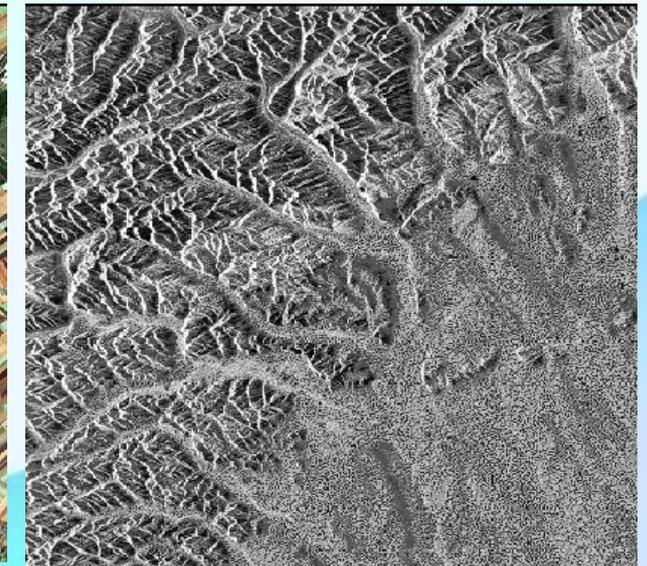
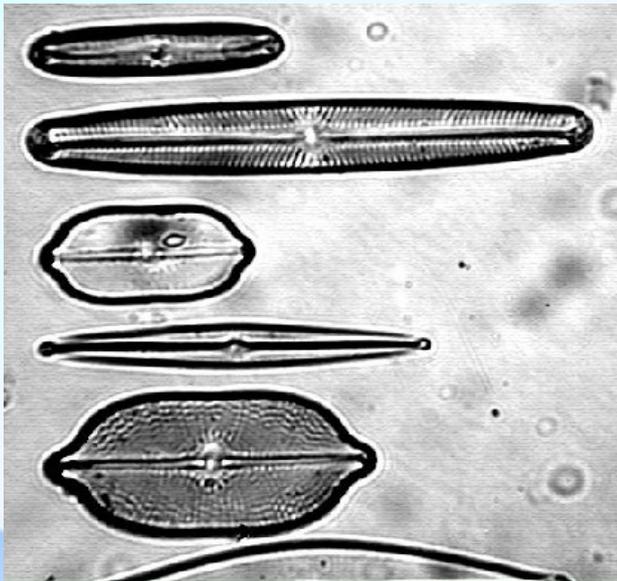


Immagini Digitali (parte 1)



Immagini Digitali

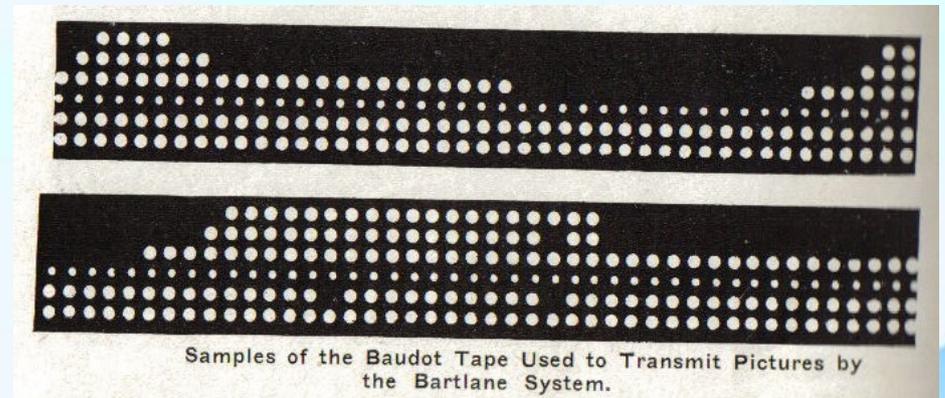
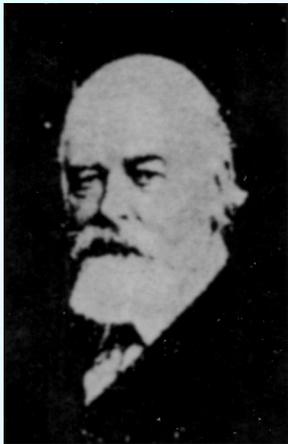
- Le immagini veicolano informazioni al più complesso dei nostri sensi: la visione
- Nel campo sperimentale la visione è preliminare a gran parte della nostra conoscenza attraverso qualche forma di osservazione ed esplorazione
- Attraverso sistemi di raccolta di immagini possiamo costruire rappresentazioni capaci di convogliare alla visione informazioni che altrimenti non sarebbero raggiungibili, come nel caso delle immagini raccolte da
 - Sorgenti di luce con lunghezza d'onda fuori dallo spettro visibile
 - Immagini costruite da mappe di segnali fisici non luminosi, come nel caso dei sistemi diagnostici

Immagini

- Vantaggi di ordine pratico ed economico hanno costituito un enorme incentivo allo sviluppo di sistemi per la raccolta di immagini
- Uno dei temi centrali è stata la necessità di trasmettere immagini a distanza
- La trasmissione ha richiesto la conversione di un'immagine in informazioni la cui rappresentazione poteva essere trasferita attraverso le tecnologie esistenti

Bartholomew / MacFarlane (1920)

- Necessità di trasmettere immagini



Bartholomew / MacFarlane (1920)

- Generate a partire da una foto (negativo) tradizionale
 - La foto veniva usata per impressionare lastre zincate la cui superficie cambiava resistività in base alla quantità di luce
 - Ciascuna lastra veniva esposta per un tempo diverso
 - Il confine tra regioni conduttrici e non conduttrici marcava il livello di luminosità
 - Un apparecchio elettromeccanico convertiva le informazioni codificate nel nastro perforato
 - La riproduzione avveniva con una stampante con caratteri dedicati

Origini della Tecnologia Digitale



- 1957: immagine passata ad uno scanner digitale (Russell Kirsch)
- Primo esempio di scanner digitale
- Come nel caso del sistema di conversione di Bartholomew / MacFarlane anche questa immagine ha un numero finito (e identificabile) di livelli di luminosità

Campi di Applicazione

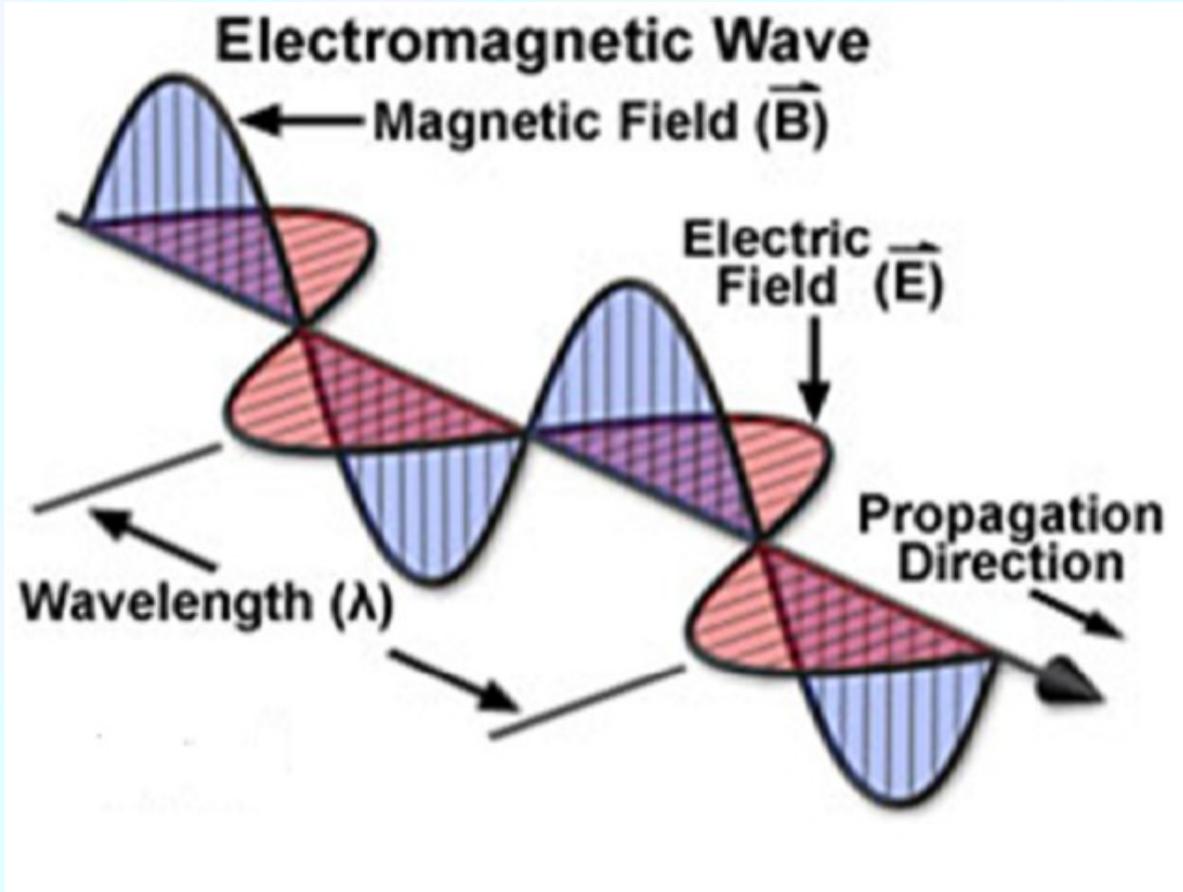


- La trasmissibilità di immagini ha avuto importanza e ha dato un nuovo impulso al suo sviluppo tecnologico nel campo dell'esplorazione spaziale. Alcune delle ragioni
 - Impossibilità di recuperare le pellicole (di per sé sufficiente)
 - Imperfezione (aberrazione della fotocamera) del sistema di costruzione dell'immagine progettato però per poterlo correggere con algoritmi numerici

Onde Elettromagnetiche

- La luce visibile è il veicolo fisico imprescindibile della visione.
- Ogni osservazione che può essere rappresentata per immagini deve avere necessariamente come output finale una rappresentazione basata
 - Sull'intensità luminosa degli elementi di un'immagine
 - Sui colori di questi elementi
- Sistemi di imaging che raccolgono informazioni al di fuori del visibile devono trasformare, elaborare e integrare le informazioni fisiche per costruire rappresentazioni fruibili dalla nostra visione

Onde Elettromagnetiche



Relazione tra lunghezza d'onda e frequenza (c = velocità della luce, ν = frequenza, λ = lunghezza d'onda)

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

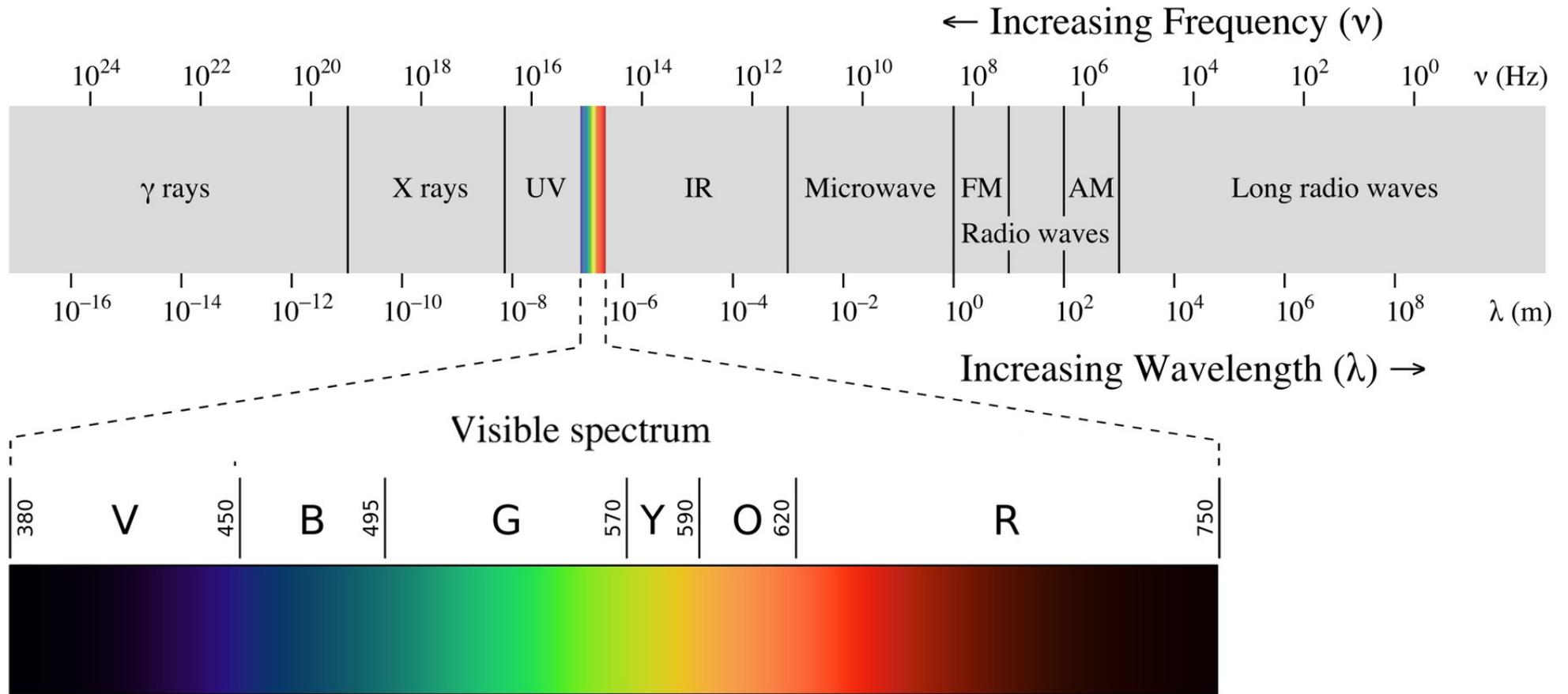
Relazione tra frequenza ed energia (legge di Planck)

$$E = h\nu$$

Onde Elettromagnetiche

- Le onde elettromagnetiche vengono catalogate sulla di bande caratterizzate dalla lunghezza d'onda
- L'insieme di queste bande forma lo spettro elettromagnetico
 - A queste bande corrispondono diverse energie messe in gioco dai fenomeni fisici che sono all'origine dell'emissione
 - La conseguenza di questa osservazione è duplice:
 - Bande diverse sono studiate per osservare fenomeni che hanno meccanismi fisici con caratteristiche diverse di emissione ed interazione luce materia
 - La tecnologia dei sistemi di imaging sono diverse per ogni banda dello spettro elettromagnetico

Spettro Elettromagnetico



Energia dello spettro EM

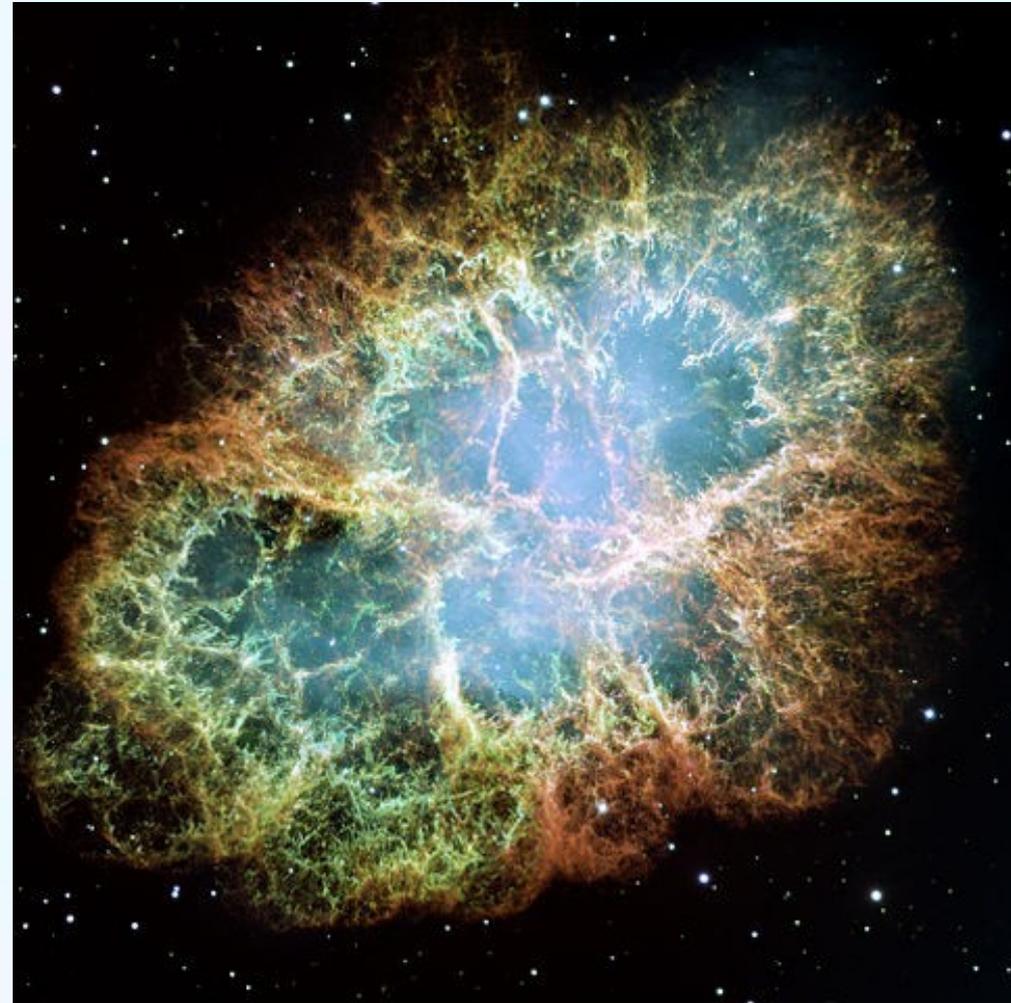
CLASS	FREQUENCY	WAVELENGTH	ENERGY
γ	300 EHz	1 pm	1.24 MeV
HX	30 EHz	10 pm	124 keV
SX	3 EHz	100 pm	12.4 keV
SX	300 PHz	1 nm	1.24 keV
EUV	30 PHz	10 nm	124 eV
NUV	3 PHz	100 nm	12.4 eV
NIR	300 THz	1 μm	1.24 eV
MIR	30 THz	10 μm	124 meV
FIR	3 THz	100 μm	12.4 meV
EHF	300 GHz	1 mm	1.24 meV
SHF	30 GHz	1 cm	124 μeV
UHF	3 GHz	1 dm	12.4 μeV
VHF	300 MHz	1 m	1.24 μeV
HF	30 MHz	10 m	124 neV
MF	3 MHz	100 m	12.4 neV
LF	300 kHz	1 km	1.24 neV
VLF	30 kHz	10 km	124 peV
VF/ULF	3 kHz	100 km	12.4 peV
SLF	300 Hz	1 Mm	1.24 peV
ELF	30 Hz	10 Mm	124 feV
ELF	3 Hz	100 Mm	12.4 feV

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$E = h * \nu$$

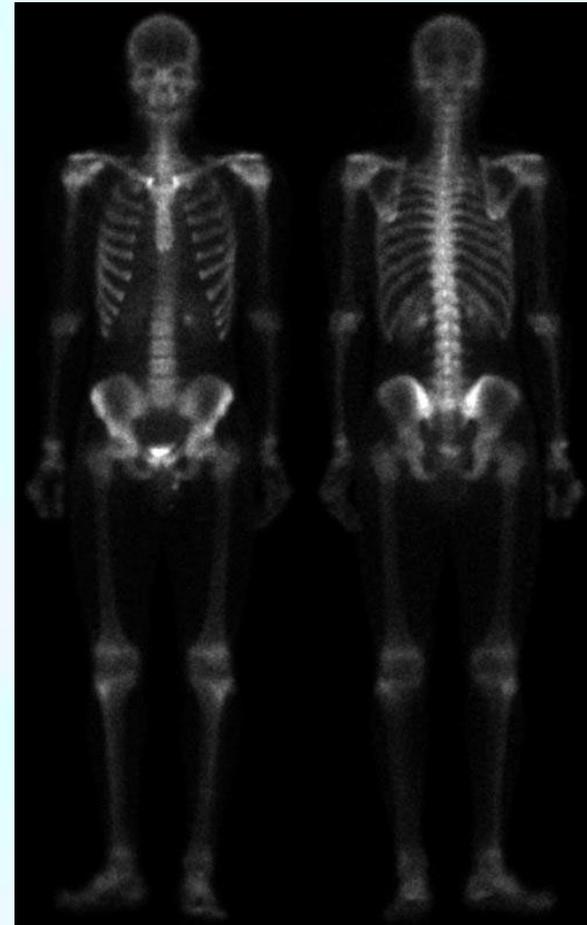
Esempio di integrazione

La nebulosa del granchio è quella che rimane di una supernova esplosa nel 1054. Questa fotografia è stata composta da varie immagini raccolte dalla **Wide Field and Planetary Camera 2** installata sul Telescopio Spaziale Hubble. Questa fotocamera è sensibile a radiazioni che si estendono al di là del visibile. Le informazioni raccolte vengono rielaborate e combinate insieme usando diverse gamme di colori in modo da comporre un quadro percepibile al nostro occhio.



Raggi Gamma

- Medicina nucleare: radioisotopi vengono iniettati e i raggi γ emessi dal loro decadimento sono raccolti per comporre un'immagine



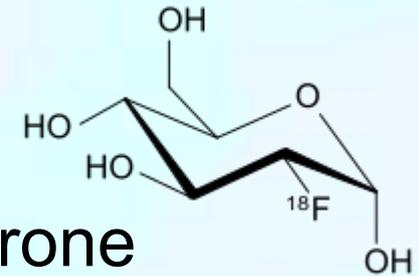
Raggi Gamma

- PET: positron emission tomography
- Emissione di coppie di fotoni γ
- Devono essere correlate sia spazialmente che temporalmente



Positron Emission Tomography

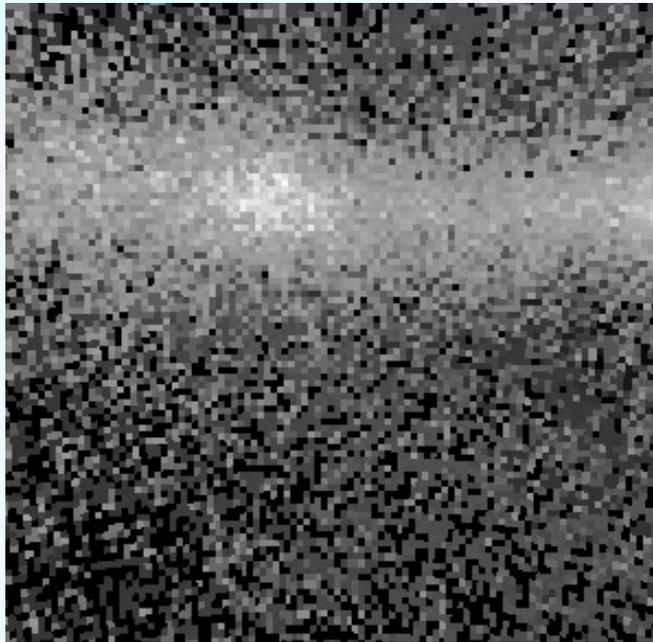
- Viene iniettata una soluzione di *fluorodeossiglucosio* (*FDG*)
- ^{18}F decade con decadimento β^+
- Il positrone emesso si annichila con un elettrone producendo l'emissione di una coppia di fotoni γ
- L'immagine si forma integrando i dati della correlazione spaziale e temporale delle coppie rilevate
- A volte i risultati vengono integrati con altri sistemi di imaging



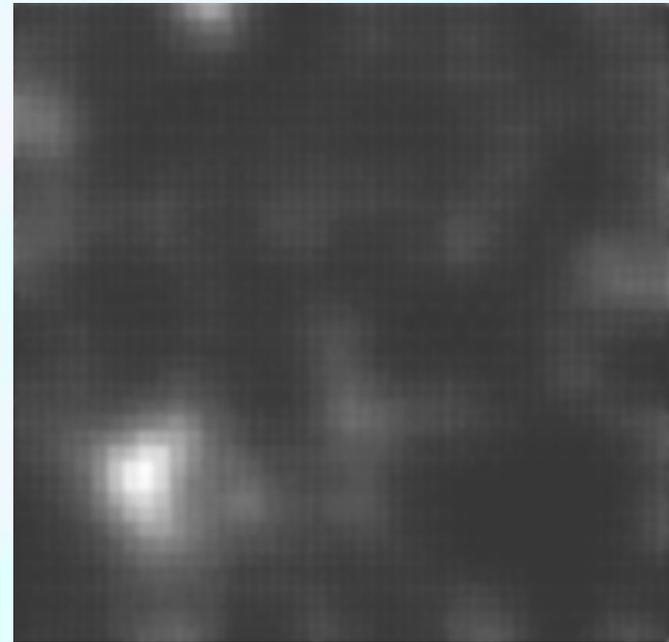
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1126321/pdf/3261449.pdf>

Raggi Gamma

- Osservazioni Astronomiche e controllo di sistemi industriali



Cygnus Loop



Radiazione gamma da un
reattore nucleare

Raggi X

- Prodotti dalla rapida decelerazione di elettroni all'interno di un tubo catodico
- Vengono assorbiti in modo differente in funzione della densità e composizione dei materiali che attraversano (sono assorbiti in misura maggiore al crescere del numero atomico degli elementi)
- La costruzione di immagini digitali avviene attraverso sistemi intermedi di assorbimento dei raggi-X e riemissione tramite fluorescenza

Raggi X



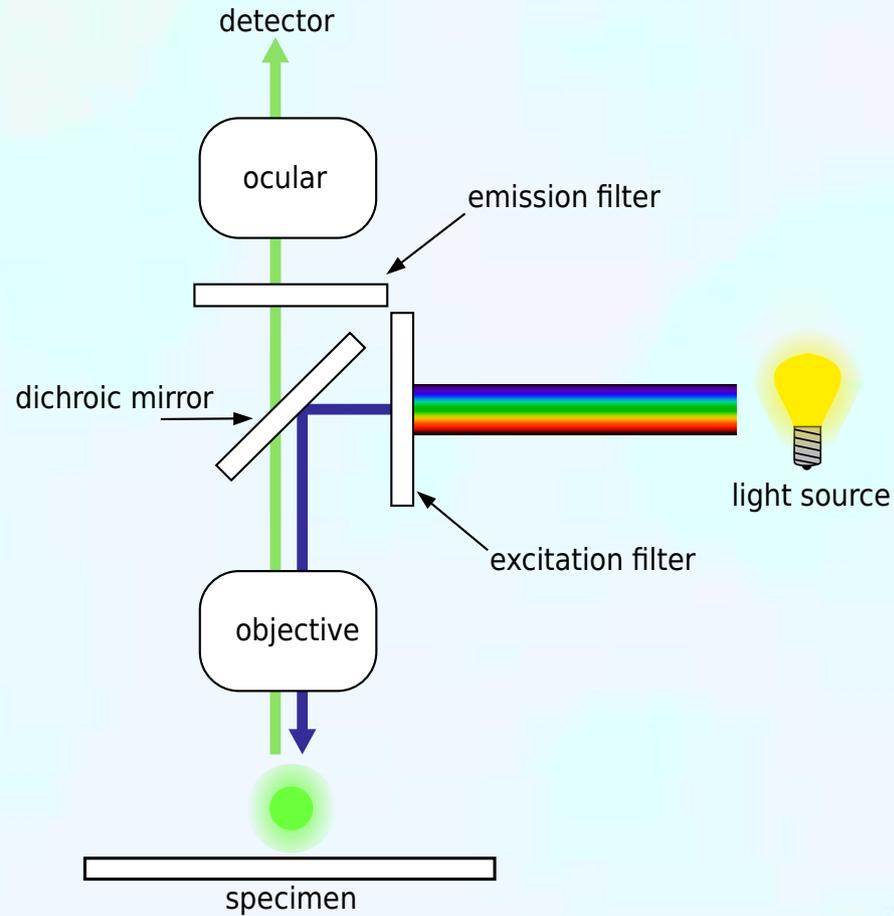
Raggi X

- TAC (Tomografia Assiale Computerizzata)
 - Realizzata negli anni '70
 - Mentre la radiologia a raggi X che utilizzava lastre fotografiche ha coesistito a lungo con quella digitale la TAC è stata fin dall'inizio necessariamente una tecnica inerentemente digitale
 - Usa l'assorbimento dei raggi X in diverse direzioni e quindi raccoglie informazioni su diversi percorsi di assorbimento dei raggi X
 - Le informazioni raccolte sono elaborate per costruire sequenze di sezioni dell'intero volume sotto osservazione

Luce Ultravioletta

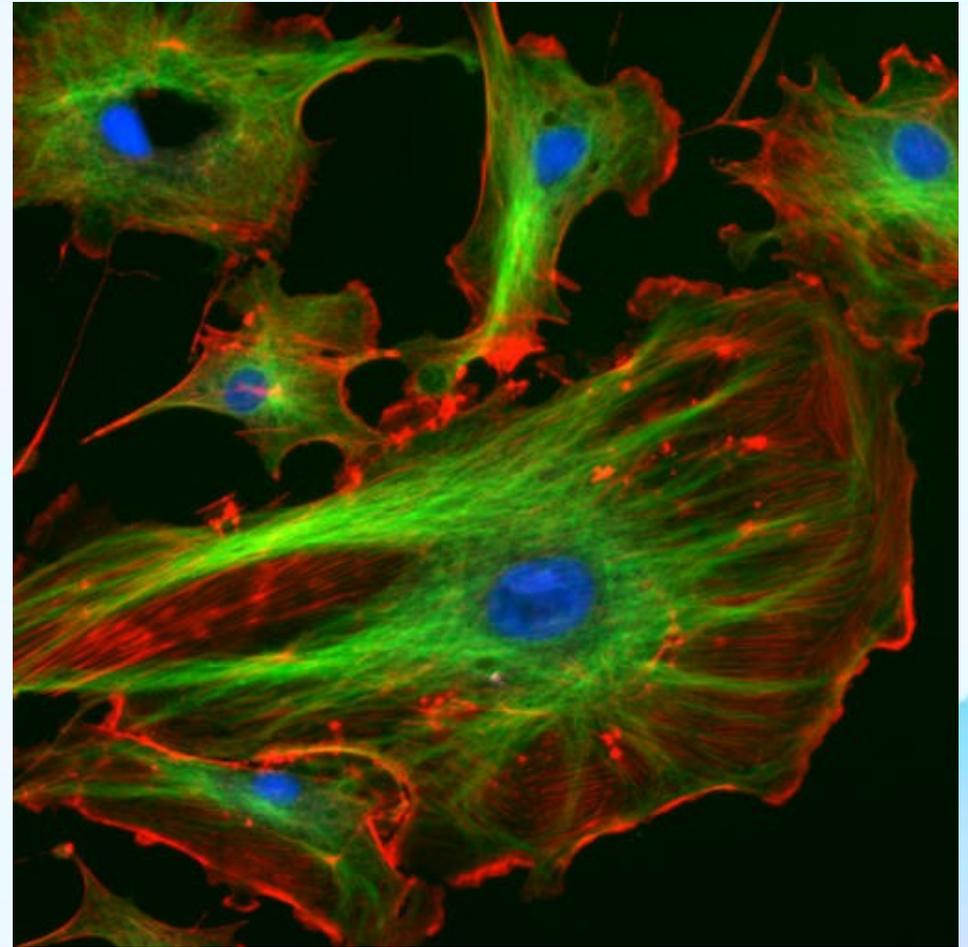
- Microscopia a Fluorescenza
 - Sfrutta la proprietà di sostanze di assorbire luce UV riemettendo fotoni nel visibile
 - Il processo di assorbimento e successiva emissione avviene contestualmente, con un ritardo in genere di microsecondi
 - La luce riemessa viene raccolta da un rivelatore su sfondo scuro in modo da avere sufficiente contrasto
 - Lo sviluppo di fluorofori, capaci di legare sostanze fluorescenti a specifiche strutture biologiche ha stimolato lo sviluppo di questa tecnica

Microscopia a Fluorescenza



Microscopia a Fluorescenza

- Cellule endoteliali con nuclei, microtubuli e fibre di actina colorate con diverse sostanze fluorescenti



Luce Visibile e Infrarossa

- Numero di applicazioni molto esteso e campi di applicazione vasti in ogni ambito

Microonde

- La principale applicazione sono i radar
 - Sfruttano la riflessione sulle microonde esercitata da oggetti con determinate caratteristiche
 - Nubi e talvolta la vegetazione sono trasparenti ai radar
 - I sistemi radar emettono impulsi di microonde e rilevano il segnale riflesso, in analogia con il flash delle fotocamere nel caso della fotografia nel visibile

Onde Radio

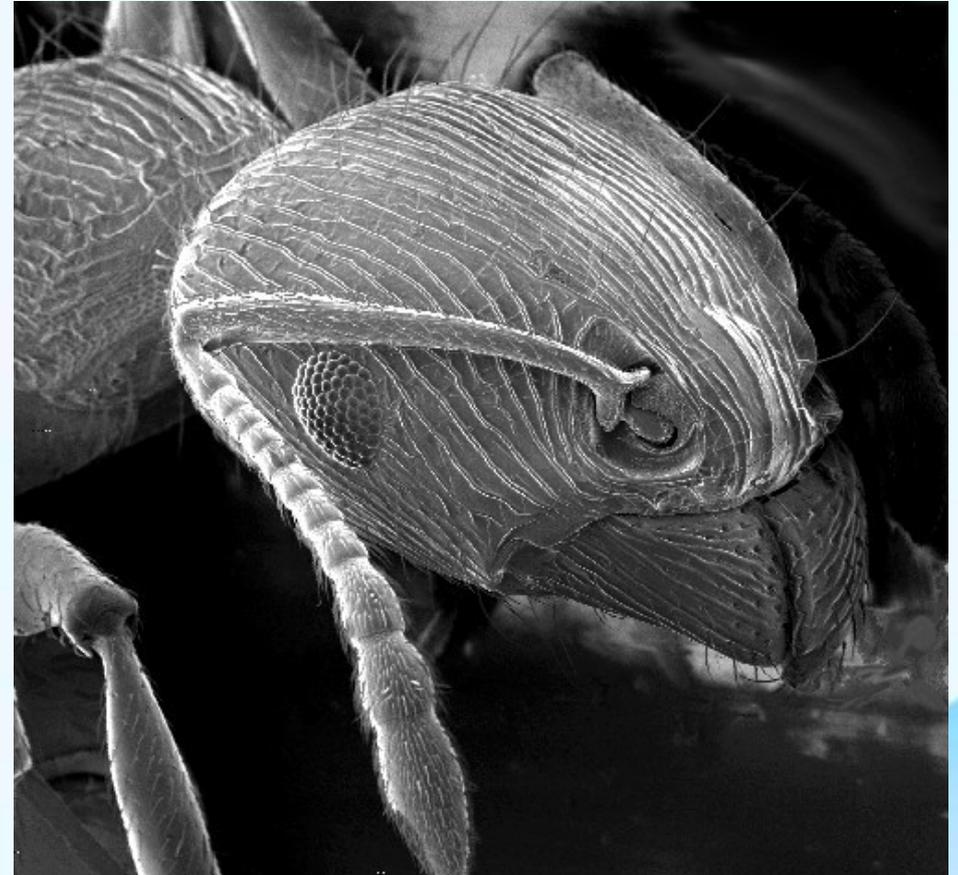
- Risonanza Magnetica Nucleare
 - Il soggetto viene posto all'interno di un elevato campo magnetico che tende ad allineare gli spin degli atomi di idrogeno
 - Vengono inviate onde radio che vengono assorbite dai nuclei che perdono l'orientamento
 - Il rilassamento verso l'orientamento iniziale avviene con un moto di precessione che genera un cambiamento del flusso magnetico
 - La frequenza di precessione dipende dall'intensità del campo magnetico

Non E.M. imaging

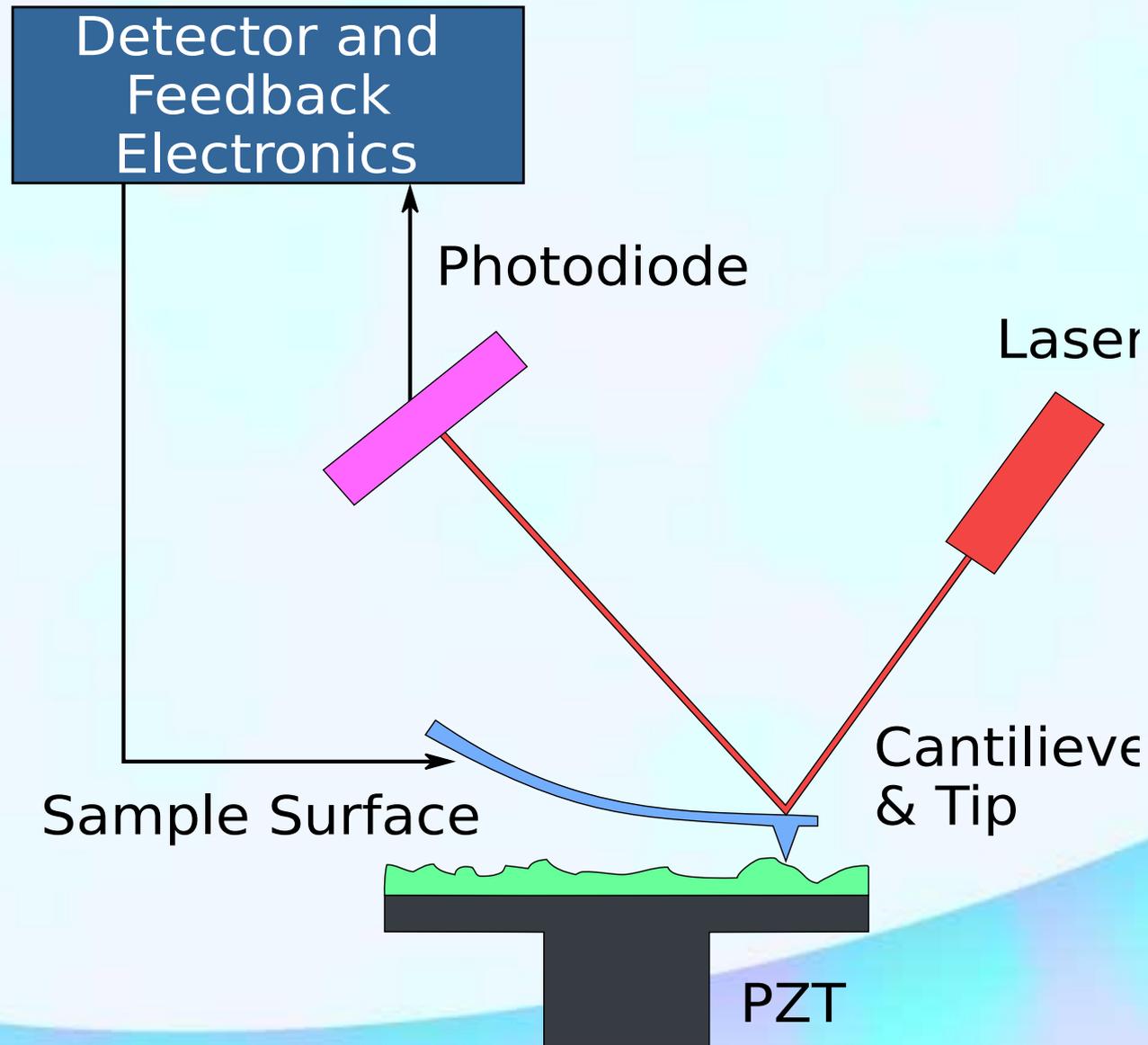
- Imaging Acustico
 - Sonar
 - Ecografia
 - Microscopia Elettronica
 - Microscopia a Forza Atomica (AFM)

Microscopia ad Elettroni

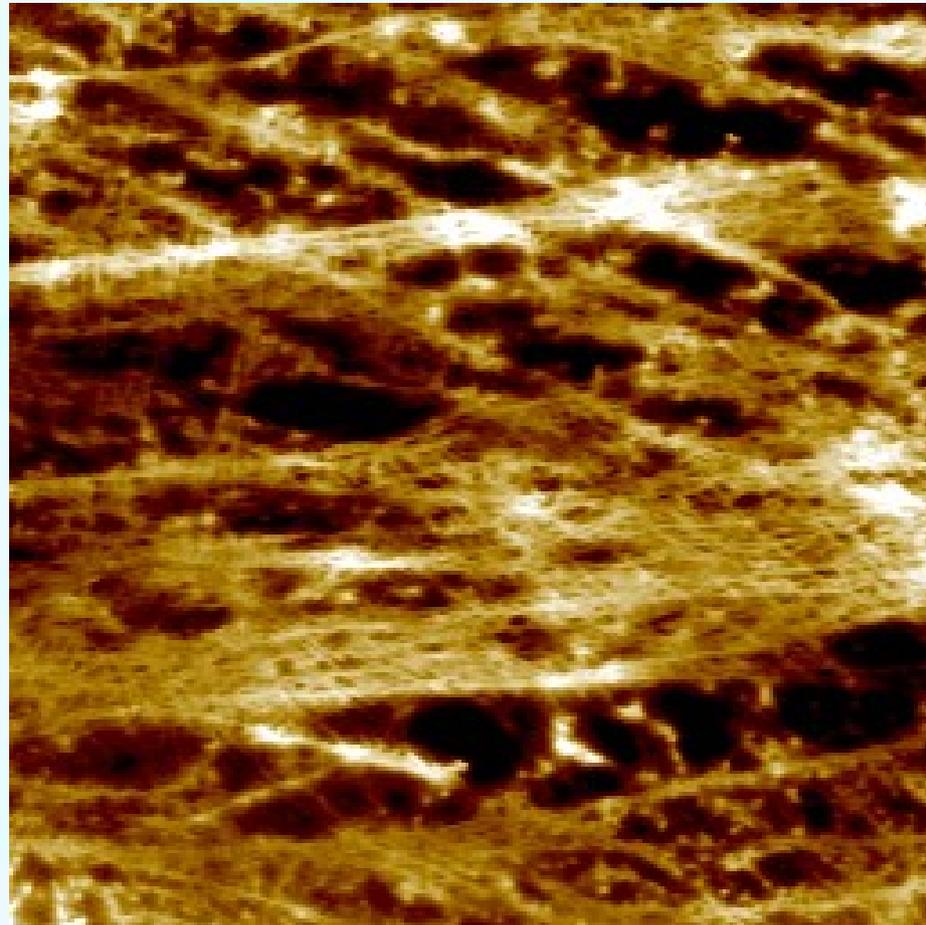
- La “luce” usata è un fascio di elettroni
 - Gli elettroni sono inerentemente quantistici e si deve applicare il dualismo onda-particella per interpretare gli esperimenti
 - La lunghezza d’onda (DeBroglie) tipica di un fascio di elettroni è 5 ordini di grandezza più piccola della luce visibile



Microscopia a Forza Atomica



Microscopia a Forza Atomica



Campi di Applicazione Secondaria

- Analisi e gestione della Sanità
 - Salvataggio della storia sanitaria di una popolazione
 - Estrazione di fatti il più possibile oggettivi legati alla diagnostica medica, alle dinamiche socio-sanitarie
 - Costruzione di database di immagini mediche sia per la ricerca che per la diagnostica medica che per l'ottimizzazione dell'organizzazione sanitaria