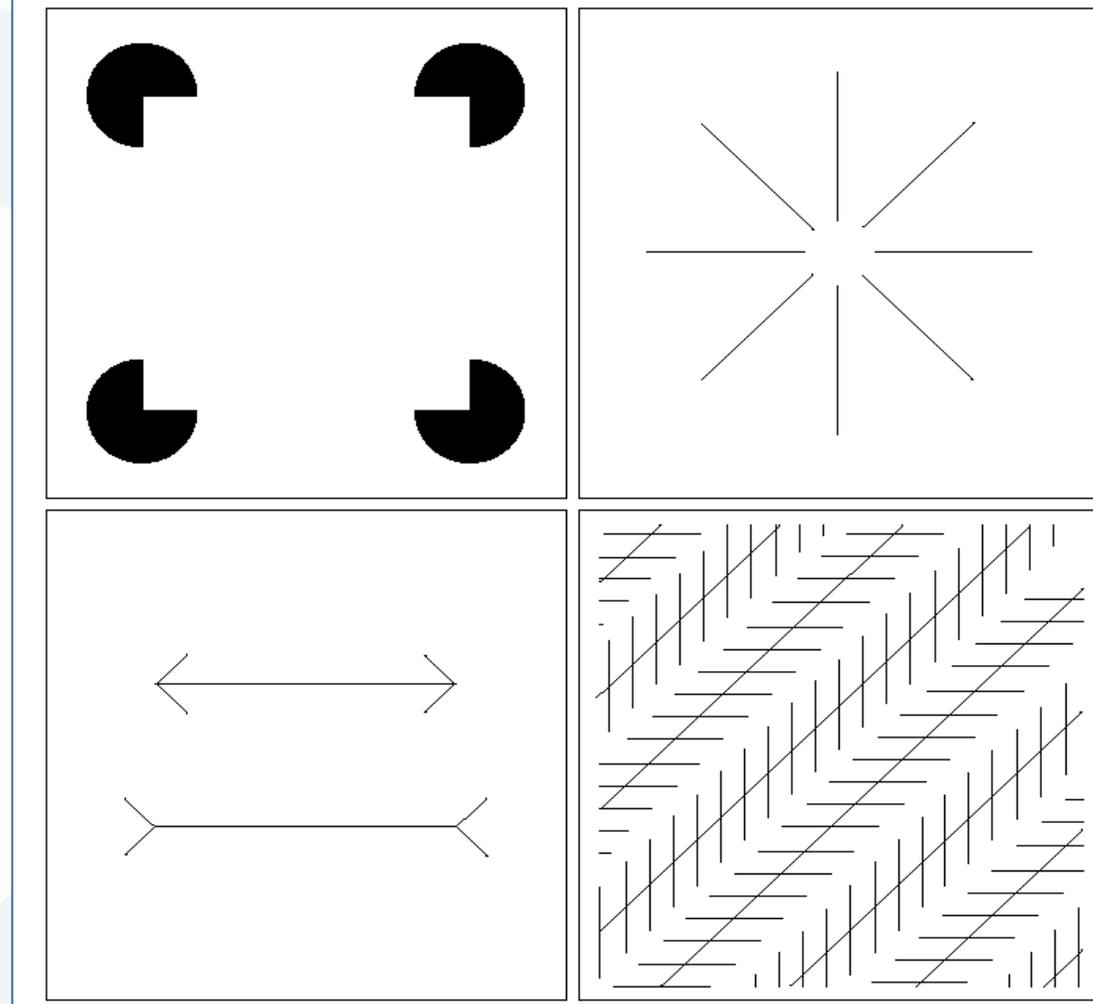
# Brightness Adaptation of Human Eye : Simultaneous Contrast



**Simultaneous contrast.** All small squares have exactly the same intensity but they appear progressively darker as background becomes lighter.

# Optical illusion

فالعقل لا يكتفي بالرؤية  
وكفى لأن هذا عمل العين،  
لكنه دائما يكمل عمله  
بالاستنتاج والتحليل باحثا  
عن المعنى وعن مجمل  
الصورة



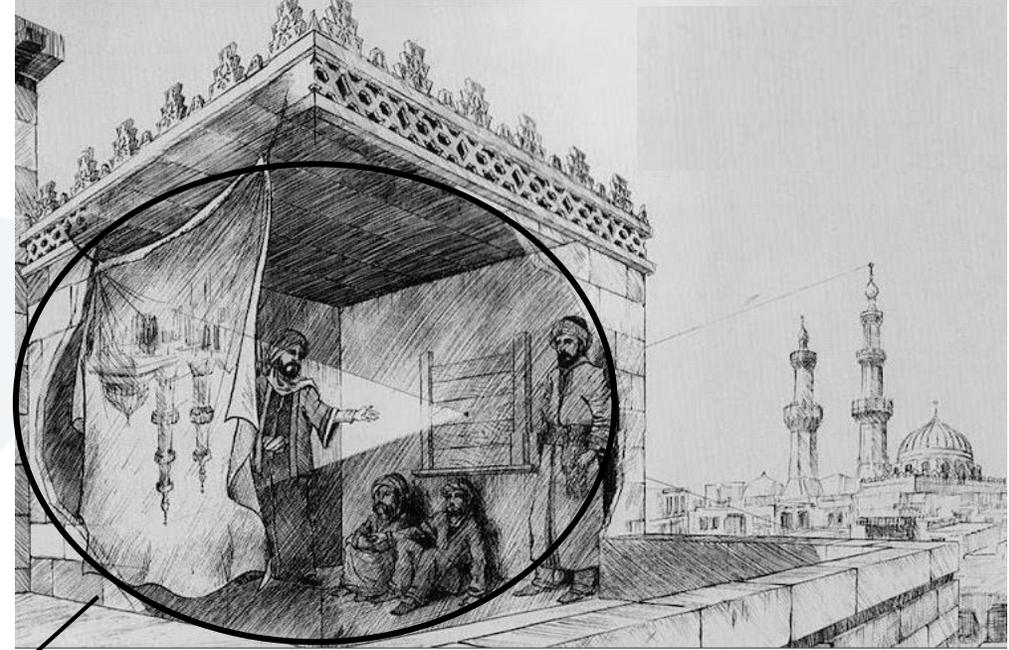
يعرف الوهم البصري optical illusion  
على أنه طريقة عمل الدماغ في ادراك  
الصور بصريا بطريقة تختلف عن  
الواقع الموضوعي، حيث تتم معالجة  
المعلومات التي تجمعها العين في الدماغ  
لإعطاء تصور لا يتفق مع القياس  
المادي

(Images from Rafael C. Gonzalez and Richard E.  
Wood, Digital Image Processing, 2<sup>nd</sup> Edition.



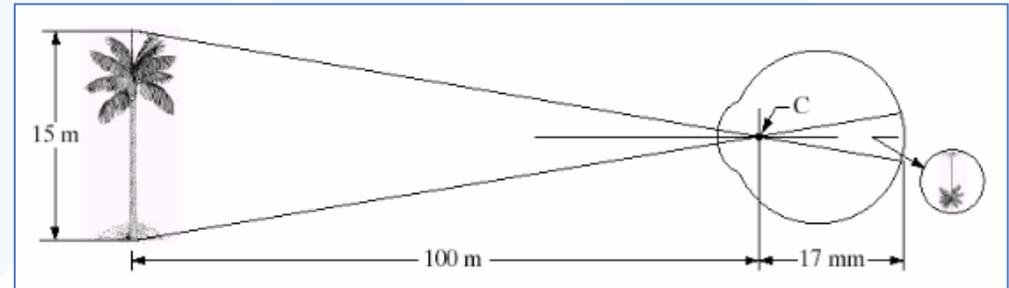
سعى الإنسان إلى حفظ صور عن حياته (الرسم في الكهوف وعلى الجدران)

(دخول ضوء من ثقب في جدار وسقوطه على الجدار المقابل يكون صورة مقلوبة غير حادة الملامح للمشاهد الخارجي)



ابن الهيثم وعلم البصريات

قُمرَة ← Camera



# أول صورة فوتوغرافية حقيقية

تمكن العالم الفرنسي جوزيف نيبس عام 1826 من التقاط أول صورة فوتوغرافية حقيقية



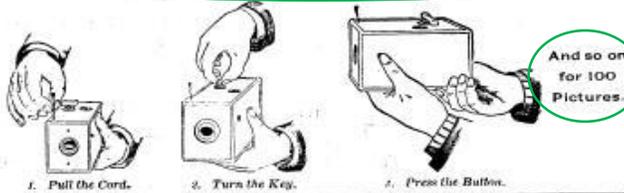
الرسم بالضوء هي تعريض الفضة مع الطباشير إلى الظلام ومن ثم الضوء المفاجئ فتثبت الصورة

# نحو الأسواق التجارية



Silver Medal at Minneapolis Convention  
1892 A. A. for most important invention  
of the year.

PHOTOGRAPHY REDUCED TO THREE MOTIONS.



ANYBODY CAN USE IT.

Size of Camera, 3 1/4 x 3 1/4 x 6 1/2 inches.  
Weight, 1 lb. 10 oz.  
Size of Picture, 2 1/2 in. diameter.

PRICE, \$25.00.

Price includes hand-sewed sole leather Carrying Case,  
with shoulder strap and film for 100 exposures.

PRICE

For Developing, Printing and Mounting 100 Pictures,  
including spool 100 films for reloading Camera.... \$10 00  
Spool for reloading only..... 2 00

THE EASTMAN DRY PLATE AND FILM CO.,

35 Oxford Street, London.

Rochester, N. Y.



Put a  
Kodak  
in your  
Pocket.

By the Kodak System

## Pocket Photography

becomes simple and practical. The Kodak system does away with heavy, fragile, glass plates and cumbersome plate holders, using non-breakable film cartridges, which weigh but ounces where plates weigh pounds. Kodaks can be loaded and unloaded in broad daylight.

**KODAKS \$5.00 to \$35.00**

EASTMAN KODAK CO.

Rochester, N. Y.

Catalogues free of dealers or by mail.

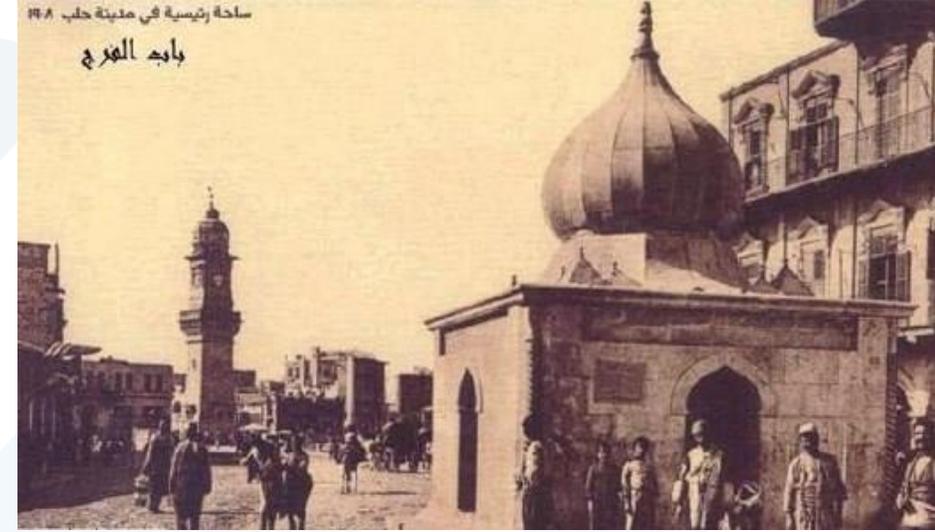
- جورج إيستمان أول كاميرا كوداك 1888 اضغط الزر ونحن نقوم بالباقي
- أول كاميرا جيب 1896

الكاميرا ذات الصندوق الأسود

# خلال أكثر من نصف قرن لاحق



قوس النصر



باب الفرج

## الباب الشرقي لمدينة دمشق من تصوير جيمس غراهام 1852

وعلى الرغم من عدم إنتاج الكاميرات على الصعيد التجاري في الستين سنة التي تلت التقاط أول صورة فوتوغرافية إلا أن الملايين من الصور التقطت بدأ يظهر مصطلح الفوتوغراف وهي كلمة يونانية مؤلفة من مقطعين "فوتو" وتعني الضوء و"غراف" وتعني الرسم فمعنى هذه الكلمة مجتمعة هي "الرسم بواسطة الضوء".

# نحو انتشار أوسع وفي الصحافة



الملك فيصل الاول مع ملكة بريطانيا يشاهدون  
مباراة تنس في لندن



-برج بيزا المائل بعد تعرضه لزلزال 1920

-One image worth more than  
thousand of words

## اختراع المصور الفرنسي Édouard Belin حوالي 1920 جهازاً لبث الصور بالبرق والهاتف اطلق عليه اسم "Belinograph"

-لف الصورة على أسطوانة  
ومسحها بحزمة ضوئية مع وجود  
خلية كهروضوئية تحول الضوء إلى  
نبضات كهربائية قابلة للإرسال



واجه البيلينوغراف عدة تحديات أهمها:

- ❖ يترتب على المصور نقل مختبر كامل (معدات تزن حوالي 50 كغ) لتظهير الصور على الورق قبل بثها
- ❖ طول زمن إعداد الصور للإرسال والذي تجاوز الساعة
- ❖ الصور الناتجة كانت غير واضحة واختفت فيها التفاصيل خاصة مع نوعية عملية الطباعة المختارة حينها

□ في عام 1957 تم تحويل أول صورة إلى صورة رقمية ونقلها إلى حاسوب Standards Eastern Automatic Computer (SEAC) من قبل العالم Russell Kirsch في المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا NIST



# Digital Image Processing in Early Space Projects



**FIGURE 1.4** The first picture of the moon by a U.S. spacecraft. *Ranger 7* took this image on July 31, 1964 at 9:09 A.M. EDT, about 17 minutes before impacting the lunar surface. (Courtesy of NASA.)

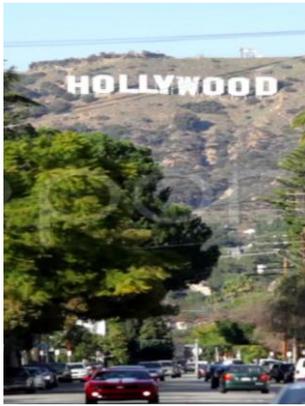
□ في عام 1975 نجح المهندس Steven Sasson في اختراع الكاميرا الرقمية لصالح شركة kodak

## أول صورة ملتقطة من كاميرا هاتف محمول

□ في عام 1997 قام فيليب كان Philippe Kahn بمشاركة أول صورة ملتقطة من كاميرا هاتف وهي صورة لابنته



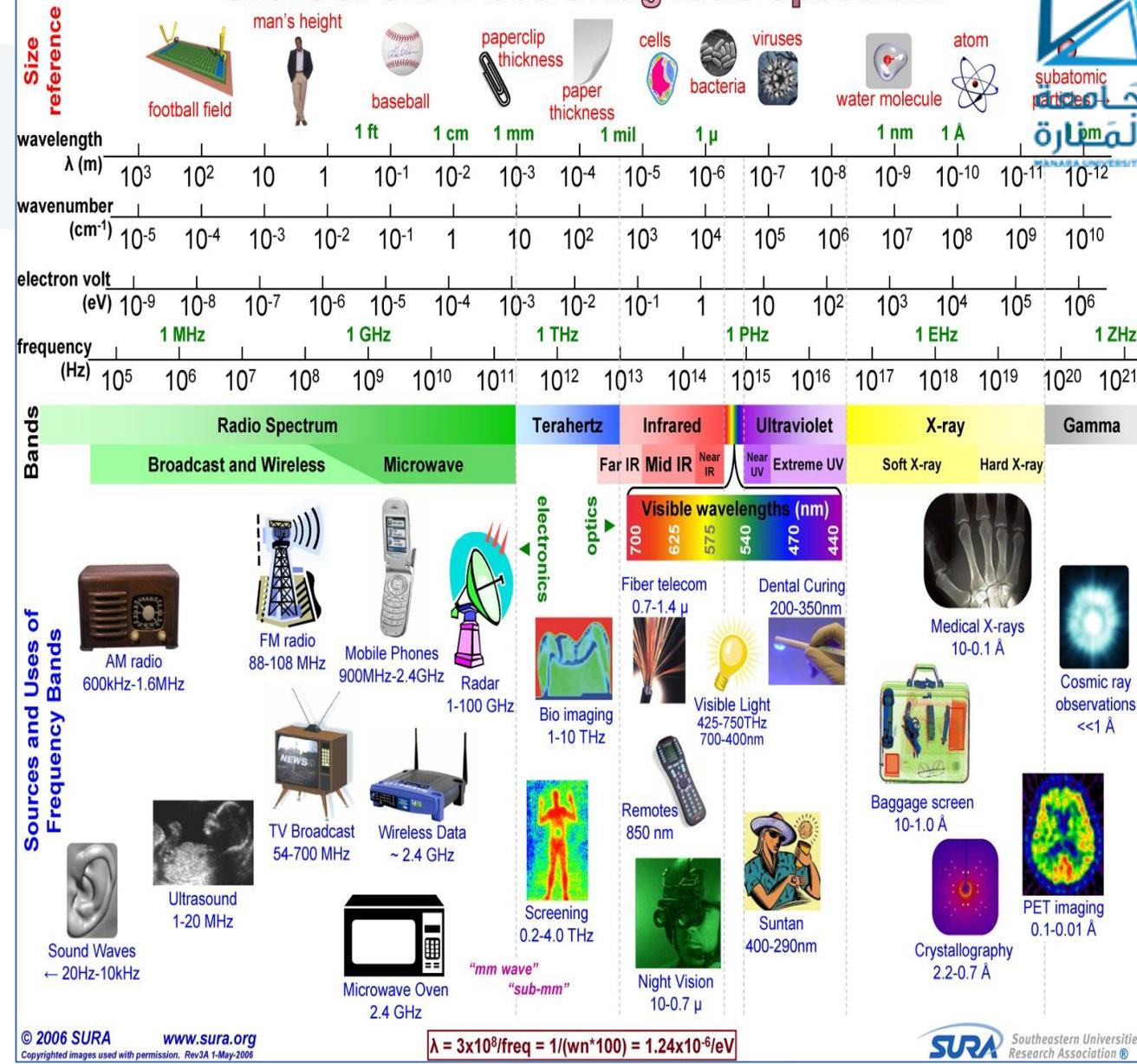
□ كاميرا واحدة لا تكفي ← Dual, triple, quad camera phone



# Chart of the Electromagnetic Spectrum



اختيار نوع التصوير المناسب لتطبيق ما  
من تطبيقات معالجة الصورة حسب  
مجالات الطيف الكهرطيسي



مصدر الطاقة الرئيسي للصور المستخدمة اليوم هو طيف  
الطاقة الكهرومغناطيسي EM

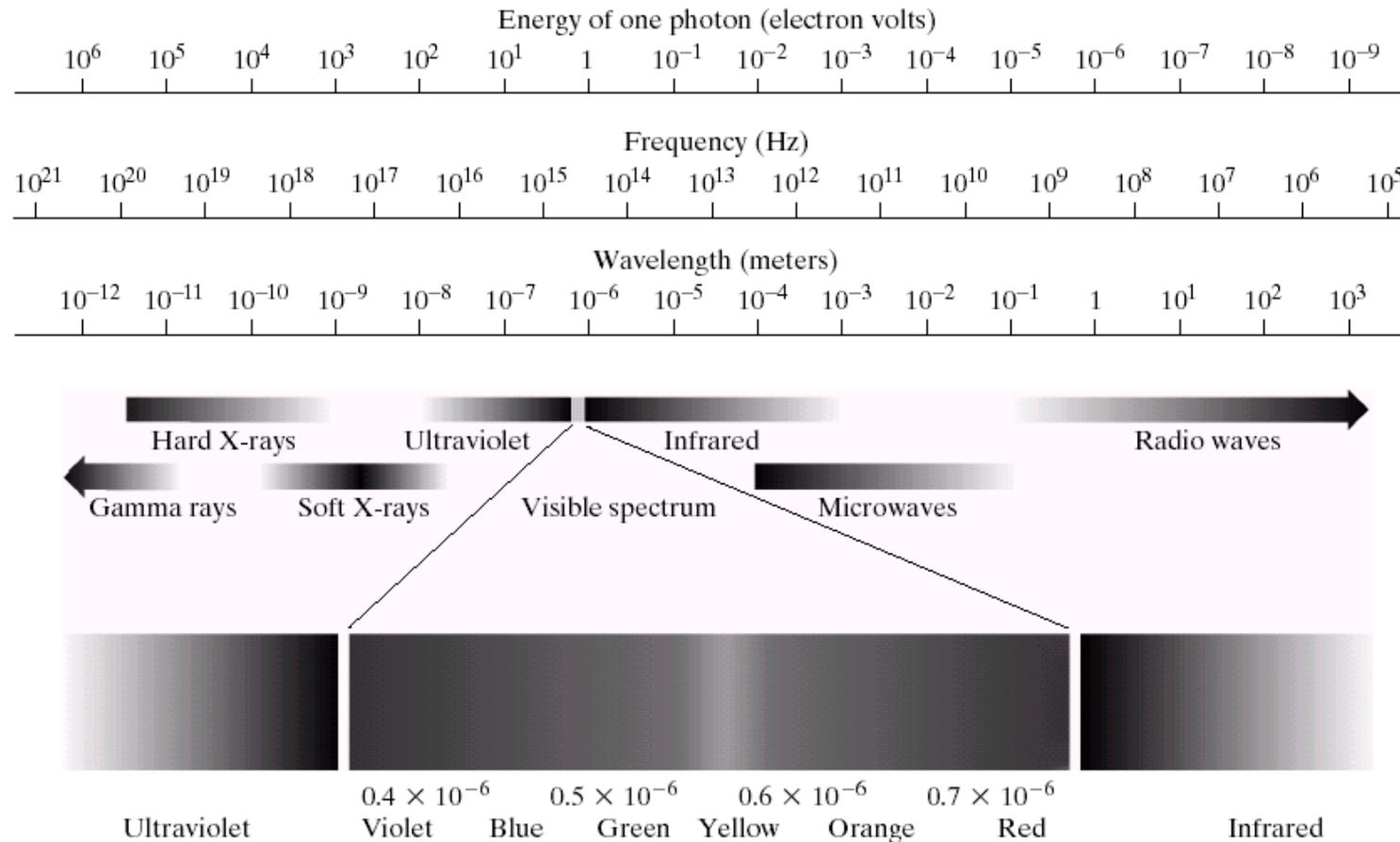
صحيح أن العين البشرية تستطيع كشف فقط المجال  
المرئي إلا أنه توجد حساسات قادرة على كشف باقي  
مجالات الطيف

الموجات الكهرومغناطيسية على أنها انتشار موجات جيبية ذات  
أطوال موجية متفاوتة ، أو يمكن أن تكون  
على شكل تيار من الجسيمات عديمة الكتلة تنتقل في نمط موجي  
وتتحرك بسرعة الضوء. يحتوي كل جسيم عديم الكتلة على  
كمية معينة أو حزمة من الطاقة

$$\lambda = 3 \times 10^8 / \text{freq} = 1 / (\text{wn} \cdot 100) = 1.24 \times 10^{-6} / \text{eV}$$

$$\lambda = 3 \times 10^8 / \text{freq} = 1 / (\text{wn} \cdot 100) = 1.24 \times 10^{-6} / \text{eV}$$

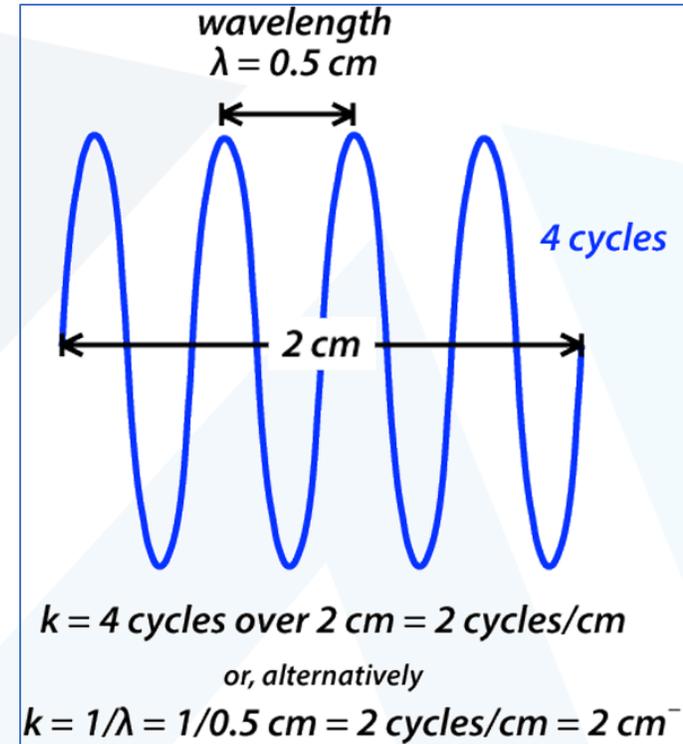
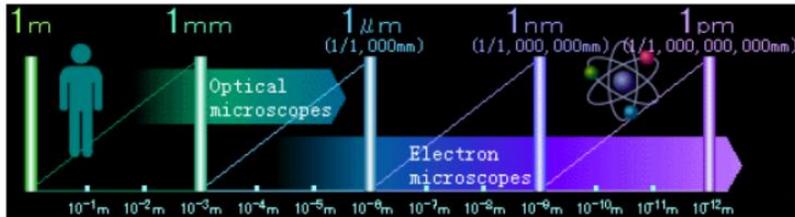
# Energy Sources for Images



**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.

## ■ Typical size

- 1 light-year =  $9.46 \times 10^{15}$  meter
- the height of a person 1.7 meter
- Diameter of millet is 1 millimeter
- Diameter of red blood cell is 8 microns
- Wavelength of visible light is about 380-780 nanometers
- Diameter of hydrogen atom is 0.1 nanometers, while diameter of proton is  $1.6 \times 10^{-15}$  meter

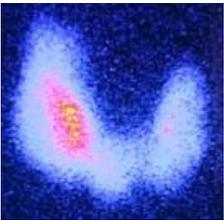
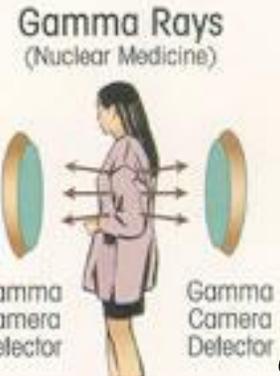


# الصور الرقمية وفق مجالات الطيف الكهرطيسي صور أشعة غاما Gamma-ray

- أشعة غاما: أقصر طول موجة وأعلى طاقة (تردد)
- تنتج من الأجسام الأكثر طاقة وسخونة في الكون كالنجوم والانفجارات الكونية والمناطق المحيطة بالثقب الأسود
- على الأرض من التفجيرات النووية والبرق
- لا يمكن التقاطها وانعكاسها عن المرايا بسبب قصر طول موجتها
- فتمرين ذرات الكاشف لذلك تحوي كواشفها على كتل كريستالية عالية الكثافة

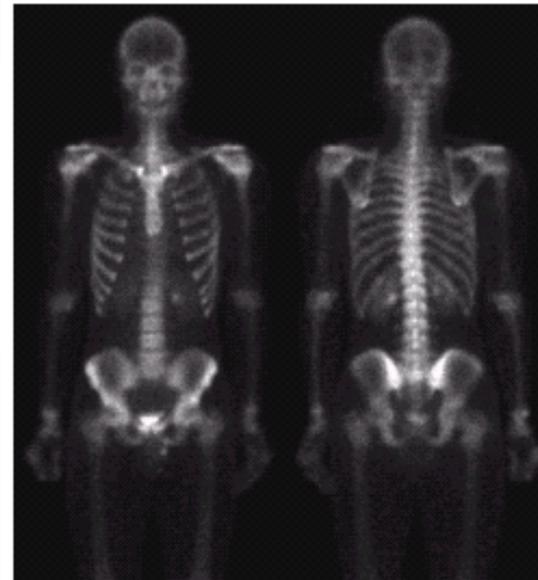
يعتبر التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني (يرمز لها اختصاراً PET من Positron Emission Tomography) هي تقنية تصوير في الطب النووي تبين صور ثلاثية الأبعاد لبعض أعضاء الجسم وما قد يكون فيها من ورم سرطاني، كما يمكن بواسطتها تفقد مختلف العمليات الوظيفية في الجسم، مثل العمليات الحيوية للجهاز الهضمي.

ويعمل الجهاز المصوّر على أساس اكتشاف أزواج من أشعة غاما المنبثقة بشكل غير مباشر من نظير مشع يكون مصدرا للبوزيترونات (إلكترونات موجبة الشحنة). يتم حقن المادة المشعة في جسم المريض بعد ربطه بجزيء حيوي فعال (مثل جزيء سكر)، فتتركز المادة المشعة بالعضو المراد فحصه، مثل الدماغ أو الكلى أو الكبد. ثم يتم تسجيل القياسات لأشعة غاما الصادرة من العضو واستبناء صورة ثلاثية الأبعاد لها بواسطة الحاسوب.

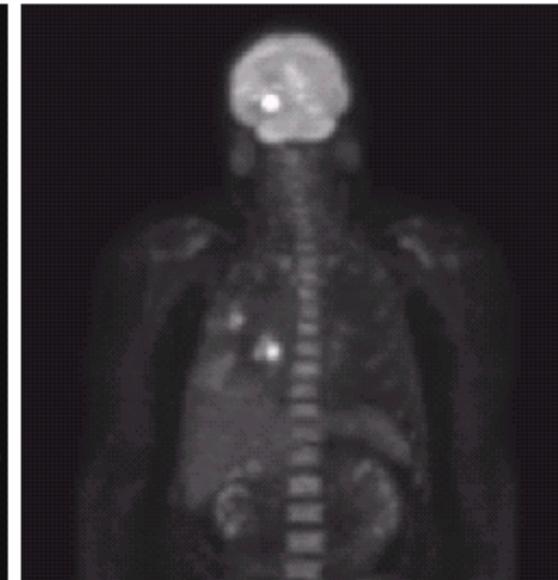


الطب النووي

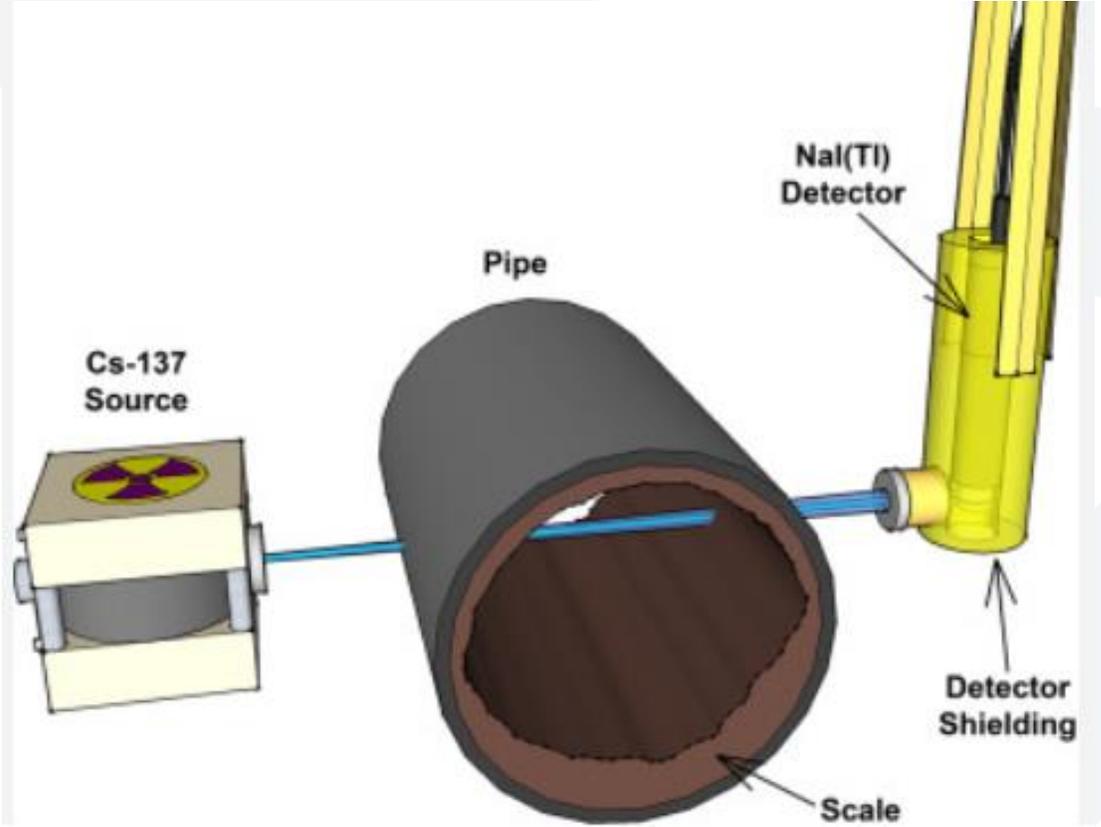
Bone scan



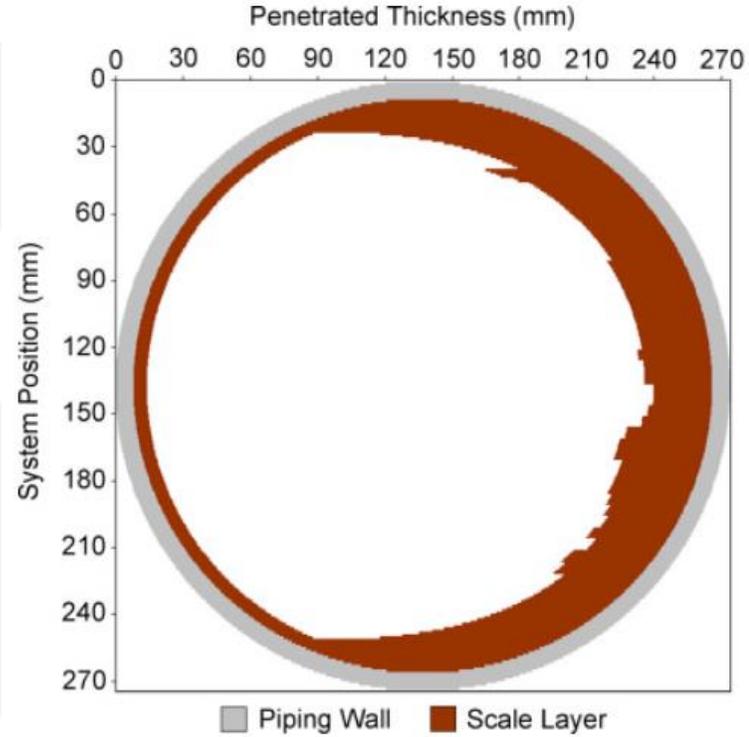
PET



فحص أنابيب البترول



to detect and quantify the thickness of the scale layer inside the service pipelines.



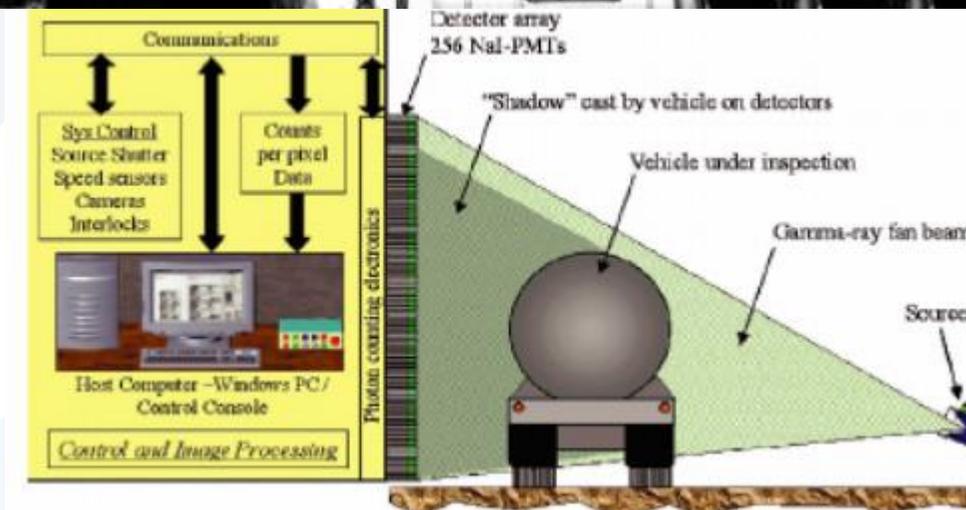
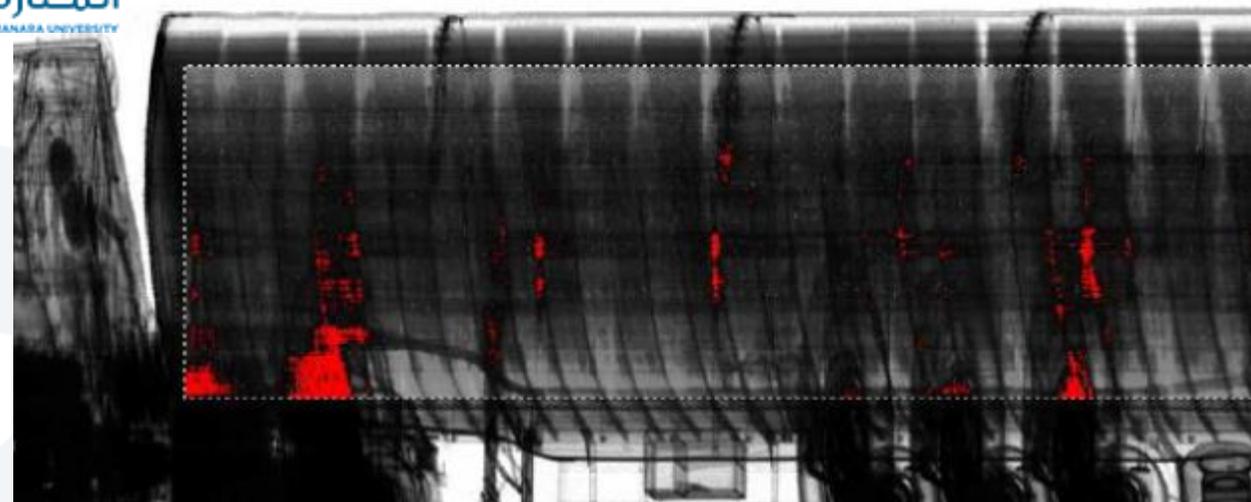
Gamma transmission system for detection of scale in oil exploration pipelines



جامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY

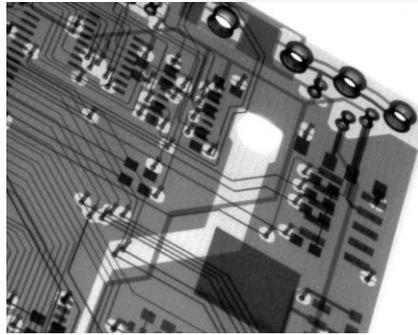
# الصور الرقمية وفق مجالات الطيف الكهرطيسي صور أشعة غاما Gamma-ray

Use of gamma-ray intensity response to evaluate the shipment content



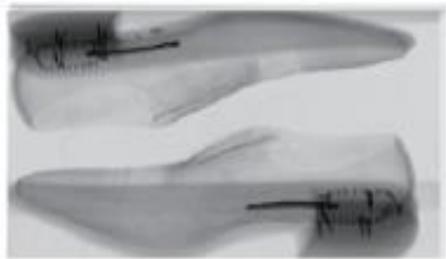
الحاويات المحملة على السفن التجارية

بإجراء عملية تسخين للمهبط (تأين حرلاري) تحدث عملية إصدار للإلكترونات نتيجة مرور تيار كهربائي ذو جهد مرتفع (بين 25 و600 كيلوفولت). تسرع هذه الإلكترونات نحو جهة المصعد، حيث تصطدم مع المادة المكوّنة للمصعد، وتنتج جرّاء ذلك الأشعة السينية. يُصنع الهدف في أنبوب كولدج من عنصر مثل التنجستين أو الروديوم. أن انتقالات طاقة الإلكترون في ذرات هذه العناصر يمكن أن تولّد فوتونات أشعة سينية إذا تحرّرت منها إلكترون ذو مستوى طاقة منخفض.

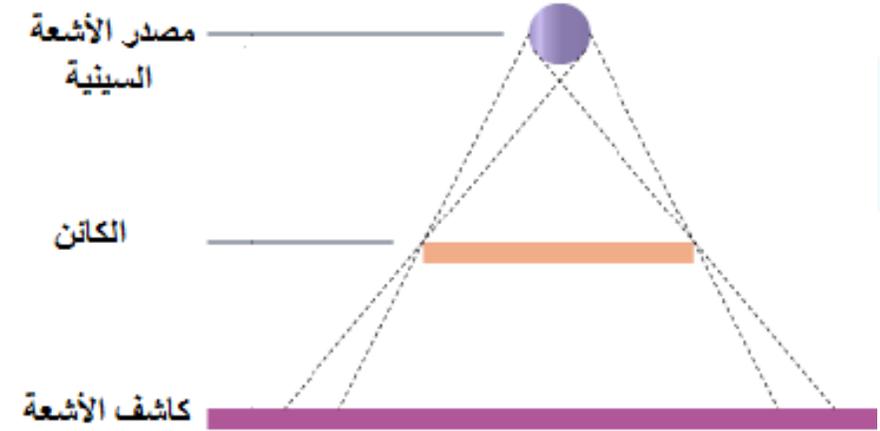
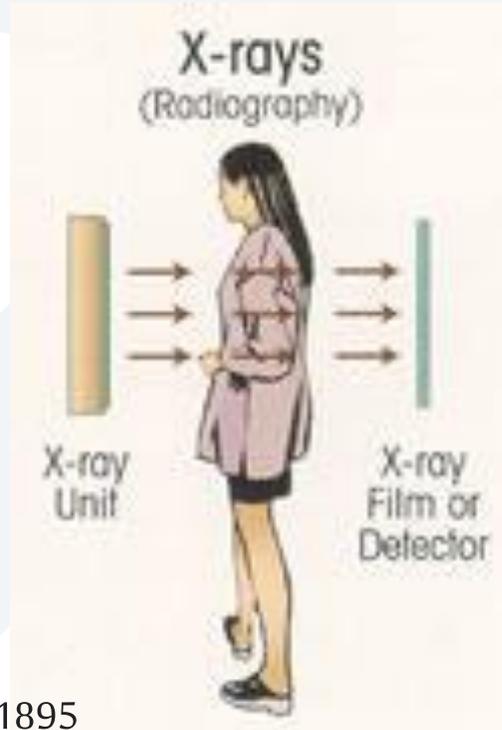


PCB

في الصناعة لكشف الشقوق  
في القوالب المعدنية وسلامة  
الوصلات اللحامية وكفاءة  
تركيب الدارات المطبوعة



التفتيش وفحص المسافرين  
وحقائبهم



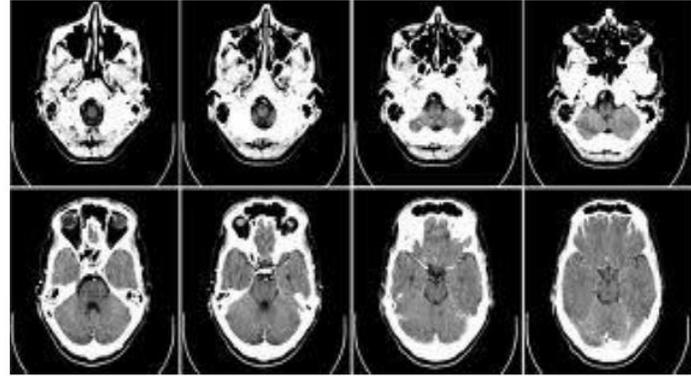
توليد صورة الأشعة السينية عن طريق الظل: تتولد  
وتمر عبر الهواء دون تخميد حتى ترتطم بالكائن  
فتتخذ بدرجات متفاوتة

its name is X-radiation to signify an unknown type of radiation. 1895

بواسطة فيلهلم كونراد رونتغن



Chest  
X-Ray



Head CT

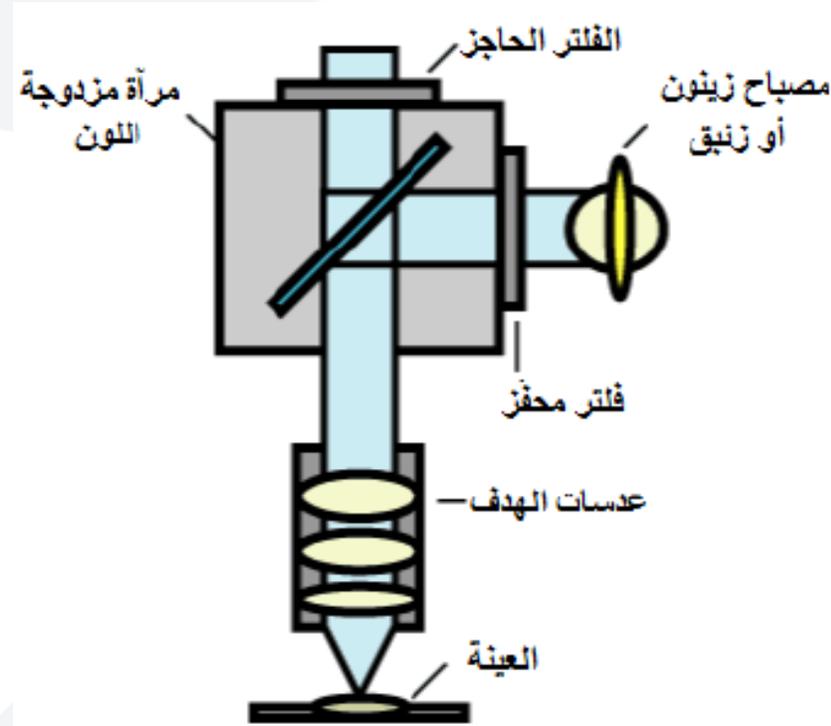


Angiogram  
تصوير الأوعية الدموية

- CT تستخدم في تكوين صورة ثلاثية الأبعاد لأعضاء الجسم الداخلية. وتتكون عن طريق عدة صور ثنائية الأبعاد تلتقط حول محور ثابت للدوران.
- يتميز التصوير المقطعي المحوسب بوضوح عالي جدًا للصورة ويُظهر تفاصيل العظام بشكل متناهي الدقة بعكس تصوير الرنين المغناطيسي الذي يصور الأنسجة الرخوة بدقة عالية، وهذا الإجراء خالٍ من الألم.

كمية الإشعاعات الناتجة من هذه الأجهزة تزيد عن الكمية الناتجة من الأشعة السينية بأكثر من ألف مرة. كلما ازدادت كمية الأشعة ازدادت دقة الصورة. يتم تغيير كمية الأشعة وفقًا لعمر، وزن، وجنس المريض ووفقًا للعضو المراد تصويره. يرجح العلماء أن ما يقارب 5% من السرطانات في المستقبل سيكون سببها التصوير الطبي بكافة أنواعه.

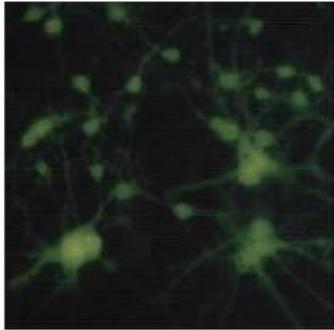
- Very hot objects emit UV radiation
- Ultraviolet radiation carries more energy and infrared radiation less energy than visible light
- shorter wavelengths (from 10 nm to 380 nm) are ultraviolet (UV)
- longer wavelengths (from 750 nm to 1 mm) are infrared (IR) radiation.



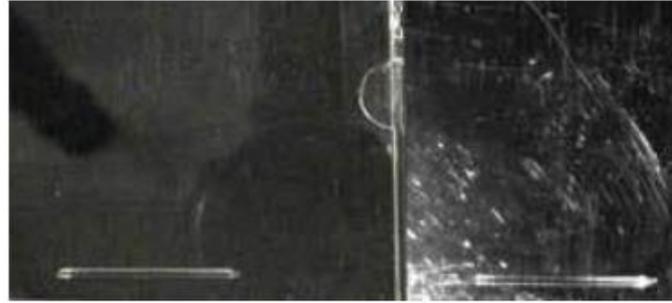
المجهر التآلقي

ويتم توليد الأشعة فوق البنفسجية في المجهر التآلقي بواسطة مصباح من الزينون أو الزينيك .

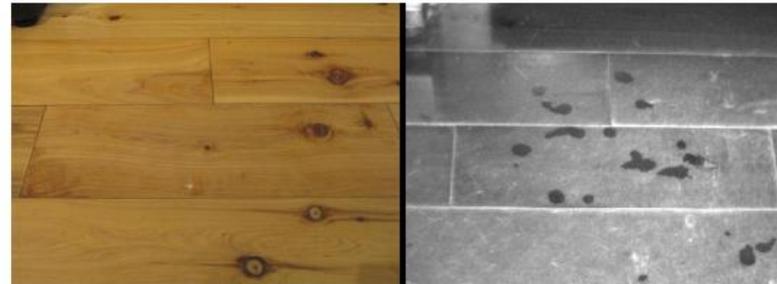




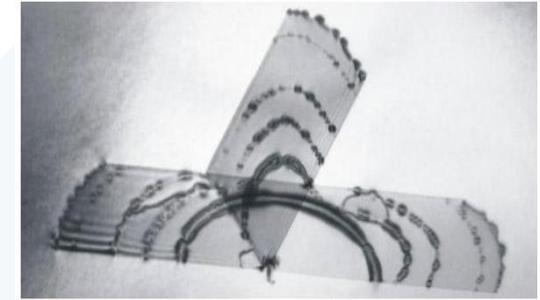
صور أشعة فوق البنفسجية لخلايا دماغية.



صورة لسطح من الذهب باستخدام التصوير العادي على اليسار وصورة  
الأشعة البنفسجية على اليمين

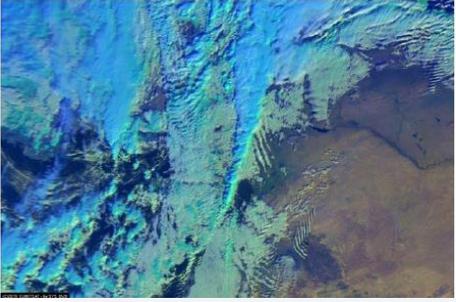


صورة لأرضية عليها آثار دماء ممسوحة صورت بالكاميرا العادية  
على اليسار وباستخدام الأشعة فوق البنفسجية على اليمين.



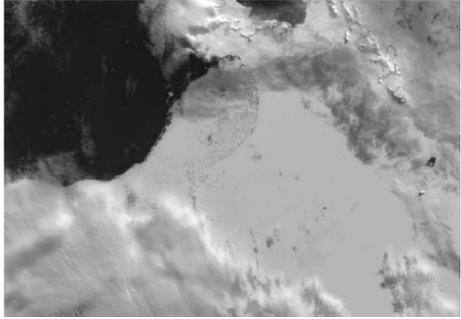
صورة بالأشعة فوق البنفسجية تظهر عيباً  
في إحدى رقائق السيليكون.

# من تطبيقات التصوير في المجال المرئي



صور للغلاف الجوي والغيوم وخصائصها  
(العاصفة زينة 2015)

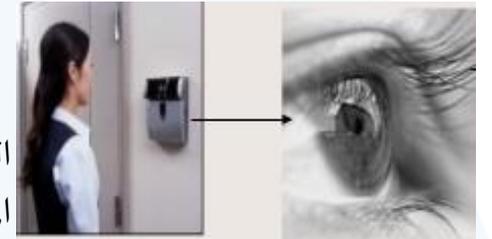
تعد الشمس المصدر الرئيس للأشعة المرئية



قياس الارتفاعات باستخدام الليزر (صورة  
للقطب الجنوبي عام 2008)



التفتيش والفحص الآلي للمنتجات ونظم المحاسبة التجارية والتحقق من الفواتير وتنظيم  
المستودعات



تطبيقات التعرف والتمييز (بصمة الاصبع، الوجه، بصمة العين)

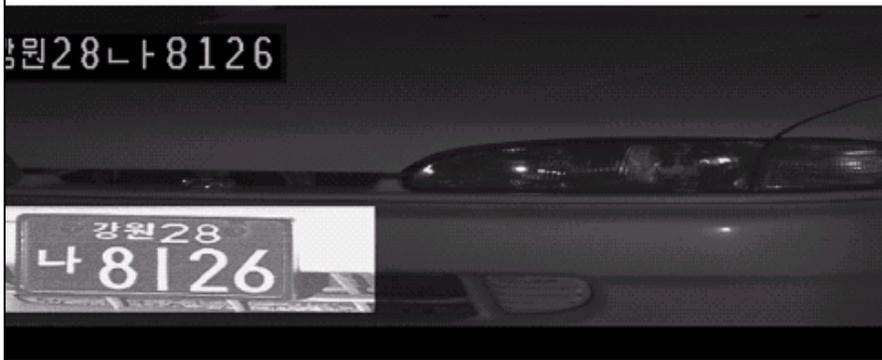
الصور الجوية للمدن للأرض وتغيرات الغطاء النباتي والمائي

# Automated Visual Inspection



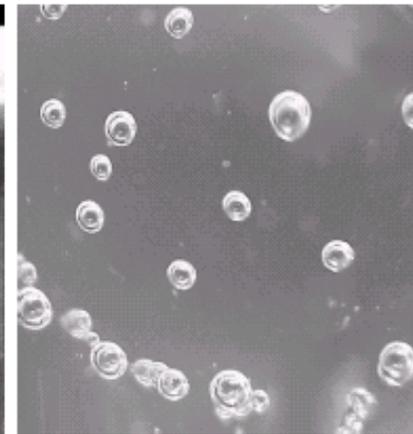
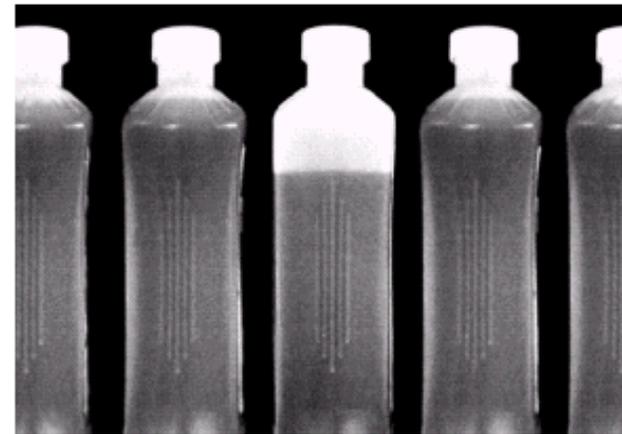
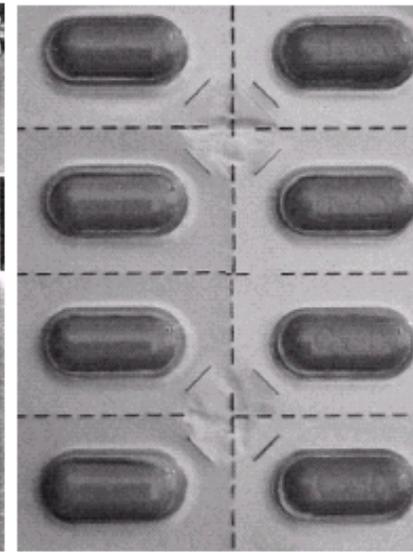
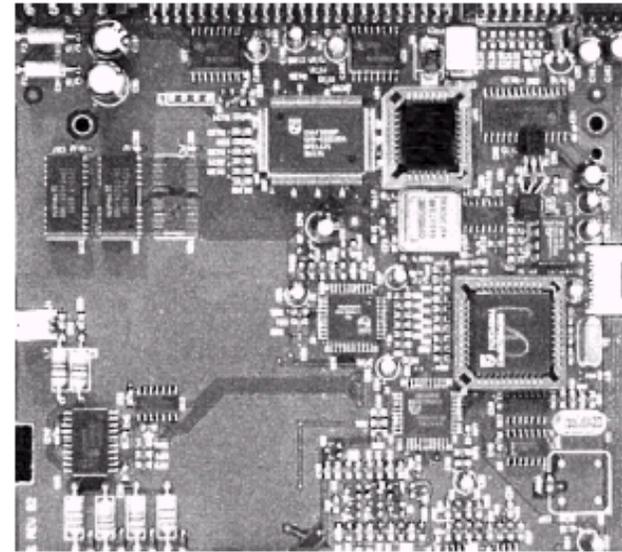
a b  
c d

**FIGURE 1.15** Some additional examples of imaging in the visual spectrum. (a) Thumb print. (b) Paper currency. (c) and (d). Automated license plate reading. (Figure (a) courtesy of the National Institute of Standards and Technology. Figures (c) and (d) courtesy of Dr. Juan Herrera, Perceptics Corporation.)



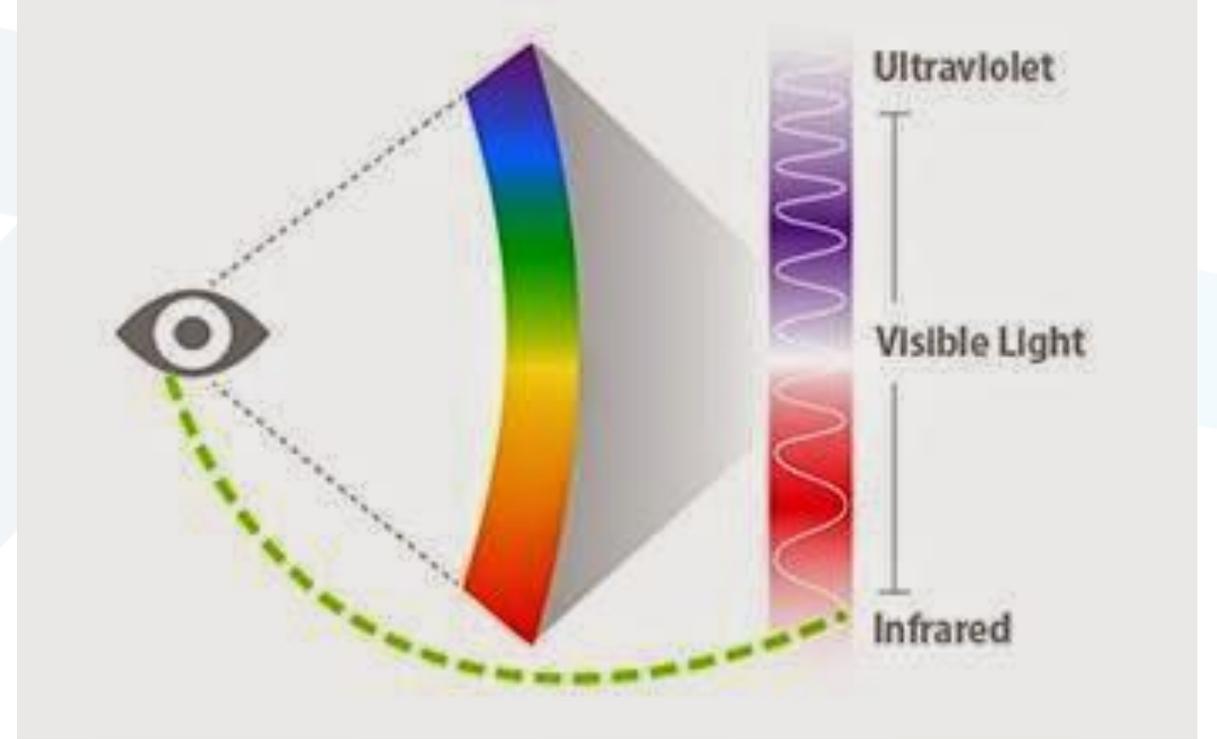
a b  
c d  
e f

**FIGURE 1.14** Some examples of manufactured goods often checked using digital image processing. (a) A circuit board controller. (b) Packaged pills. (c) Bottles. (d) Bubbles in clear-plastic product. (e) Cereal

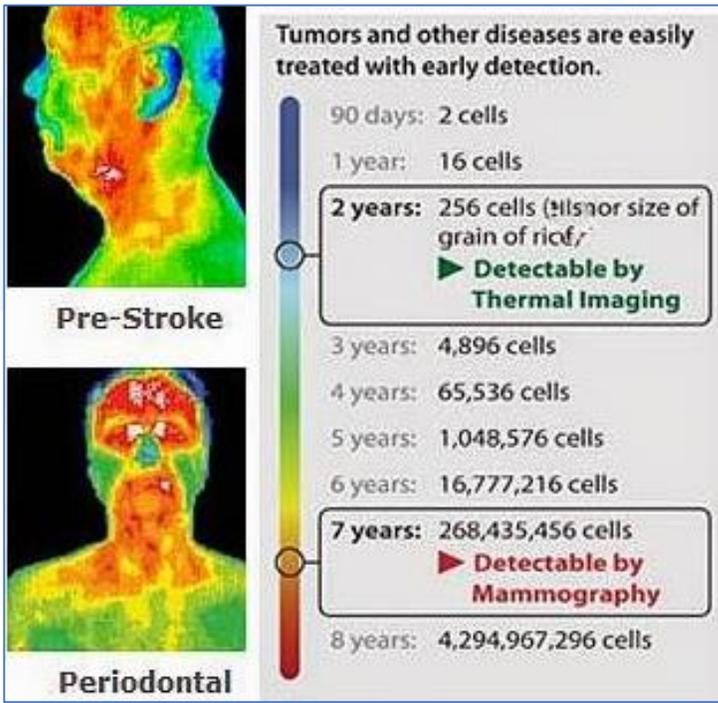


# تصنيف الصور الرقمية وفق مجالات الطيف الكهرطيسي صور الأشعة تحت الحمراء Infrared

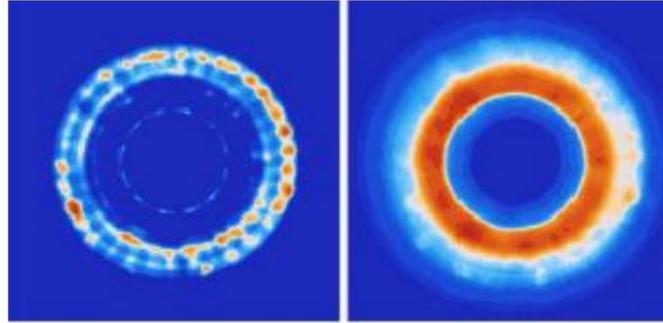
- infrared radiation has less energy than visible light
- longer wavelengths (from 750 nm to 1 mm) are infrared (IR) radiation.



تتولد من جميع الأجسام الدافئة وتولد حرارة في أي جسم تصطدم به  
تعمل معظم كواشفها في درجة حرارة منخفضة لمنع التداخل

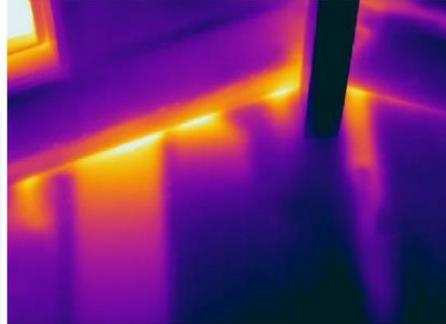


التحليل الطيفي ذو الأشعة تحت الحمراء لتحليل الأنسجة والخلايا في الخزعات لتشخيص مرض السرطان

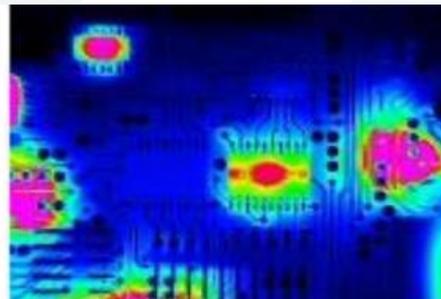


التصميم الميكانيكي كاختبار أنظمة الكبح في السيارات

العزل الحراري في المباني (التكييف)



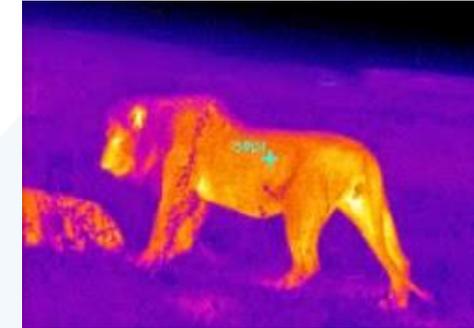
صور حرارية للدارات المطبوعة



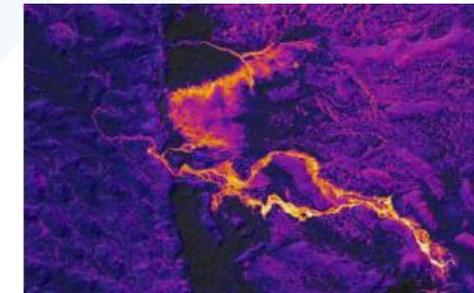
# من تطبيقات التصوير بالأشعة تحت الحمراء thermography



التصوير الليلي

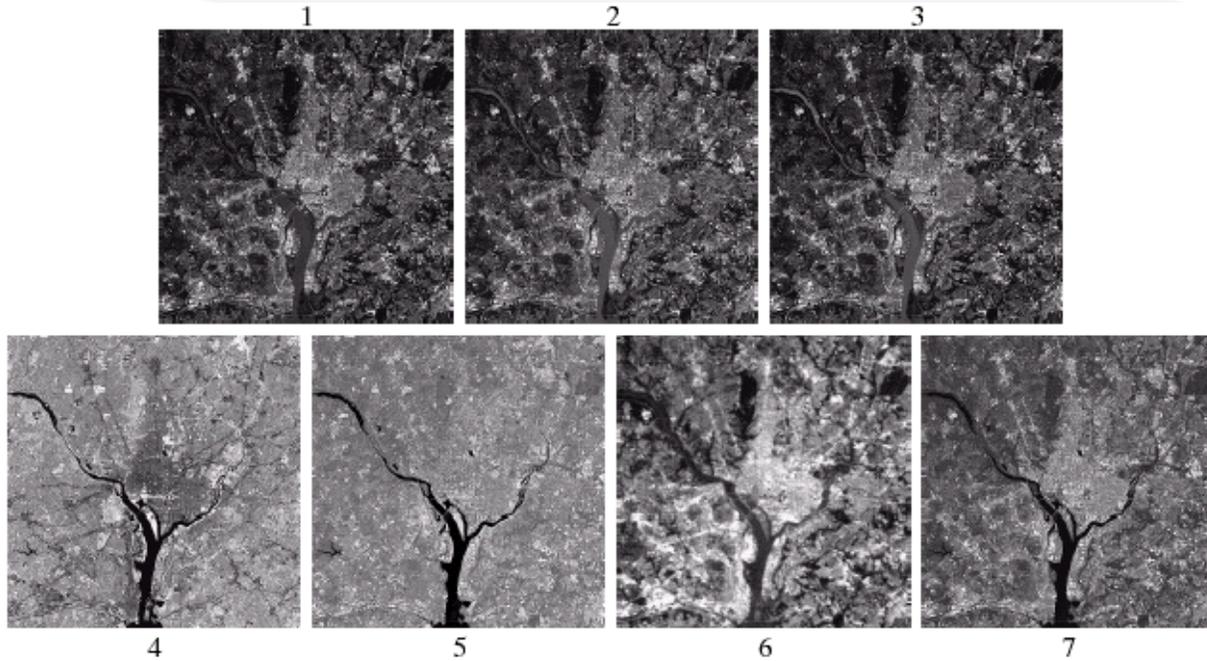


دراسة الانبعاثات الحرارية من الأجسام



رسم خرائط توزيع اليابسة والماء والغطاء النباتي

# Visible Light and Infrared

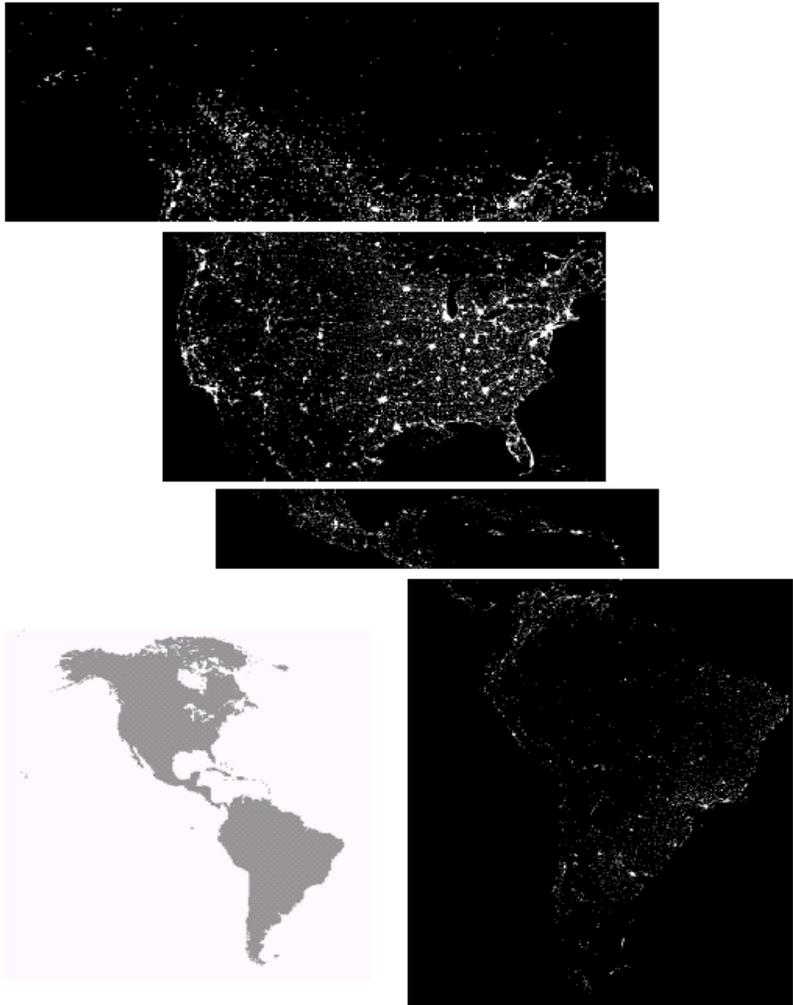


Washington  
D.C.

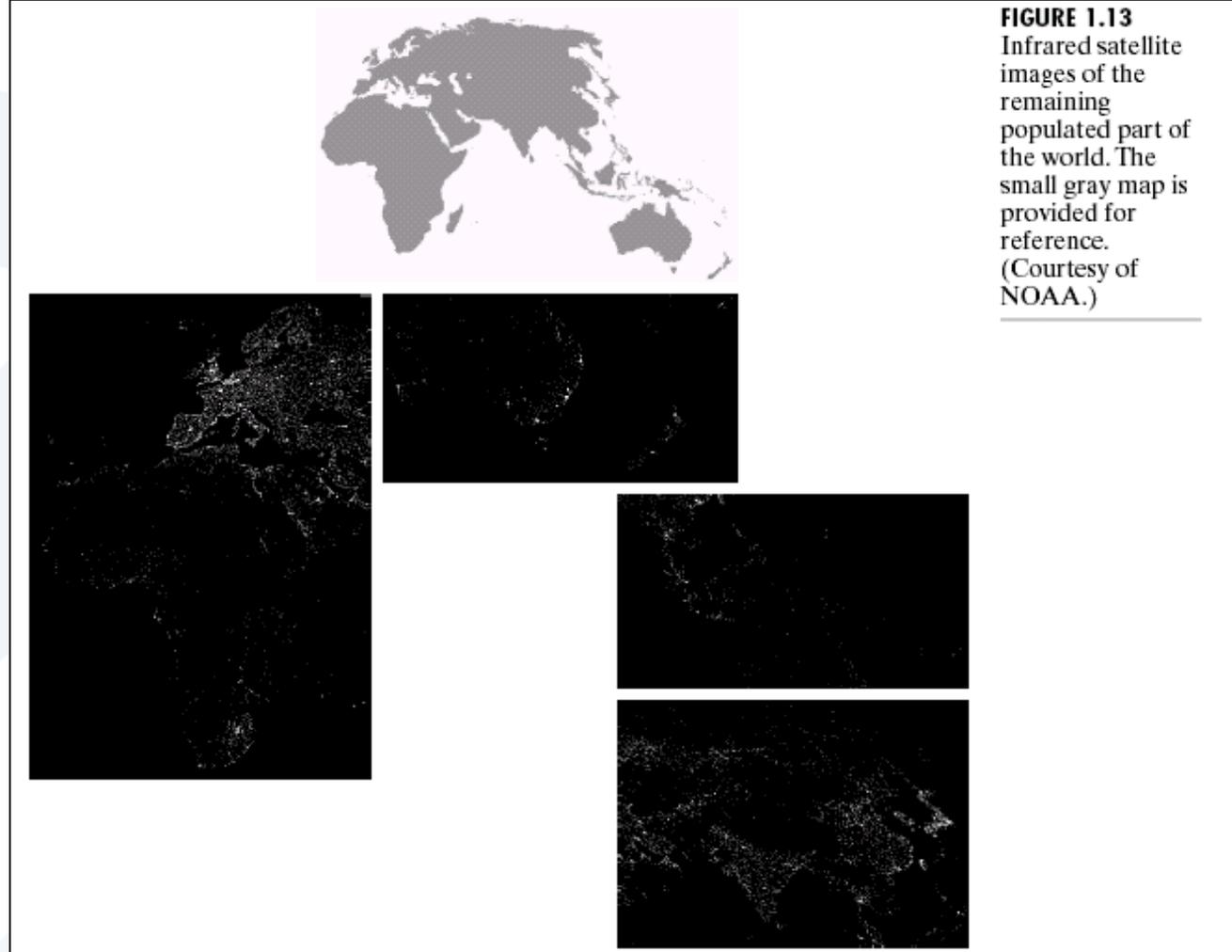
Band No.	Name	Wavelength ( $\mu\text{m}$ )	Characteristics and Uses
1	Visible blue	0.45–0.52	Maximum water penetration
2	Visible green	0.52–0.60	Good for measuring plant vigor
3	Visible red	0.63–0.69	Vegetation discrimination
4	Near infrared	0.76–0.90	Biomass and shoreline mapping
5	Middle infrared	1.55–1.75	Moisture content of soil and vegetation
6	Thermal infrared	10.4–12.5	Soil moisture; thermal mapping
7	Middle infrared	2.08–2.35	Mineral mapping

# Nighttime light of the world

**FIGURE 1.12**  
Infrared satellite  
images of the  
Americas. The  
small gray map  
is  
provided for  
reference.  
(Courtesy of  
NOAA.)

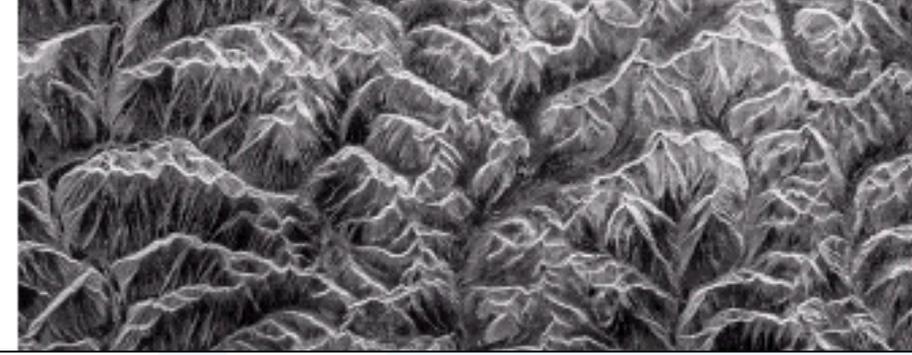


**FIGURE 1.13**  
Infrared satellite  
images of the  
remaining  
populated part  
of  
the world. The  
small gray map  
is  
provided for  
reference.  
(Courtesy of  
NOAA.)

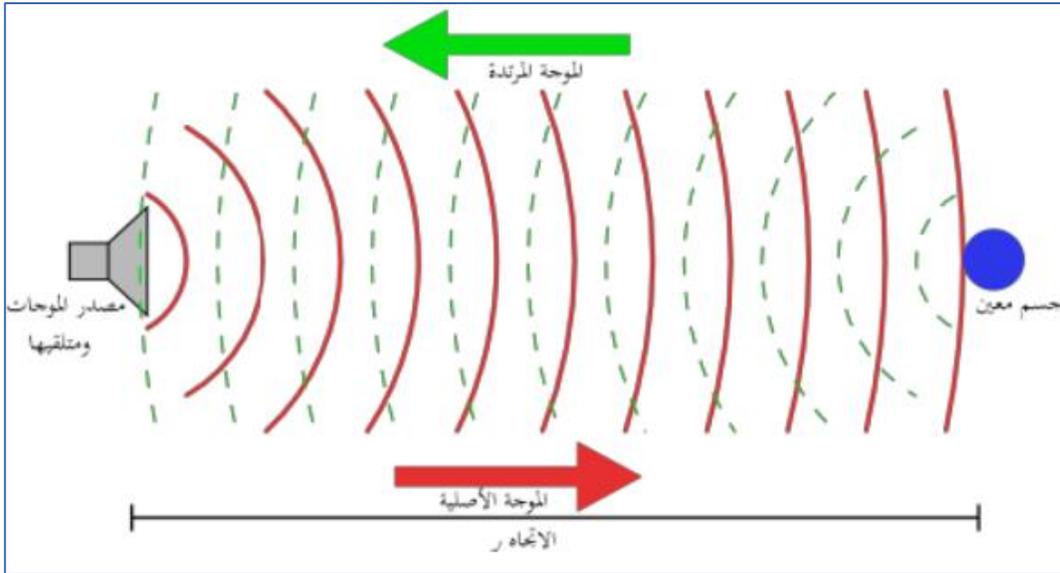


يشترك اسم المايكرويف من الطاقة المستخدمة في طهي الطعام، وهي أفران المايكرويف التي تمر عبر الخلايا وجزيئات الطعام، فتكرار الموجات يتسبب في اهتزاز جزيئات الماء، وتولد هذه الحركة حرارة. لا يقصد البادئة أن تشير إلى طول موجي في نطاق المايكرومتر. بدلاً من ذلك، يشير إلى أن الموجات الدقيقة "صغيرة" (لها أطوال موجية أقصر)، مقارنة بموجات الراديو. 2.4GHz 1mm.

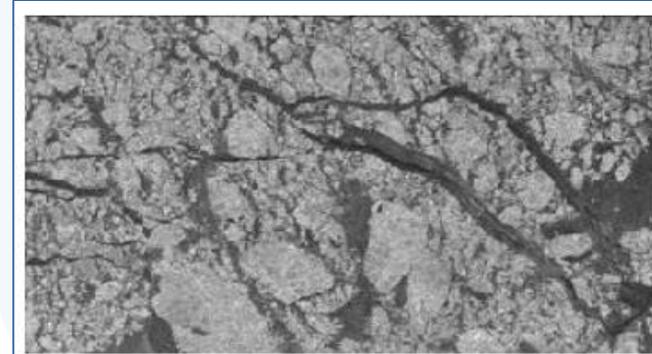
FIGURE 1.16  
Spaceborne radar  
image of  
mountains in  
southeast Tibet.  
(Courtesy of  
NASA.)

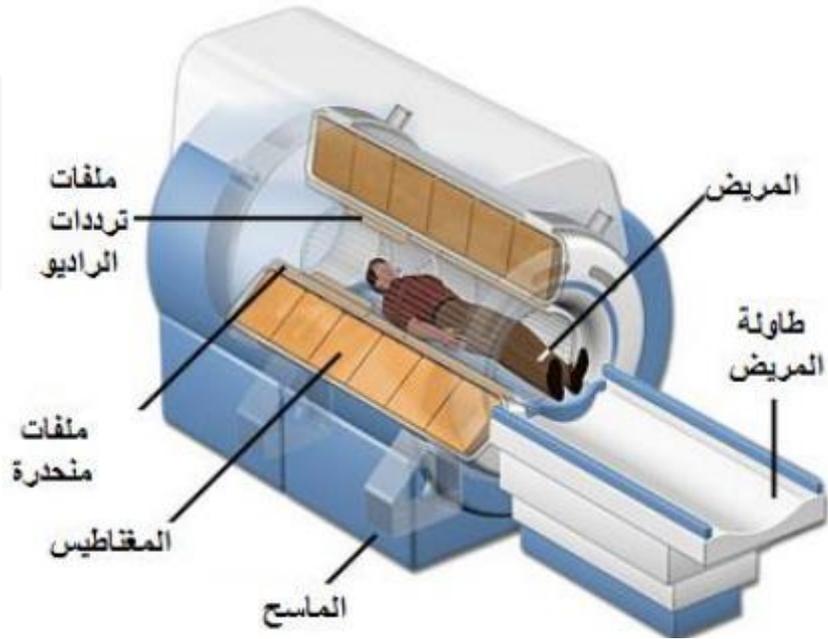


التطبيق السائد للتصوير في نطاق الموجات الدقيقة هو الرادار. الميزة الفريدة لرادار التصوير هي قدرته على جمع البيانات عبر أي منطقة تقريباً في أي وقت، بغض النظر عن الطقس أو ظروف الإضاءة المحيطة. **يستخدم هوائياً مرتبطاً بحاسوب رقمي بدلاً من عدسات الكاميرات وتعالج الإشارة الصادرة عنه للحصول على صور.**

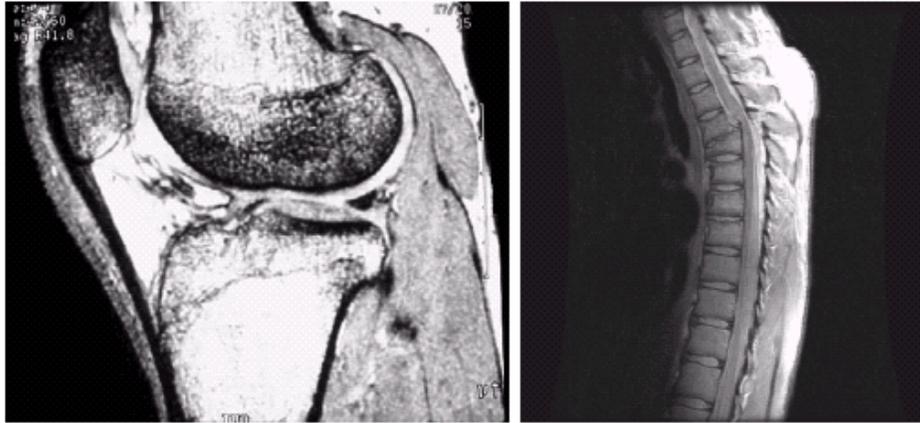


الجليد البحري في ألاسكا (المناطق الداكنة مساحات البحر المغطاة بطبقة رقيقة من الجليد أما المشرقة مساحات طافية من الجبال الجليدية منذ سنوات)

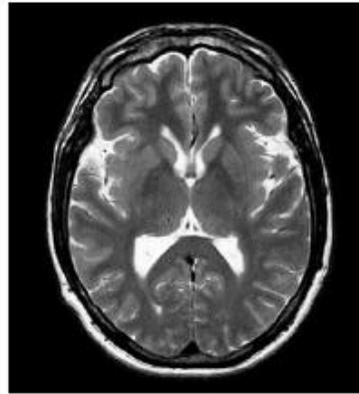




MRIs use and send superconducting **magnet and radiofrequency waves** into the body. The magnetic field lines up atoms either in a north or south position with a few **atoms** that are unmatched (keep **spinning in a normal fashion**). When radiofrequency is added, the unmatched atoms **spin in an opposite direction**, and when the radiofrequency is turned off those unmatched atoms return to the normal position emitting energy. **The energy emitted sends a signal to the computer and the computer uses mathematical formulas to convert the signal into an image.**



**FIGURE 1.17** MRI images of a human (a) knee, and (b) spine. (Image (a) courtesy of Dr. Thomas R. Gest, Division of Anatomical Sciences, University of Michigan Medical School, and (b) Dr. David R. Pickens, Department of Radiology and Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)



- تعتمد على الحقول المغناطيسية Magnetic والموجات الراديوية.
- هي وسيلة تصوير طبية لتوضيح التغيرات المرضية في الأنسجة الحية

# نهاية المحاضرة