

SALONE DELL'ORIENTAMENTO 2026

CORSO DI LAUREA

INGEGNERIA FISICA

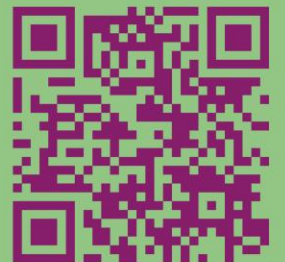
La fisica nei dispositivi: dalla dualità della luce alla fotocamera del cellulare

Prof. Stefano Stassi

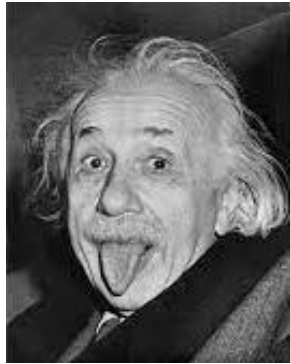


**Politecnico
di Torino**

**SCOPRI TUTTI I
CORSI DI STUDIO
A.A. 2026/27
www.polito.it**



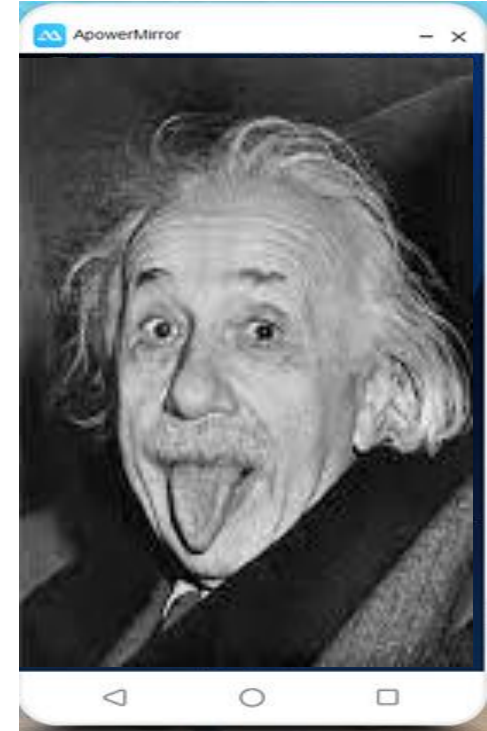
Come facciamo una fotografia?



Soggetto

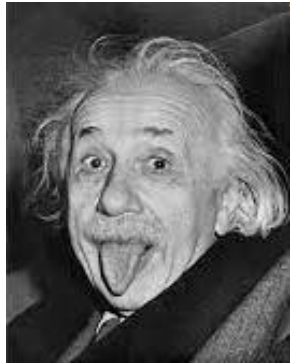


Fotocamera
(smartphone/drone)



Immagine

... in altre parole?



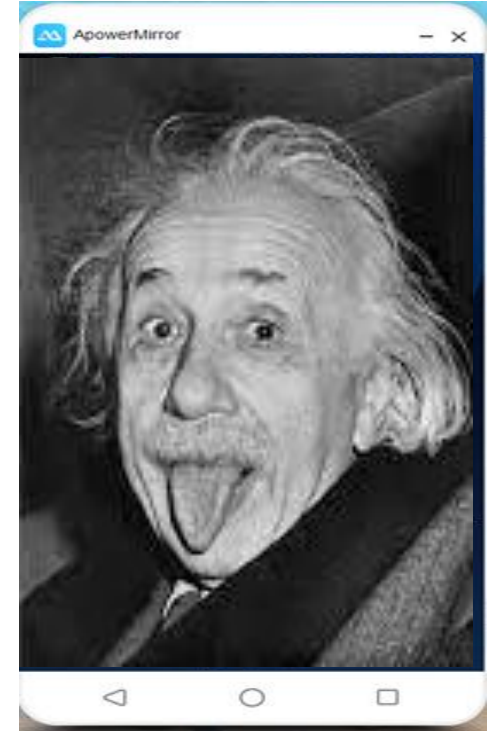
Soggetto

Sorgente di **luce**
(FISICA)



Fotocamera
(smartphone/drone)

Dispositivo in grado di
catturare la **luce**
(INGEGNERIA FISICA)



Immagine

Sistema per visualizzare la
luce catturata
(FISICA + INGEGNERIA + ELETTRONICA ...)



FOTOGRAFIA

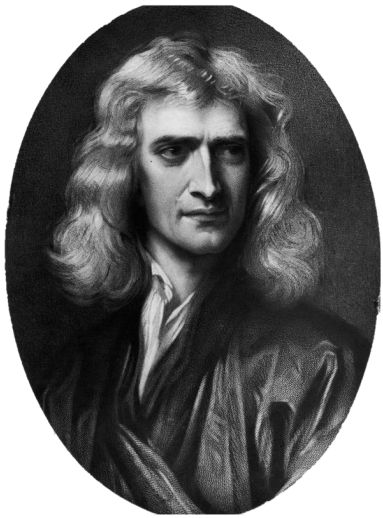
=

PHOS (LUCE) + GRAPHE (SCRITTURA) = SCRITTURA DELLA LUCE



Ma cos'è la luce?

La doppia natura della **LUCE**



NEWTON
(1642-1727)

Teoria corpuscolare

PARTICELLA



- Piccole particelle dotate di massa emesse da sostanze in tutte le direzioni
- Propagazione in linea retta
- Spiega riflessione e rifrazione

ONDA



- Insieme di onde meccaniche (oscillazioni dell'etere)
- Ogni punto di un fronte d'onda è centro di onde sferiche
- Spiega riflessione e rifrazione

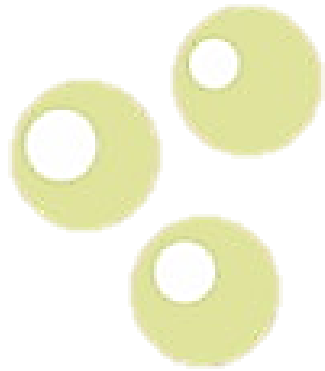


HUYGENS
(1629-1695)

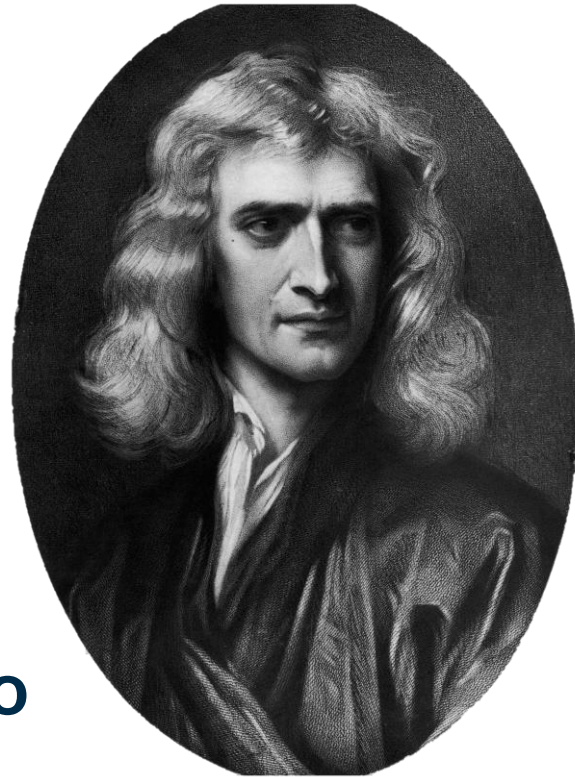
Teoria ondulatoria

La doppia natura della **LUCE**

...per tutto il 1600 e 1700...



LUCE = corpuscolo

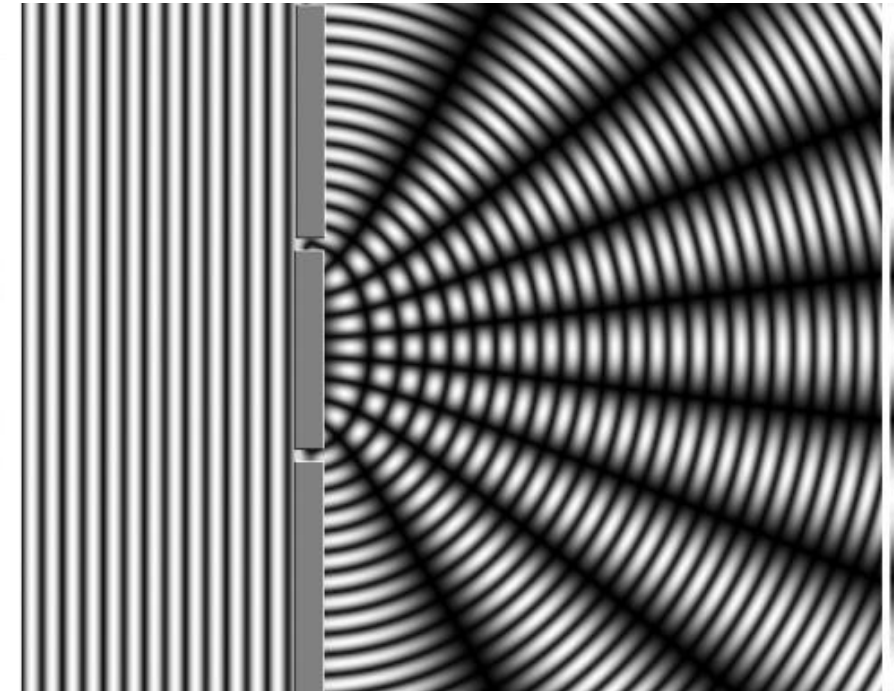
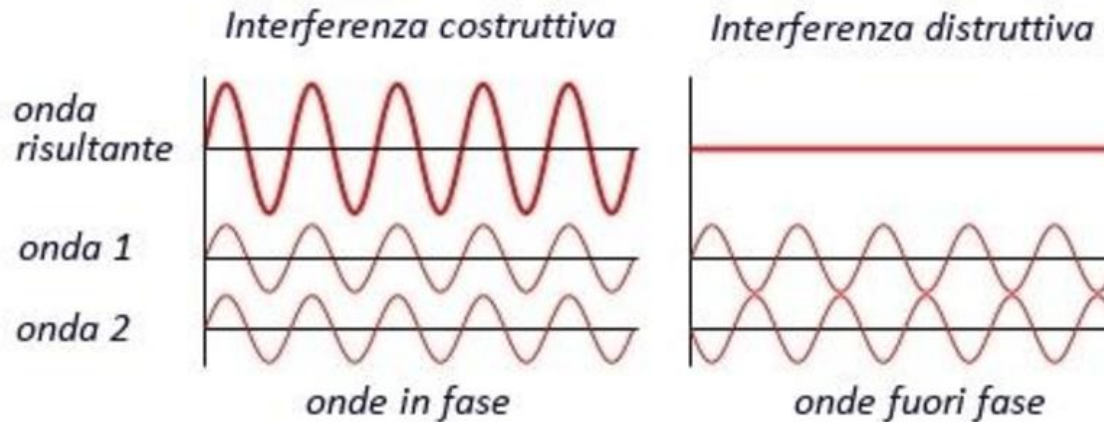


La doppia natura della **LUCE**

...ma nel 1801 !!



YOUNG
(1773-1829)



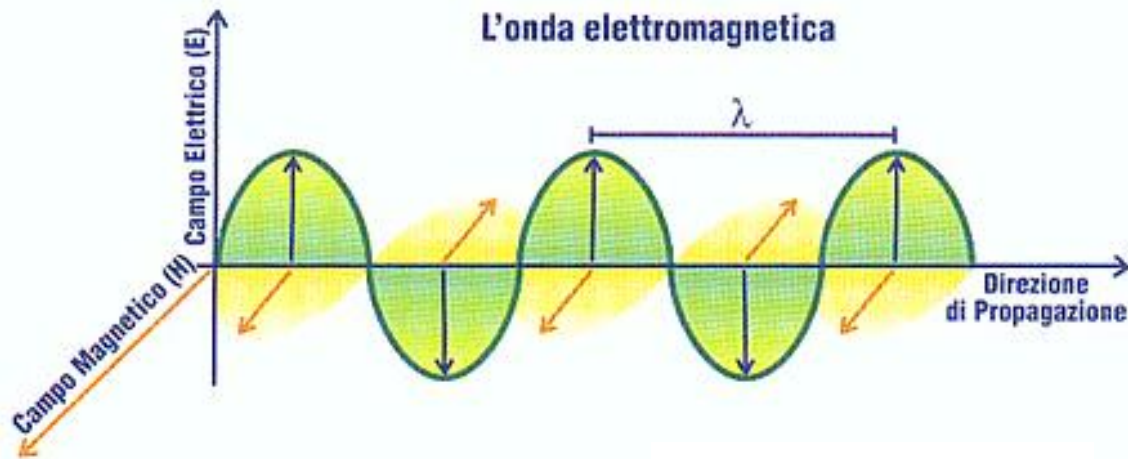
- La luce attraversa due fenditure e forma su uno schermo una serie di frange luminose chiaro-scure → **spiegabile solamente ipotizzando la natura ondulatoria della luce**
- Inizialmente non accettato! Fino agli **studi su interferenza e diffrazione di FRESNEL**

La doppia natura della LUCE

...e nel 1865!!

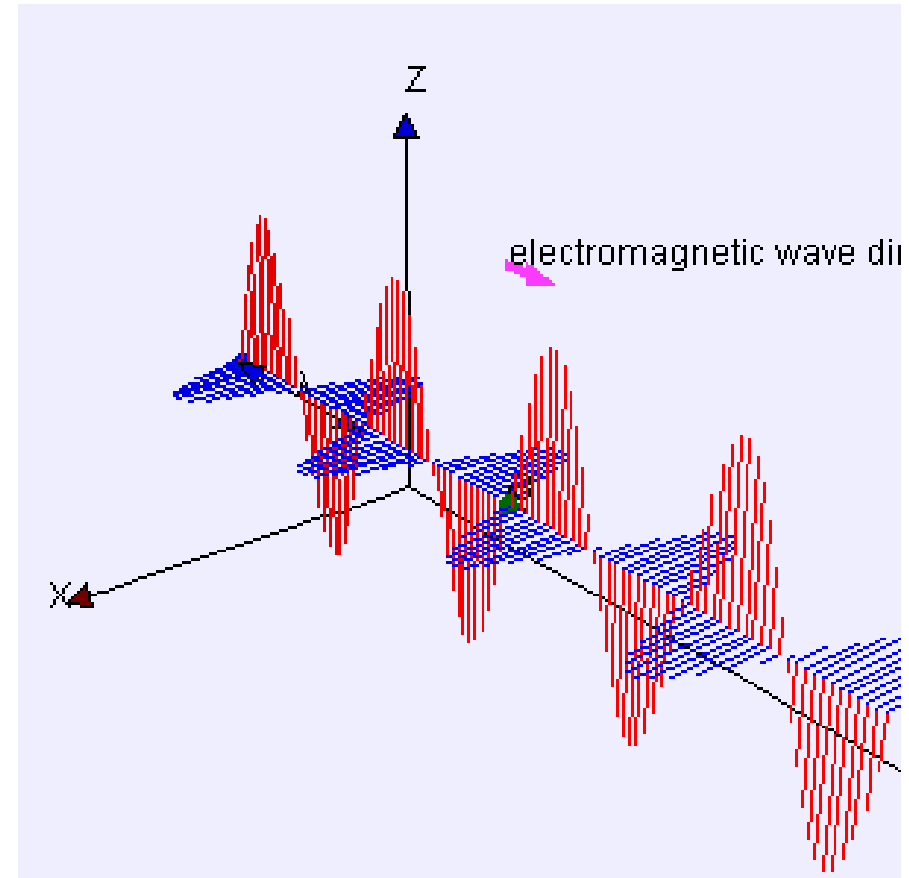


MAXWELL
(1831-1879)

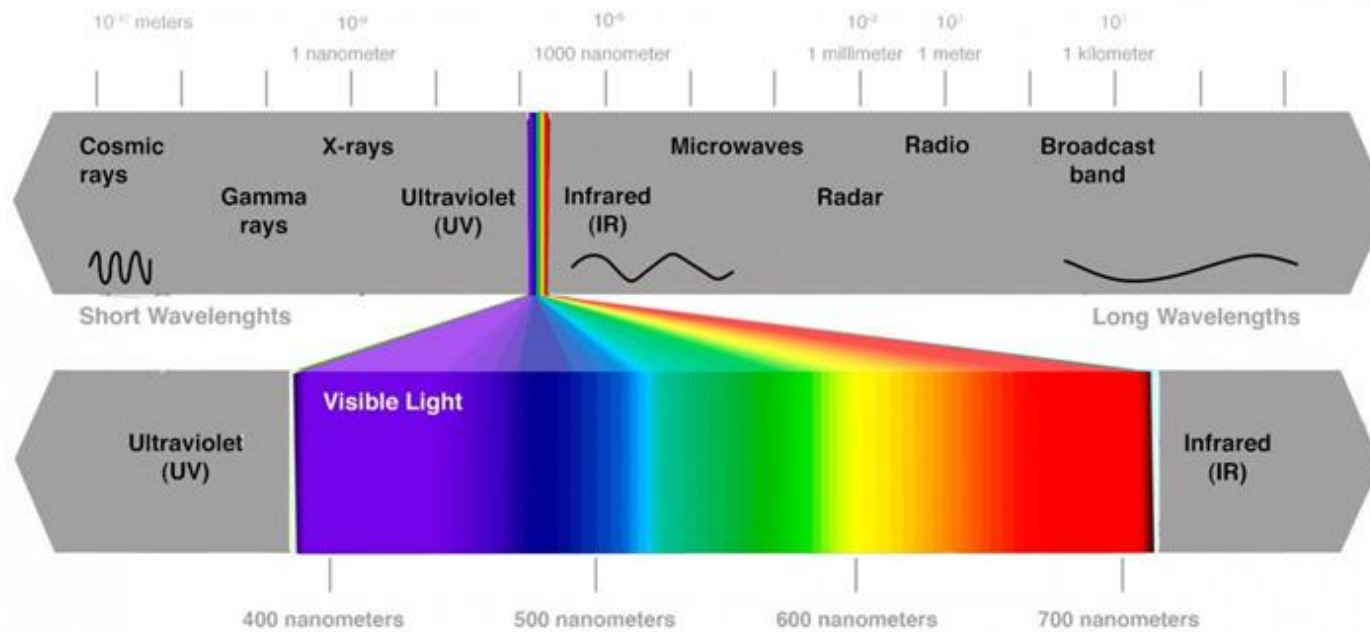


$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = \mu\epsilon \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} \quad \frac{\partial^2 B_z}{\partial x^2} = \mu\epsilon \frac{\partial^2 B_z}{\partial t^2}$$

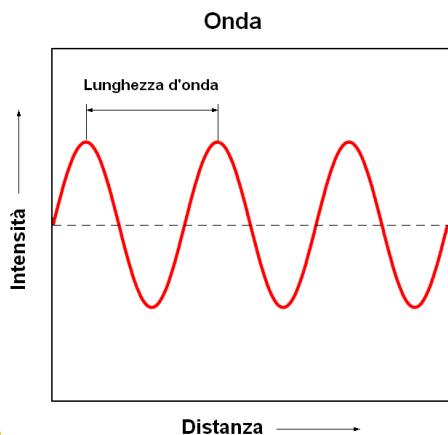
- La luce è un'onda elettromagnetica!
- Leggi di Maxwell che legano campo elettrico e campo magnetico
- Studi confermati da Hertz (e sviluppati da ... Marconi! → prima RADIO)



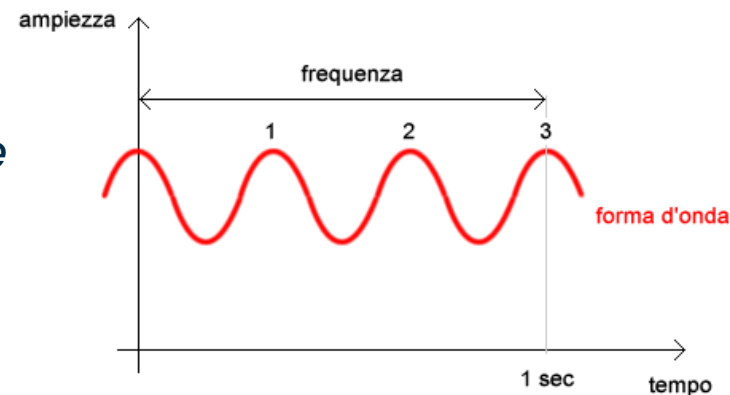
E' la porzione dello **spettro elettromagnetico** visibile dall'occhio umano, compresa tra 400 e 700 nanometri di lunghezza d'onda, ossia tra 790 e 434 THz di frequenza.



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



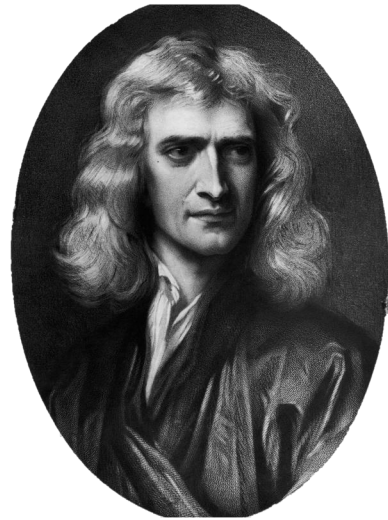
Lunghezza d'onda λ :
distanza fra due creste



Frequenza f :
Numero di creste
che passano per
un punto al
secondo

WWW.ANDREAMININI.ORG

La doppia natura della **LUCE**



LUCE = onda em

Fino agli inizi del '900, non c'erano più dubbi sulla natura ondulatoria della luce... **MA...**

La doppia natura della **LUCE**

...ma... all'inizio del 1900... LA STORIA SI RIPETE

Alcuni effetti fisici non trovano alcuna spiegazione con il modello ondulatorio della luce:

1. Spettro del corpo nero
2. Spettro della luce emessa e assorbita da gas monoatomici
3. Modello planetario dell'atomo

La doppia natura della **LUCE**

...ma... all'inizio del 1900... LA STORIA SI RIPETE

Alcuni effetti fisici non trovano alcuna spiegazione con il modello ondulatorio della luce:

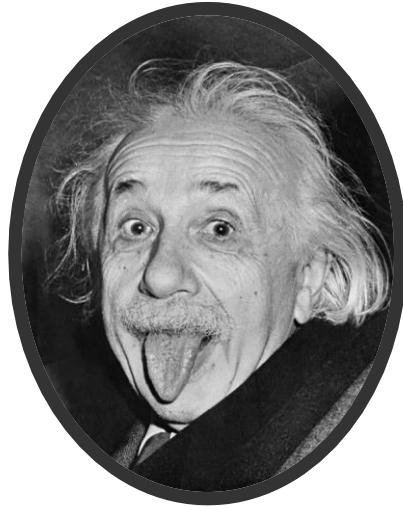
1. Spettro del corpo nero
2. Spettro della luce emessa e assorbita da gas monoatomici
3. Modello planetario dell'atomo

4. Effetto fotoelettrico

La doppia natura della LUCE



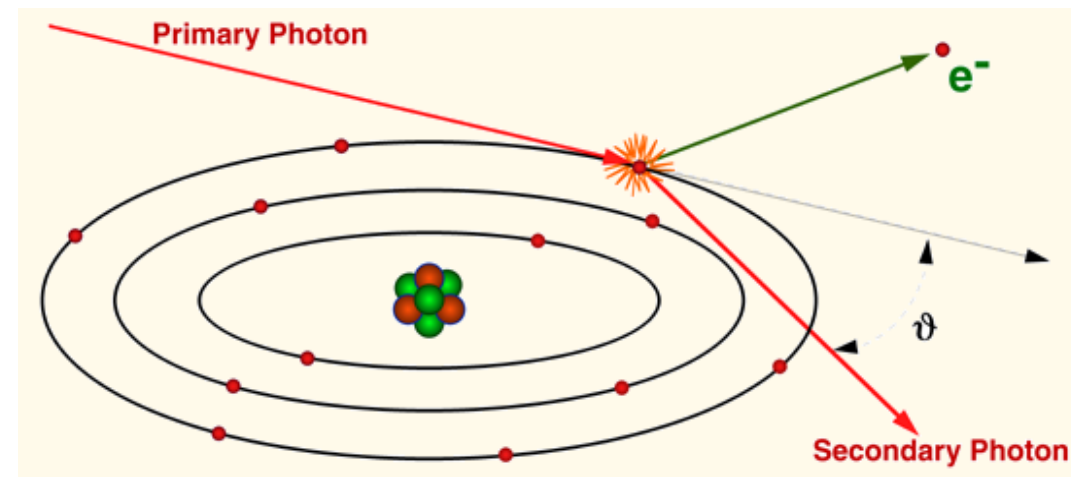
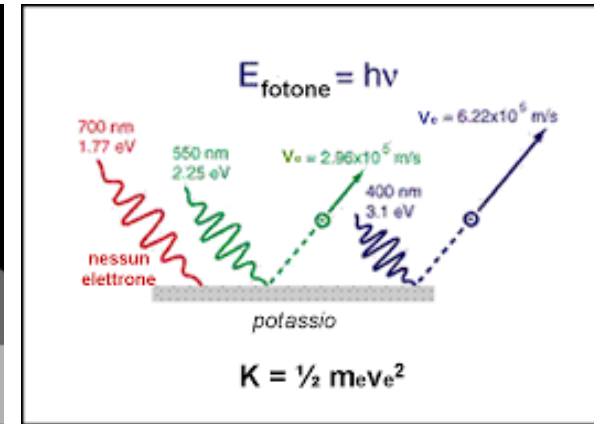
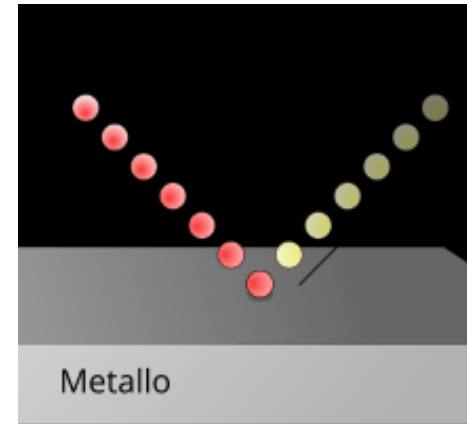
LENARD
(1862-1947)



EINSTEIN
(1879-1955)

- Emissione di elettroni che è possibile solo considerando la luce come particella (FOTONE)
- **Dipende dalla frequenza della luce e non dall'intensità**

Effetto fotoelettrico



La doppia natura della **LUCE**

*Nasce una NUOVA FISICA: **MECCANICA QUANTISTICA***

*La luce è un'onda ma anche una **particella** (fotone)*



CONTEMPORANEAMENTE

La doppia natura della **LUCE**

... ad oggi ...





Ora che sappiamo che cos'è la luce,
come la catturiamo e rielaboriamo quando
scattiamo una fotografia?

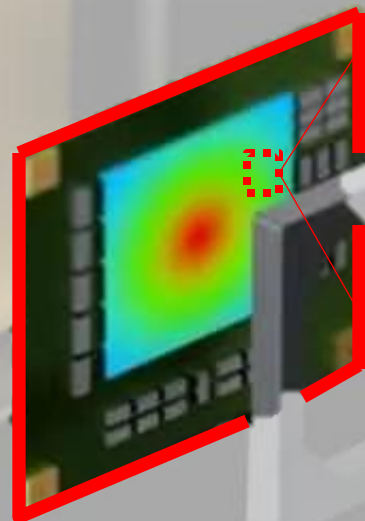
esempio: **Fotocamera di uno smartphone**
(ma lo stesso vale per la **Fotocamera di un drone!**)



SENSORE

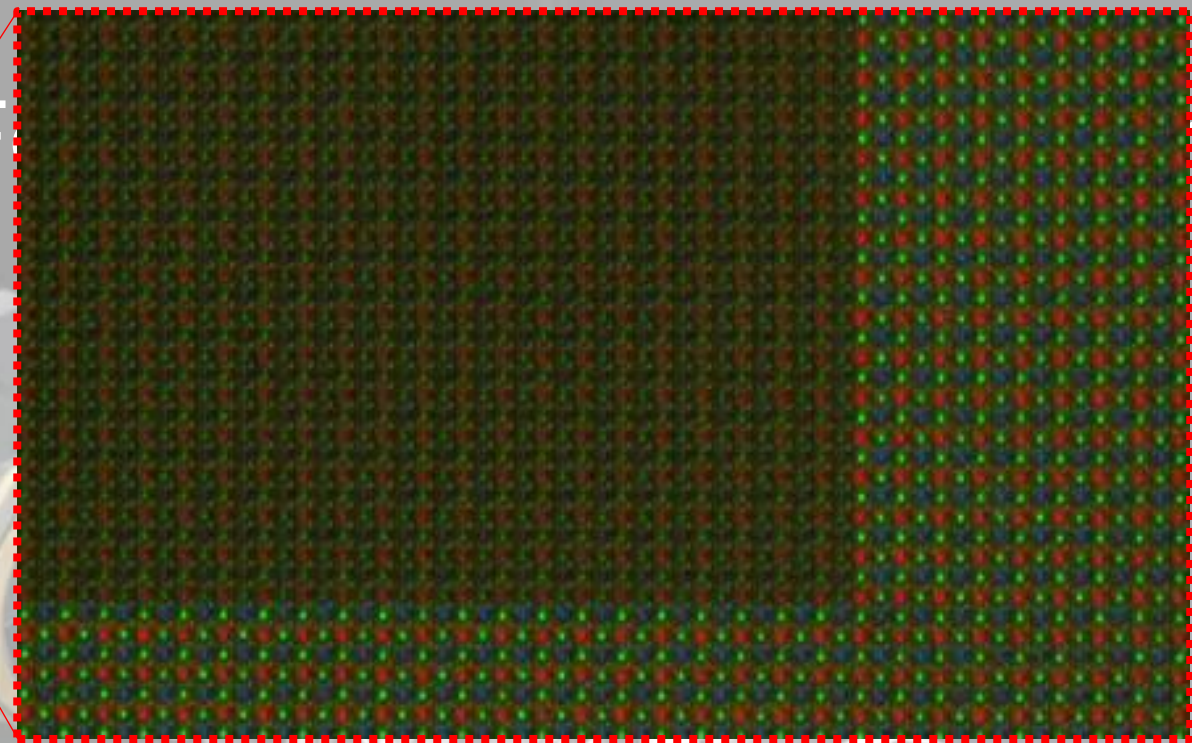
Compatti, consumano poca energia... e sono veloci!

L'ottica **CATTURA** la luce (lenti, fuoco,...)
ma è il **sensore** che la «**PERCEPISCE**»



F

ne



SENSORE

Il sensore è composto dai famosi **PIXEL!!** Possiamo considerare i megapixel come milioni di piccoli **sensori (FOTODIODI) in grado di percepire la luce.**

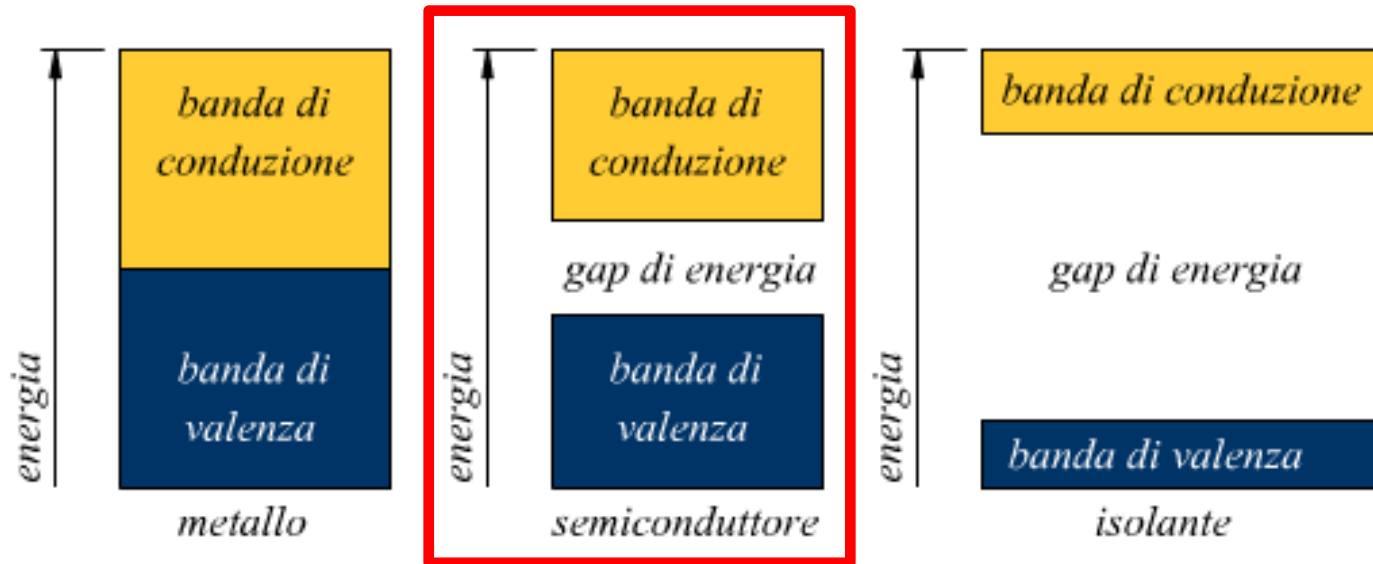
The image shows a 3D cutaway of a camera lens assembly. A red-bordered inset shows a sensor chip with a color heatmap. A red dashed box on the chip is magnified into a large grid of red, green, and blue dots, representing individual pixels. The word 'SENSORE' is written in red below the chip. The letters 'F' and 'he' are partially visible in the background.

SENSORE

Il sensore è composto dai famosi **PIXEL!!** Possiamo considerare i megapixel come milioni di piccoli **sensori (FOTODIODI) in grado di percepire la luce.**

Ma come?

Che cos'è un **semiconduttore**?



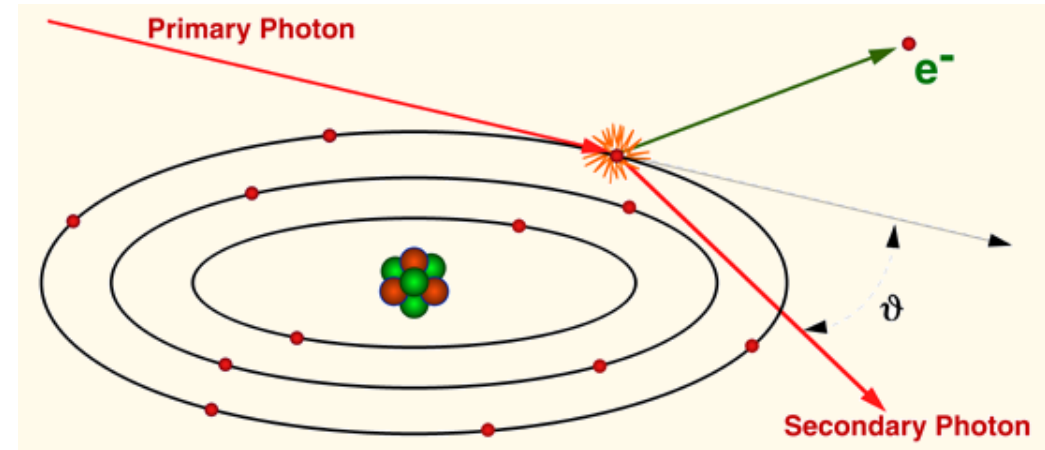
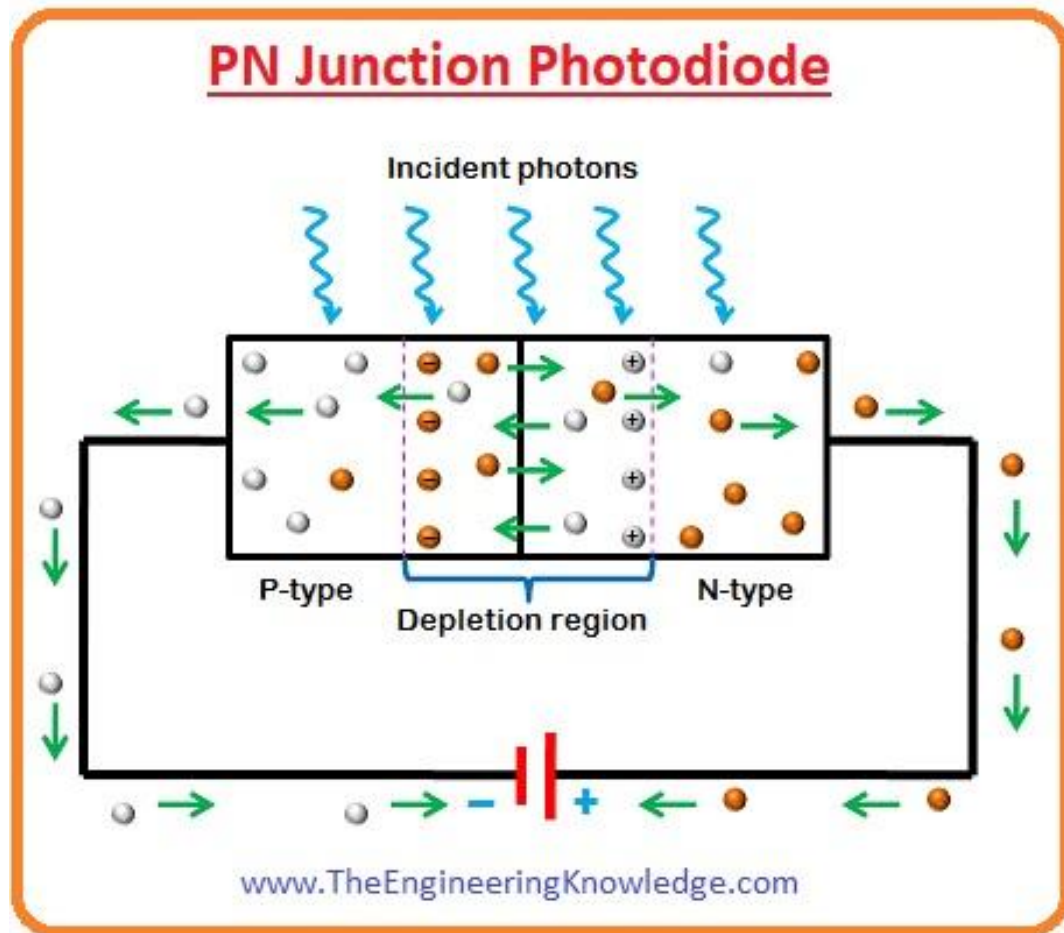
	IIIA	IVA	VA	VIA
	5 B Boro	6 C Carbonio	7 N Azoto	8 O Ossigeno
	13 Al Alluminio	14 Si Silicio	15 P Fosforo	16 S Zolfo
	30 Zn Zinco	31 Ga Gallio	32 Ge Germanio	33 As Arsenico
	48 Cd Cadmio	49 In Indio	50 Sn Stagno	51 Sb Antimonio
	80 Hg Mercurio	81 Tl Tallio	82 Pb Piombo	83 Bi Bismuto
				84 Po Polonio

 Conduttori	$\rho < 10^{-5} \Omega m$	(rame: $3 \cdot 10^{-8} \Omega m$)
 Semiconduttori	$10^{-5} < \rho < 10^3 \Omega m$	(silicio: $2300 \Omega m$)
 Isolanti	$\rho > 10^3 \Omega m$	(diamante: $10^{14} \Omega m$)

- I semiconduttori hanno una resistività intermedia tra isolanti e conduttori (che dipende da T!)
- Possono essere composti da una singola specie atomica della IV colonna o da combinazioni di specie atomiche delle colonne III e V

Alla base di... diodi, transistor...e
FOTODIODI

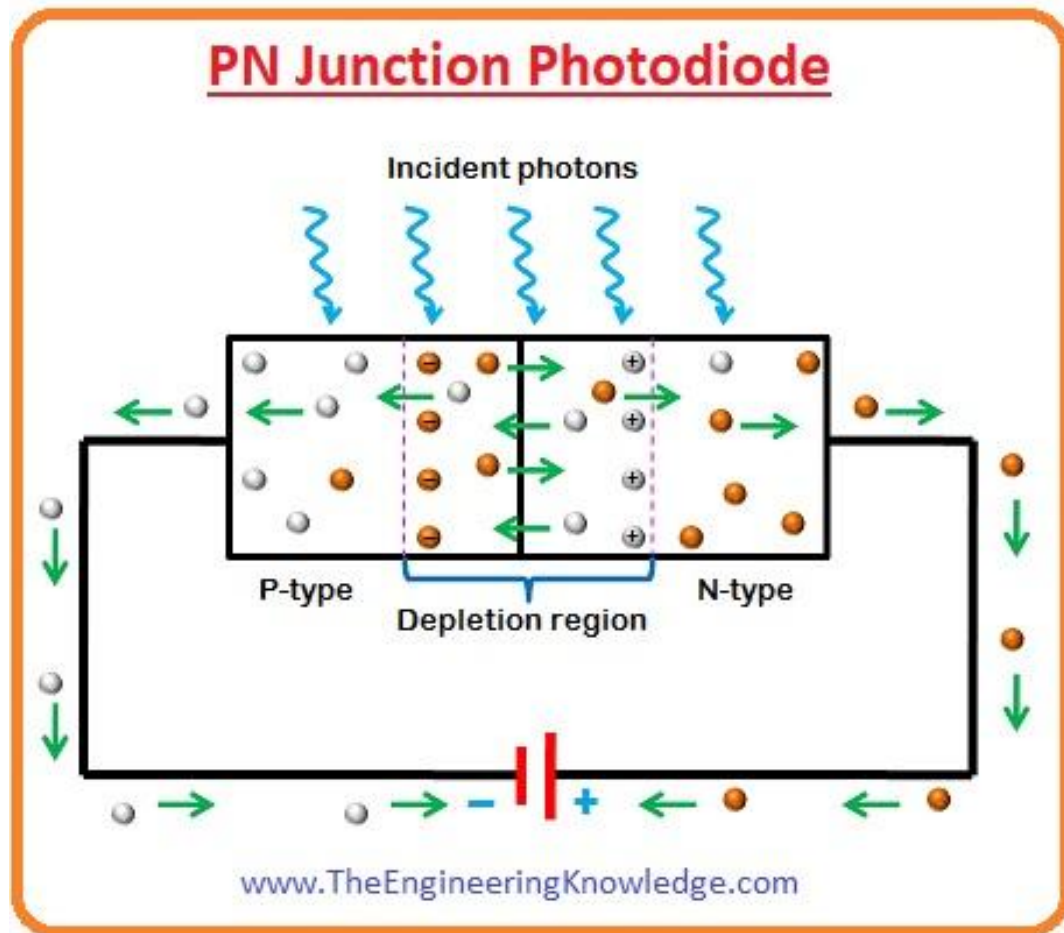
SENSORE = FOTODIODO



Un fotone con energia sufficiente può aumentare l'energia di un elettrone e liberarlo dall'atomo, creando un **elettrone** libero di muoversi e una **lacuna**, uno spazio libero per un altro elettrone che si comporta come una carica libera positiva

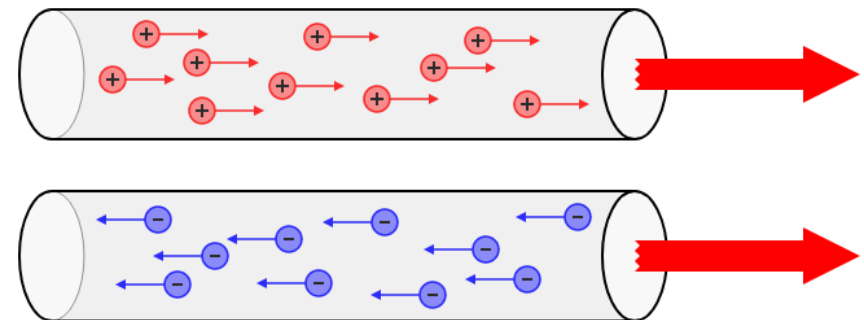
Ho generato due cariche libere

SENSORE = FOTODIODO



Avendo un **campo elettrico** (alimentazione della fotocamera) gli elettroni si muovono verso il lato più positivo e le lacune verso quello più negativo

Ho generato una **corrente** che è proporzionale alle cariche generate e quindi alla **LUCE (fotoni)** arrivati

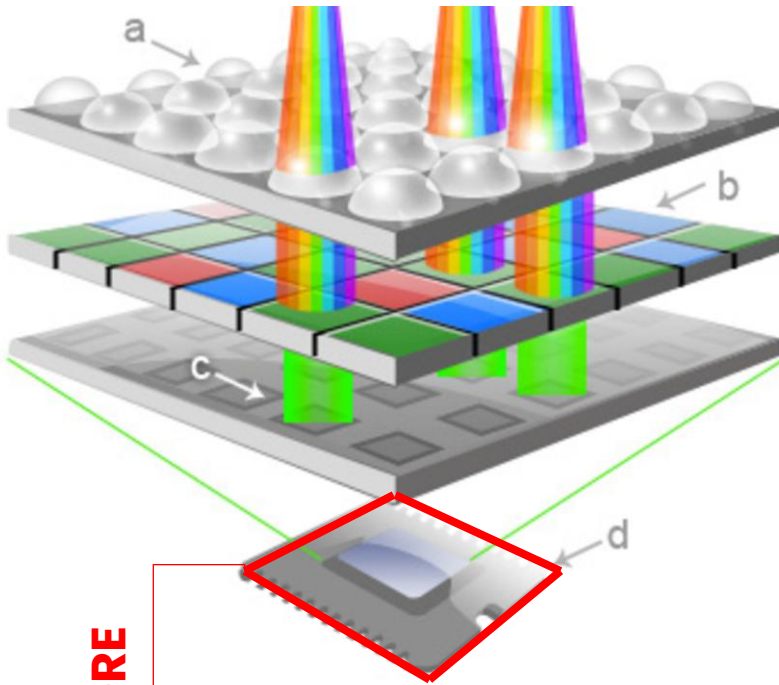


CORRENTE: numero di cariche che passano per unità di tempo e superficie

Come ottenere una foto a colori?

Anteponendo una **MATRICE DI BAYER**, i pixel vengono "specializzati", diventando sensibili al Rosso-verde-blu (RGB)

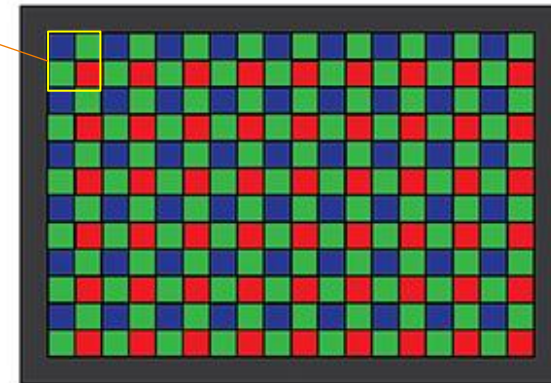
→ La fotocamera è così in grado di restituirci una foto a colori!!



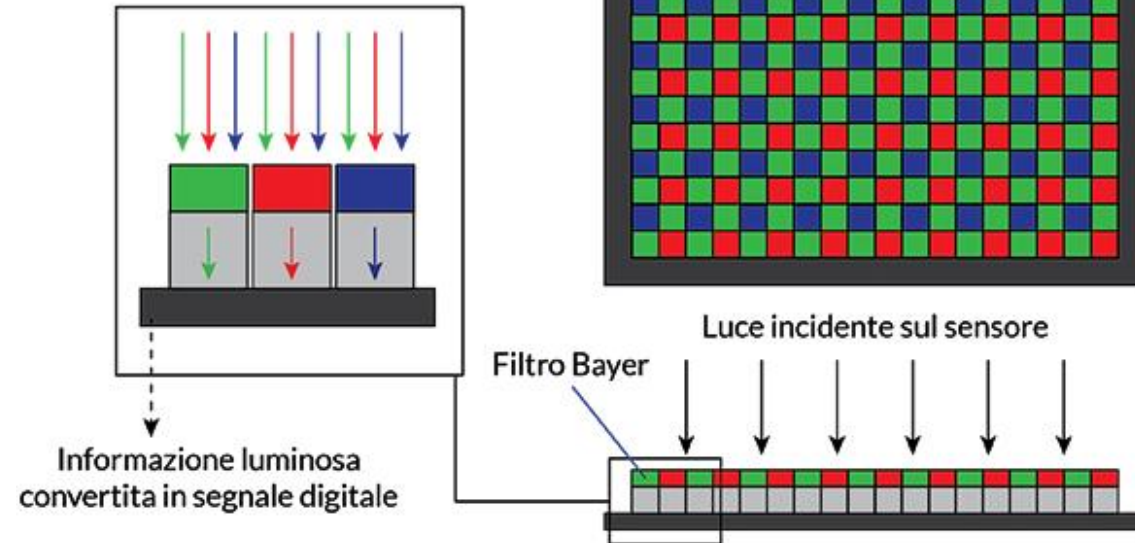
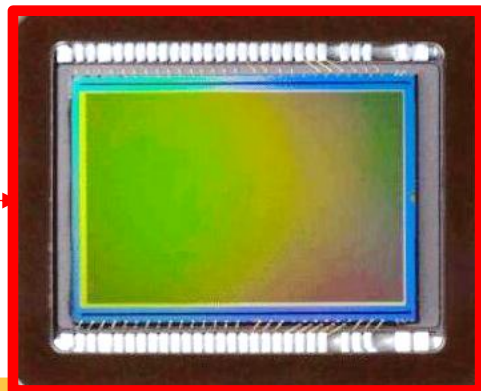
Celle 2x2 di pixel



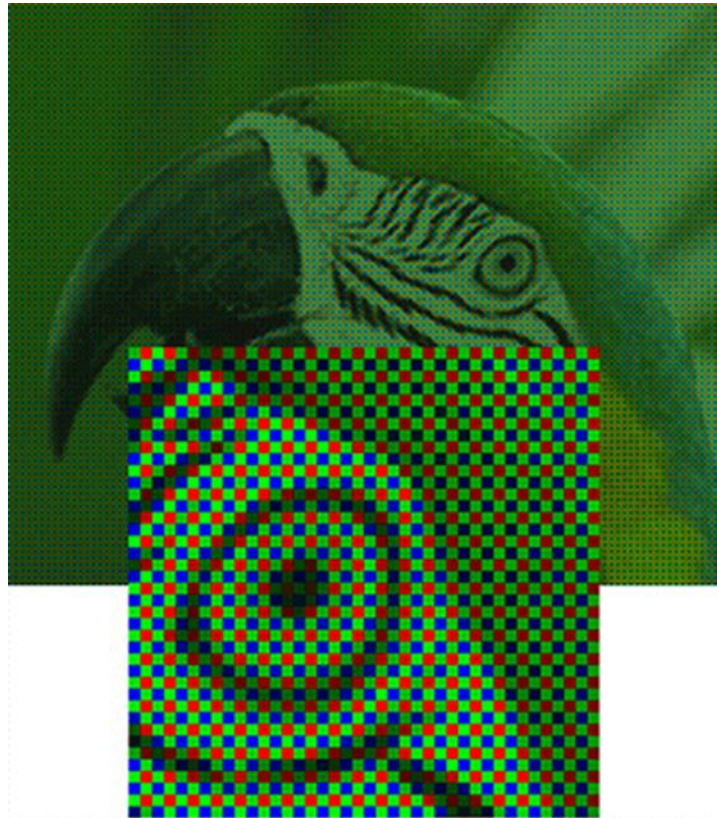
Vista frontale del sensore con filtro Bayer



SENSORE



Combinazione FILTRO + FOTODIODO

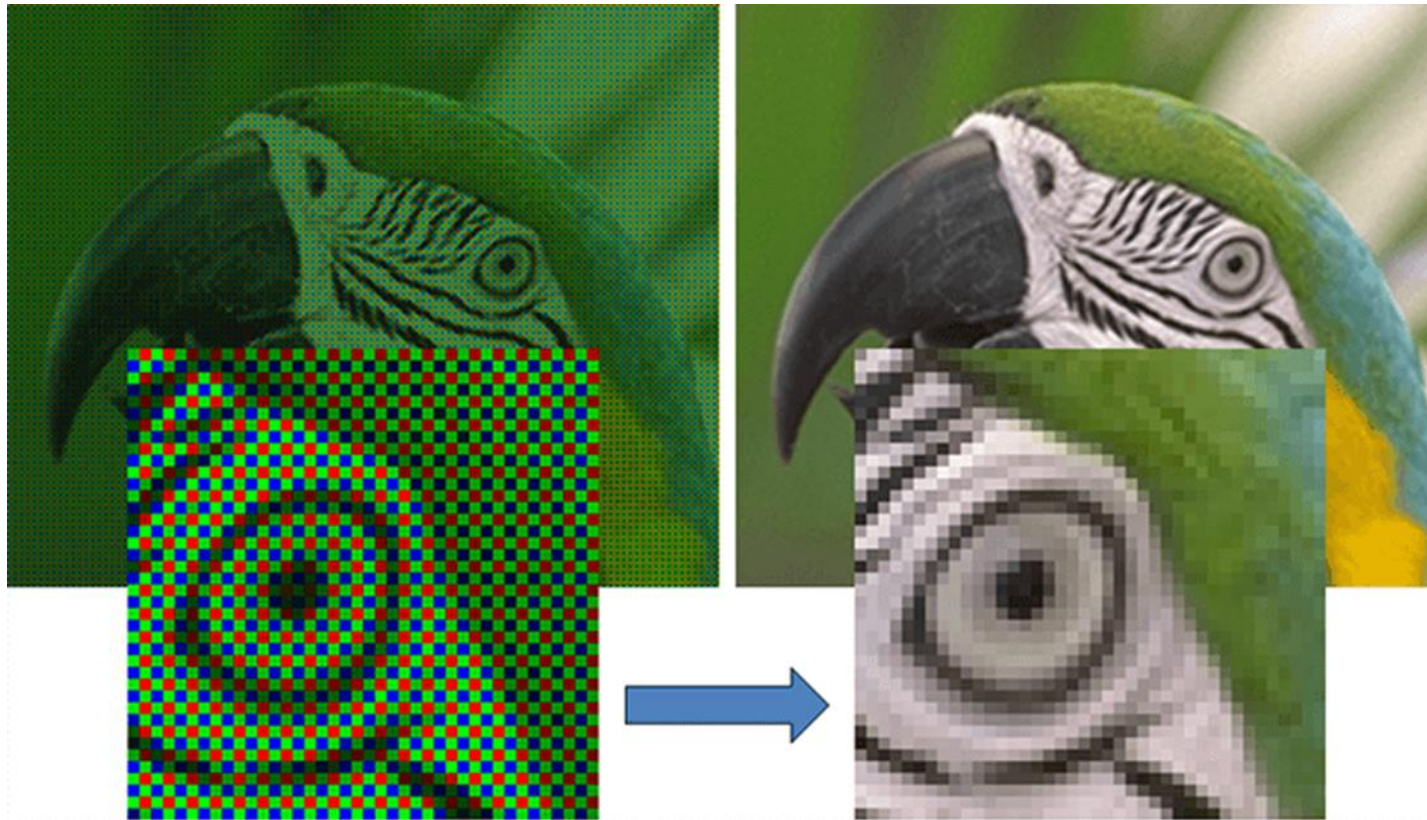


FORMATO RAW

Ogni fotone che arriva sul sensore viene **1) filtrato** e poi arriva al fotodiodo, che **2) genera un segnale elettrico**, il segnale elettrico viene poi **3) processato**, ricostruendo una mappa di rosso, verde e blu (RGB) che costituisce l'immagine...

Ma questa è elettronica!

Combinazione FILTRO + FOTODIODO



FORMATO JPEG

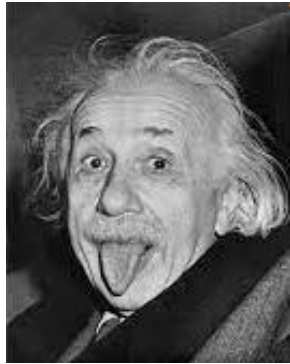
La **mappa RGB** viene infine **riprocessata tramite un algoritmo di demosaicizzazione**, cambiando le sovrapposizione di pixel in colori **per ottenere l'immagine** finale!

Ma questa è telecomunicazioni!



Facciamo il punto

Riassumendo... Come facciamo una fotografia?



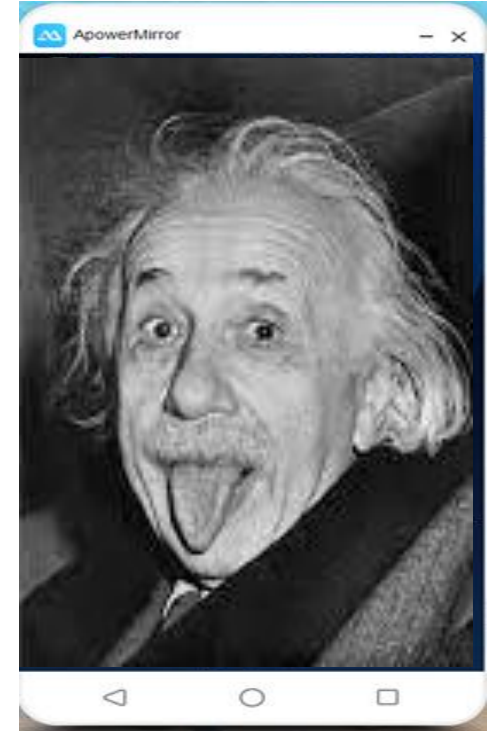
Sorgente di **luce**

C'è una sorgente di fotoni, ognuno con un colore e quindi un'energia differente



Dispositivo in grado di **catturare la luce**

Tramite l'ottica convogliamo l'immagine che poi viene «percepita» da milioni di sensori nanometrici (fotodiodi) in grado di generare un segnale elettrico quando un fotone viene assorbito



Sistema per visualizzare la **luce** catturata

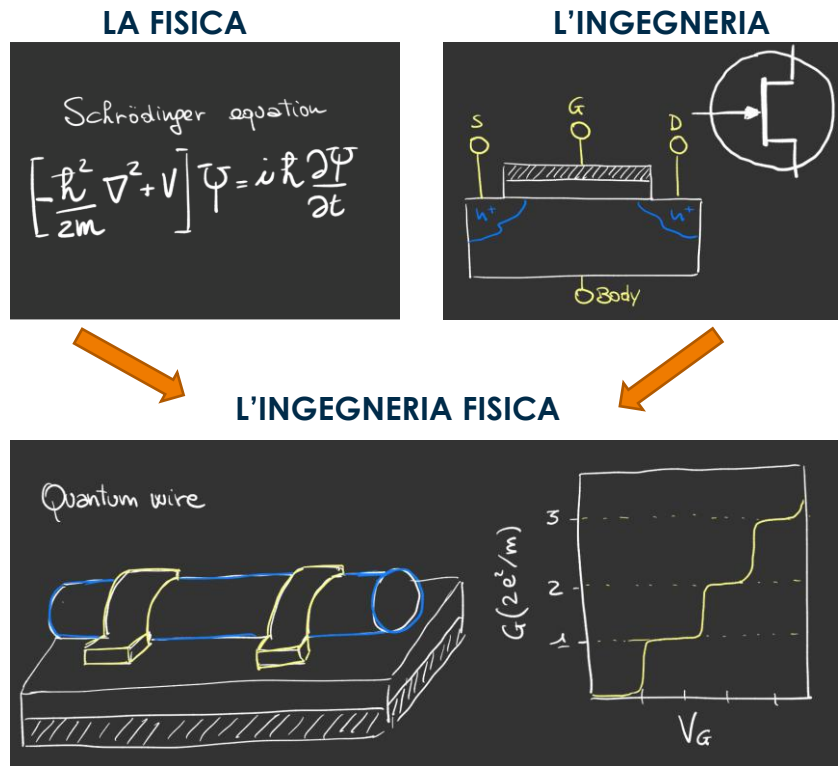
Tramite dei filtri si costruisce un immagine RGB che, riprocessata, crea l'immagine che noi vediamo

L'Ing. Fisica in breve

Il percorso formativo dell'Ingegnere Fisico consiste nello sviluppo di conoscenze riguardanti:

- La fisica di base (apprendimento sia di un linguaggio che di una metodologia)
- La fisica avanzata e la nanoscienza (fisica quantistica e statistica, fisica della materia, fisica nucleare...)
- I fondamenti dell'ingegneria per l'ICT e delle nanotecnologie

Al termine del corso lo studente deve saper affrontare e risolvere problemi con un approccio sia fisico che ingegneristico (preparazione multidisciplinare).



Piano di Studi

1° ANNO

- Analisi matematica I
- Chimica
- Informatica
- Lingua inglese I livello
- Algebra lineare e geometria
- Fisica I
- Laboratorio di Fisica

2° ANNO

- Analisi matematica II/Mathematical analysis II
- Dispositivi elettronici/Electronic devices
- Elettrotecnica/Circuit theory and applications
- Fisica II/Physics II
- Advanced methods for physics and Quantum physics
- Circuiti elettronici/Electronic Circuits
- Metodi matematici per l'ingegneria/Mathematical methods

3° ANNO

- Elettromagnetismo applicato
- Fisica dello stato solido
- Elettronica applicata/Applied electronics
- Tecnologie per le nanoscienze
- Prova finale

Il piano di studi prevede ulteriori insegnamenti a scelta:

- Fisica nucleare con appl. biomediche/Fis. sistemi complessi/Fis. e materiali per tec. avanzate
- Digital systems electronics/Electronic measurements/Elettr. dei sistemi digitali/Misure

Competenze/Obiettivi formativi

Lo studente alla fine del percorso deve essere in grado di:

- sviluppare ed ottimizzare materiali per dispositivi a tecnologia avanzata, sviluppare ed ottimizzare nanomateriali funzionali applicabili ai moderni dispositivi avanzati per le ICT
- caratterizzare dal punto di vista fisico materiali innovativi per dispositivi a tecnologia avanzata
- progettare semplici circuiti elettronici contenenti dispositivi elettronici e microelettronici
- suggerire le soluzioni più adatte per la costruzione di dispositivi basati su materiali innovativi
- valutare e proporre le tecnologie innovative più adatte ad un particolare processo
- gestire un apparato industriale o per uso biomedicale basato su tecnologie avanzate, e ottimizzarne le prestazioni
- mantenere la funzionalità di apparati o sistemi di misura basati su materiali innovativi per tecnologie avanzate

La figura professionale

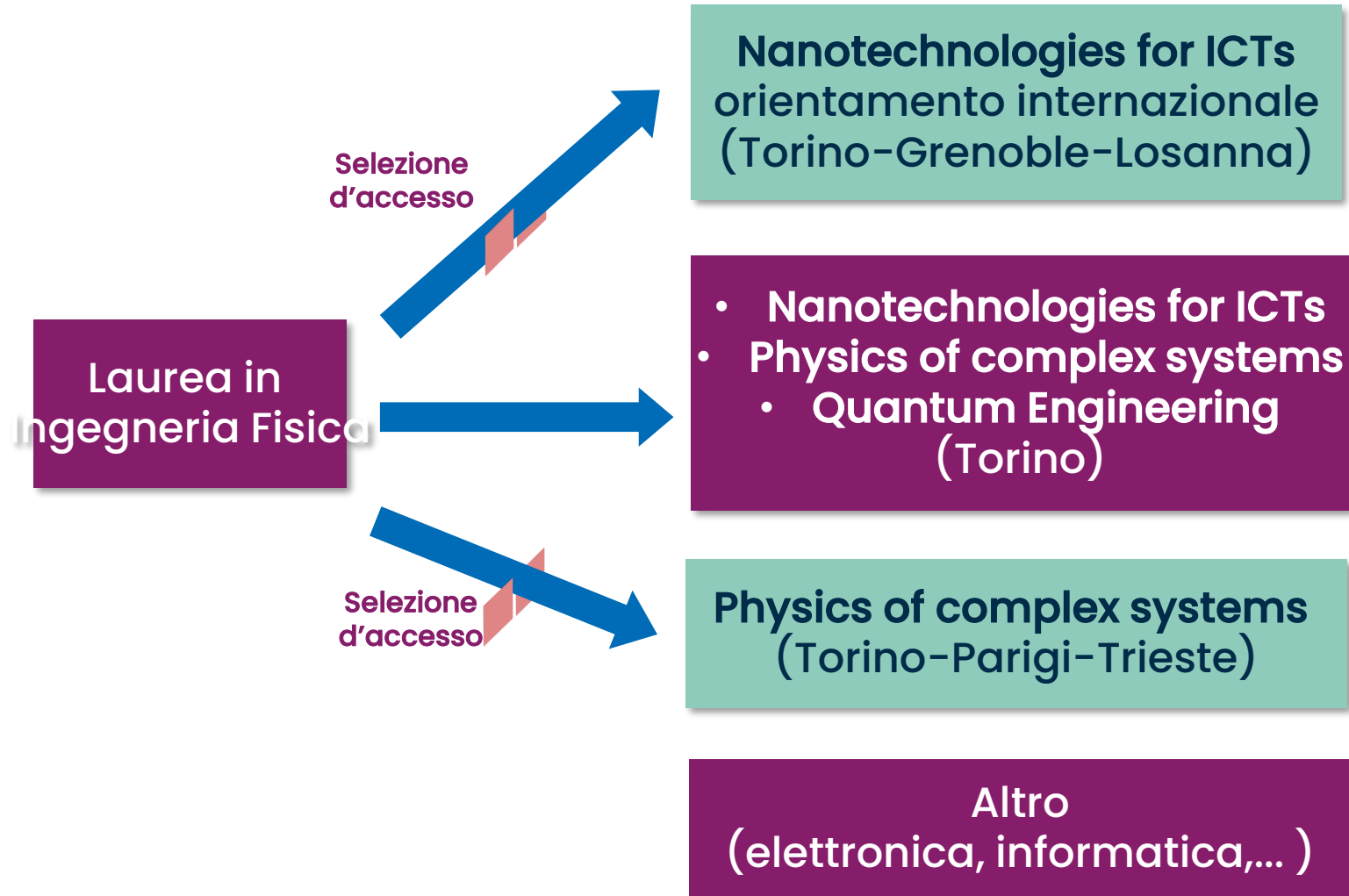
Alla fine del percorso **l'ingegnere fisico** disporrà delle competenze adatte a progettare e realizzare **ingegneria avanzata e dispositivi avanzati** ottenuti attraverso l'utilizzo di processi tecnologici e competenze nel settore della fisica moderna, della fisica della materia e dei sistemi complessi.



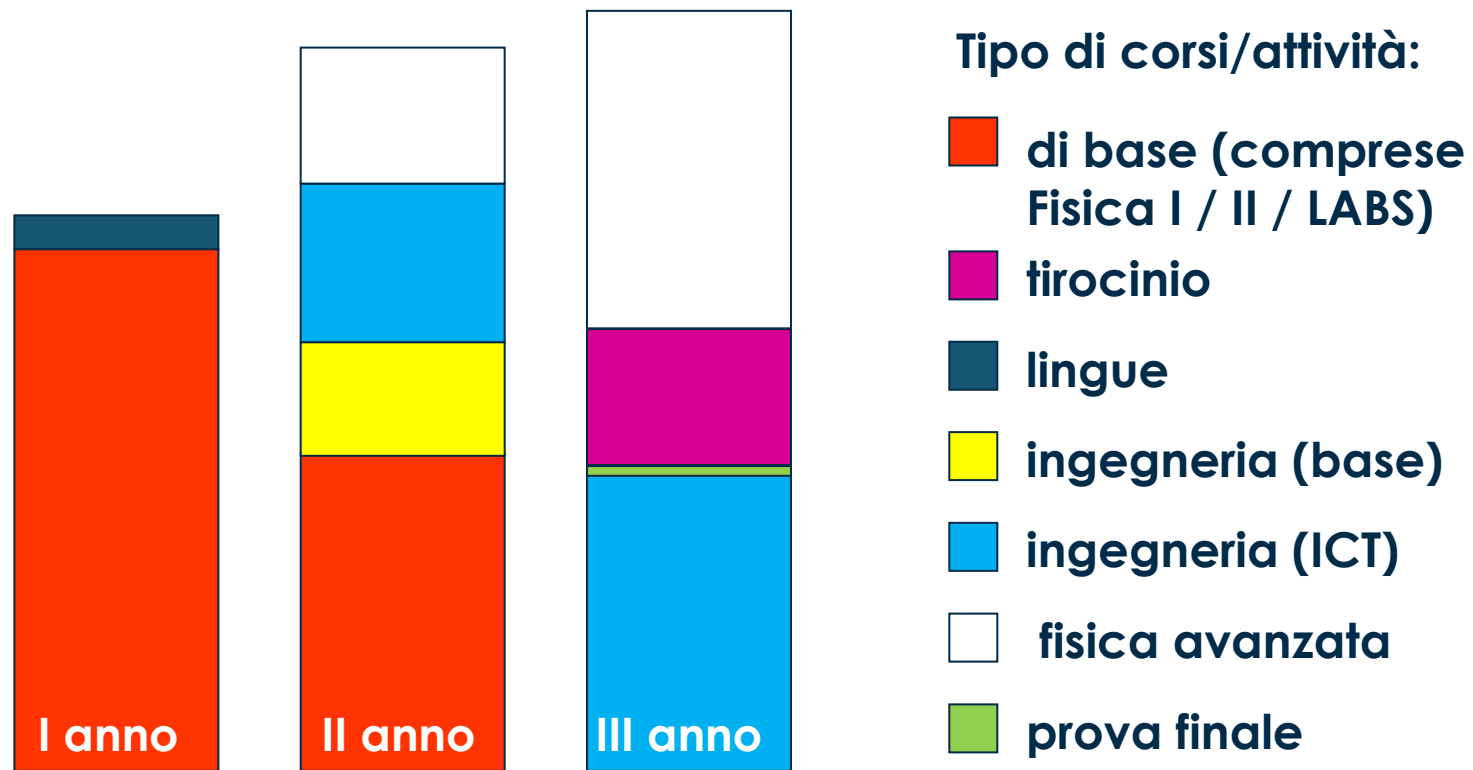
Sbocchi occupazionali:

- Progettista di dispositivi a tecnologia avanzata
- Operatore e manutentore di apparati basati su fenomeni fisici avanzati
- Consulente scientifico in aziende di servizi per le industrie

Proseguire gli studi



Percorso didattico: Distribuzione dell'attività formativa



Punti di forza del percorso



1. Internazionalizzazione
2. Solide competenze di base
3. Conoscenze necessarie per affrontare le sfide della sostenibilità



KTH –
Royal
Institute of
Technology
Stoccolma

