

Mostra realizzata e organizzata da



euresis

Associazione per la Promozione e lo Sviluppo della Cultura e del Lavoro Scientifico



Meeting per l'amicizia fra i popoli

In occasione della XXVIII edizione



# LA LUCE GLI OCCHI IL SIGNIFICATO

## L'ESPERIENZA UMANA DEL VEDERE

### Coordinatori scientifici

Tommaso Bellini Ordinario di Fisica, Università di Milano  
Mario Gargantini Giornalista scientifico; Direttore Emmequadro

#### Curatori

**Fisici:**  
Marco Bersanelli Ordinario di Astrofisica, Università di Milano; Presidente Euresis  
Alessandro Farini Ricercatore CNR, Istituto Nazionale di Ottica Applicata, Firenze  
Sergio Musazzi Ricercatore, Dip. TTD Centro Ricerca CESI  
Nicola Sabatini Direttore Euresis  
Cesare Sabato Direttore Commerciale ODL Coating  
Giovanna Scarel Ricercatore, Laboratorio Nazionale CNR-INFN MDM  
Elio Sindoni Ordinario di Fisica, Univ. Milano - Bicocca, Presidente Fondazione CEUR Dottorando, Università di Milano  
**Neurologi:**  
Mauro Ceroni Associato di Neurologia IRCCS Istituto Neurologico C. Mondino, Università di Pavia

#### Biologi:

Giorgio Dieci - Associato di Biochimica, Università di Parma  
**Ingegneri biomedici:**  
Maria Gabriella Signorini - Ricercatore, Dip. Biomedicina, Politecnico di Milano

#### Architetti:

Maria Antonietta Crippa Ordinario di Storia dell'Architettura, Dip. Architettura e Pianificazione, Politecnico di Milano

#### Collaboratori:

**Biologi:** Matteo Salina, Agnese Salvadé  
**Fisici:** Margherita Bonzini, Andrea Borghese, Anna Giorgioni, Valentina Perelli, Matteo Provenzano, Giovanni Rosotti, Daniele Viganò

#### Per il filmato *The unconceivable nature of nature*:

**Storyboard:** Tommaso Bellini, Mario Gargantini, Andrea Soranno, Marco Bersanelli  
**Realizzazione video:** Smalto Multimedia con il supporto di Lucia Fornasari, Elisabetta Sestini, Davide Agnelli  
**Voci narranti:** Andrea Chiodi e Alessandra Felletti  
**Musiche:** Roberto Andreoni

#### Progetto architettonico:

Enrico Magistretti  
In collaborazione con  
Benedetta Bardelli  
Giuseppe Gemelli  
Paolo Plantato  
Francesco Volonté

#### Grafica

Lorenzo Morabito

#### Sponsor tecnologici

Coemar, Castel Goffredo (MN)  
Dan2000 di Giuseppe Palermo, Tradate (VA)  
ODL Coating, Brembate Sotto (BG)

#### Con il Patrocinio di



Fondazione CEUR

La mostra è stata realizzata grazie al contributo di



obiettivoenergia  
liberi di scegliere, liberi di risparmiare



e dell'Istituto Nazionale di Ottica Applicata del CNR - Firenze



# L'esperienza UMANA DEL VEDERE



Nihil est in intellectu  
quod non fuerit prius  
in sensu.

San Tommaso



**N**oi conosciamo la realtà che ci circonda attraverso i sensi. Quasi senza che ce ne rendiamo conto, i sensi ci consentono di percepire il vento, la temperatura, la consistenza di ciò che tocchiamo, la composizione chimica dell'aria e dei cibi, i movimenti e quelle sottili vibrazioni acustiche dell'atmosfera che interpretiamo come suoni. Ma fra tutti, è forse la vista il senso che più ci permette di apprezzare l'estensione dello spazio, di prendere coscienza della varietà forme, colori e dimensioni dei corpi, di interpretare simboli, di riconoscere un volto amico. Nell'uomo "il vedere" arriva ad essere esperienza profonda di rapporto con il reale e di apertura al suo significato: non a caso "luce", "occhi", "visione" sono da sempre paradigmi della verità e della capacità dell'uomo di riconoscerla.





# Dove nasce la luce?



Che cosa hanno in comune una stella, una colata lavica e il filamento di una lampadina accesa? Si tratta di oggetti che emettono luce. In generale, tutti i corpi caldi emettono luce



## Perché i corpi caldi emettono luce?

Negli atomi isolati gli elettroni orbitano a diverse distanze dal nucleo: su ciascuna orbita l'elettrone ha un'energia caratteristica. Se si scalda un corpo, gli elettroni acquistano energia (termica) e "saltano" su un'orbita più esterna; quando poi ritornano sull'orbita originale, cedono l'energia sotto forma di luce.

Nei corpi solidi le energie che competono agli elettroni sono molte e ravvicinate: viene emessa luce a tutte le energie.





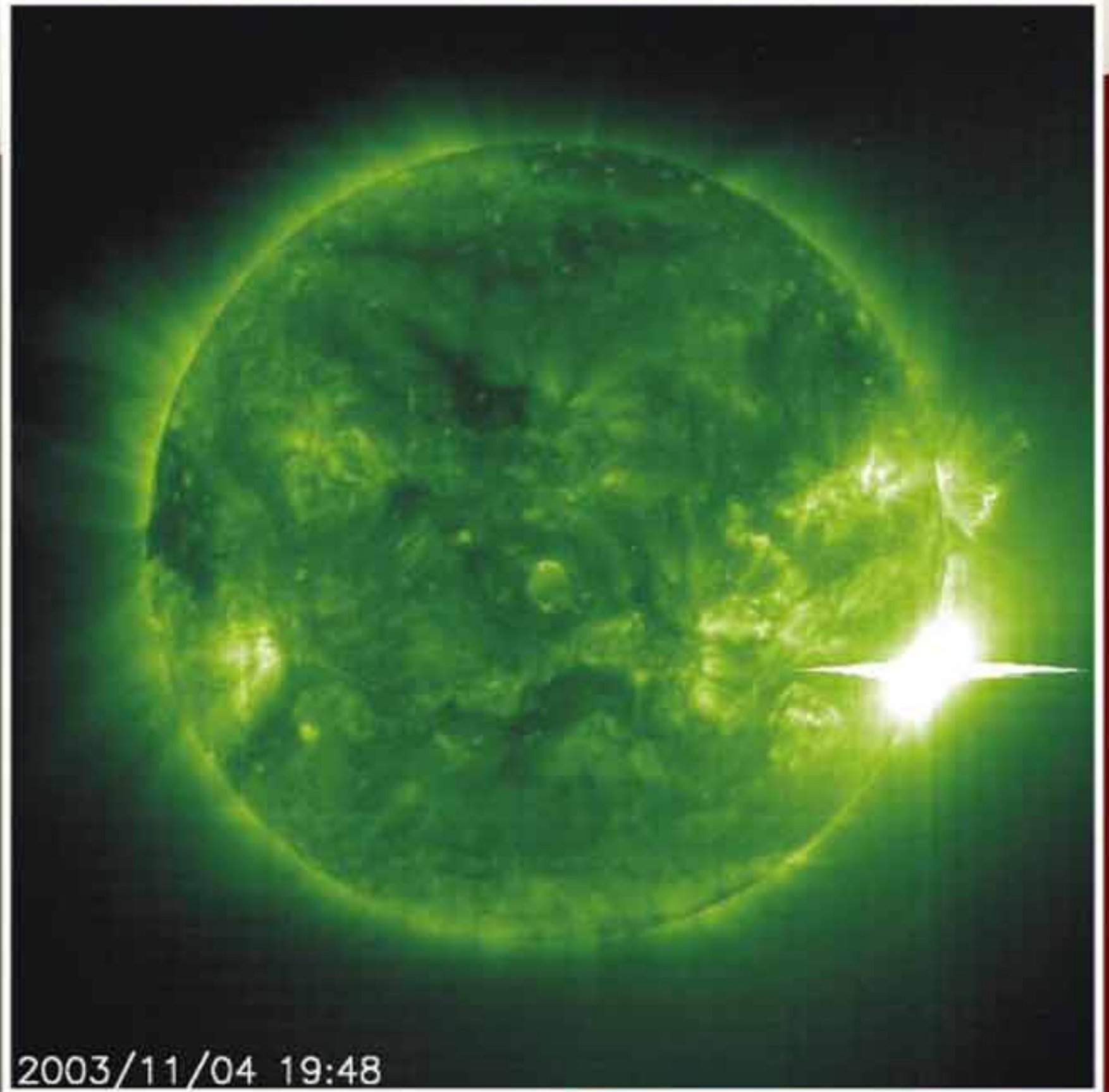
# SOHO

Solar and Heliospheric Observatory



SOHO è un telescopio spaziale, lanciato il 2 dicembre 1995 per studiare il Sole. È un progetto congiunto dell'Agenzia Spaziale Europea (Esa) e della Nasa. È posto a 1,5 milioni di km dalla Terra, in direzione del Sole, in modo da fornire una visione ininterrotta della stella. Ruota attorno al Sole insieme alla Terra e orbita molto lentamente attorno al Primo Punto Lagrangiano (L1), dove l'effetto combinato dalla gravità terrestre e solare lo mantengono in una buona posizione per le osservazioni e le comunicazioni.

Grazie a SOHO sono state scoperte complesse correnti di gas sotto la superficie visibile del Sole e rapidi cambiamenti nello schema dei campi magnetici; si sono osservate, nell'atmosfera solare, esplosioni, spaventose onde d'urto e tornado solari; si sono viste centinaia di comete passare nelle vicinanze del Sole.



Il sole nell'ultravioletto





# Onde e particelle



gni volta che la luce interagisce con la materia si comporta come un insieme di **particelle** dette **fotoni**.

La materia, a seconda delle condizioni in cui si trova, è in grado di emettere o assorbire fotoni.

I fotoni possiedono una precisa **energia** corrispondente al "salto" che li ha generati:

I fenomeni legati alla propagazione della luce si spiegano trattando la luce come **onda**. Le onde luminose hanno origine dai moti oscillanti delle cariche elettriche presenti negli atomi: l'oscillazione genera perturbazioni elettromagnetiche che si propagano nello spazio, un po' come onde sull'acqua.



## Il colore dei lamponi

Il filamento incandescente di una lampadina da 100 Watt emette cento miliardi di miliardi di fotoni al secondo: alcuni sono assorbiti dai lamponi, altri vengono riflessi, in relazione ai livelli energetici della struttura molecolare dei lamponi. La parte riflessa determina il colore.

## La luce interferisce

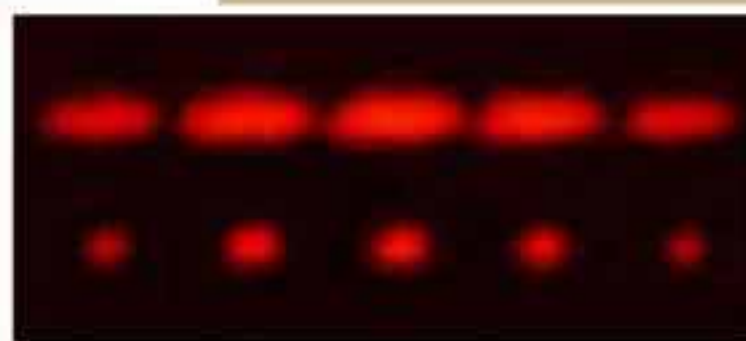
**l'interferenza si spiega solo col modello ondulatorio**

Le onde si sovrappongono dando origine a un'onda più intensa nei punti dove le perturbazioni sono concordi

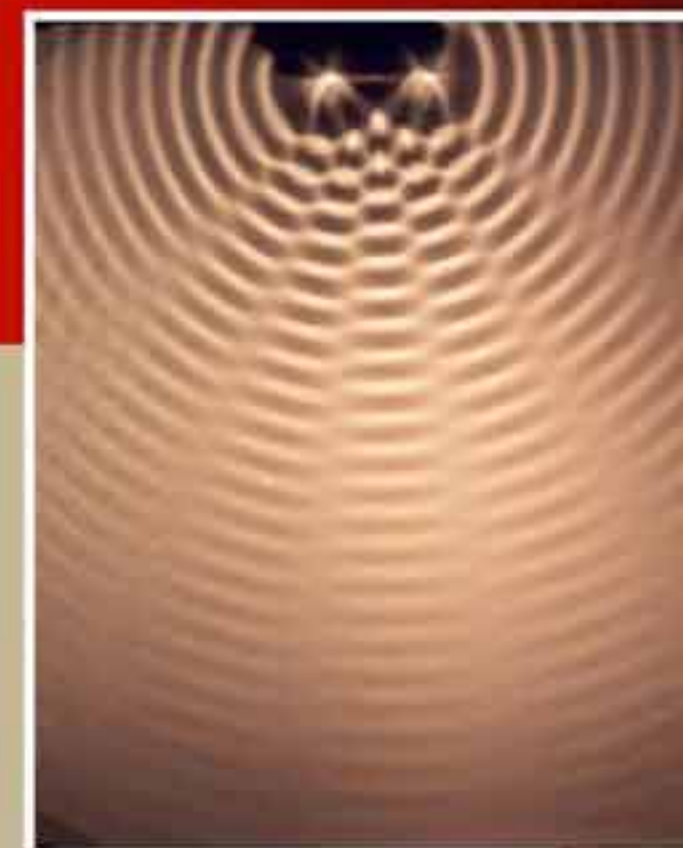
**(interferenza costruttiva)**

Dove sono discordi, le perturbazioni si sottraggono e l'onda risultante si riduce

**(interferenza distruttiva)**



Frange d'interferenza di luce



Interferenza di onde d'acqua





# Il colore dal calore

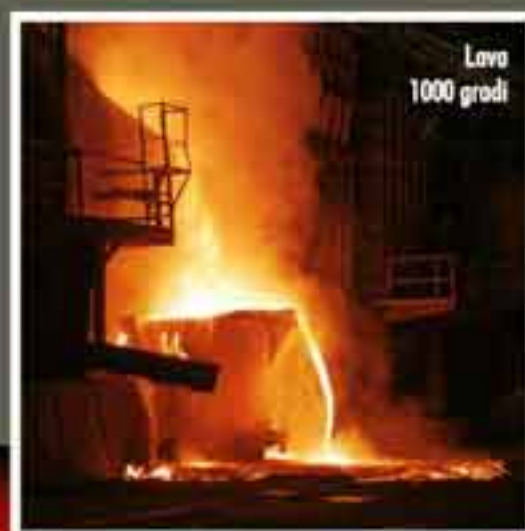


Alle basse temperature il colore di un corpo dipende essenzialmente dai fotoni riflessi. Invece, un **corpo riscaldato** gradualmente sopra i 500 gradi emette radiazioni dapprima percepite come sensazioni termiche che progressivamente si estendono ad altre visibili ai nostri occhi:

Più energia termica un corpo ha a disposizione, maggiore è l'energia luminosa emessa. Ne consegue non solo un aumento del numero dei fotoni (aumento di luminosità), ma anche delle loro singole energie.



Più caldo, più freddo



Lava  
1000 gradi



Acciaio fuso  
2000 gradi



Superficie del sole  
5000 gradi



Rigel, stella azzurra  
1100 gradi



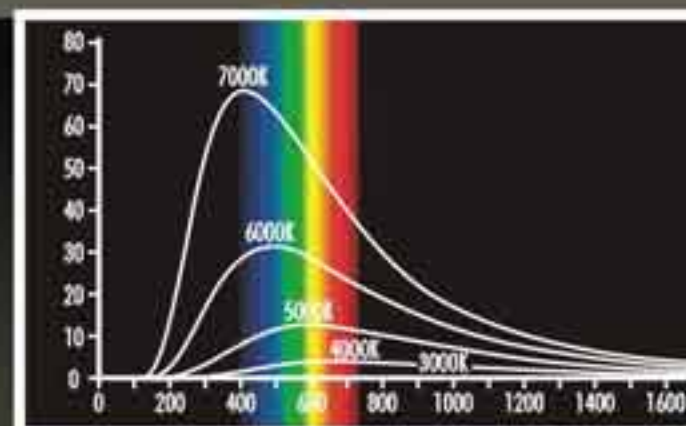
Alnitak, stella blu  
30.000 gradi

più freddo

più caldo

L'occhio riconosce le energie delle singole emissioni come colore con una **sensibilità straordinaria**, ma solo all'interno di un sottile intervallo di valori (luce visibile). In esso distingue le energie gradualmente crescenti con colori diversi:

rosso  
arancione  
giallo  
verde  
blu  
violetto



Il corpo diviene **rosso cupo** (fino a 1500 gradi), poi **rosso acceso** (sotto i 3500 gradi), **giallo** (5000 gradi), bianco (7000-10000 gradi), fino a tendere all'**azzurro** e al **blu** (30.000 gradi).)

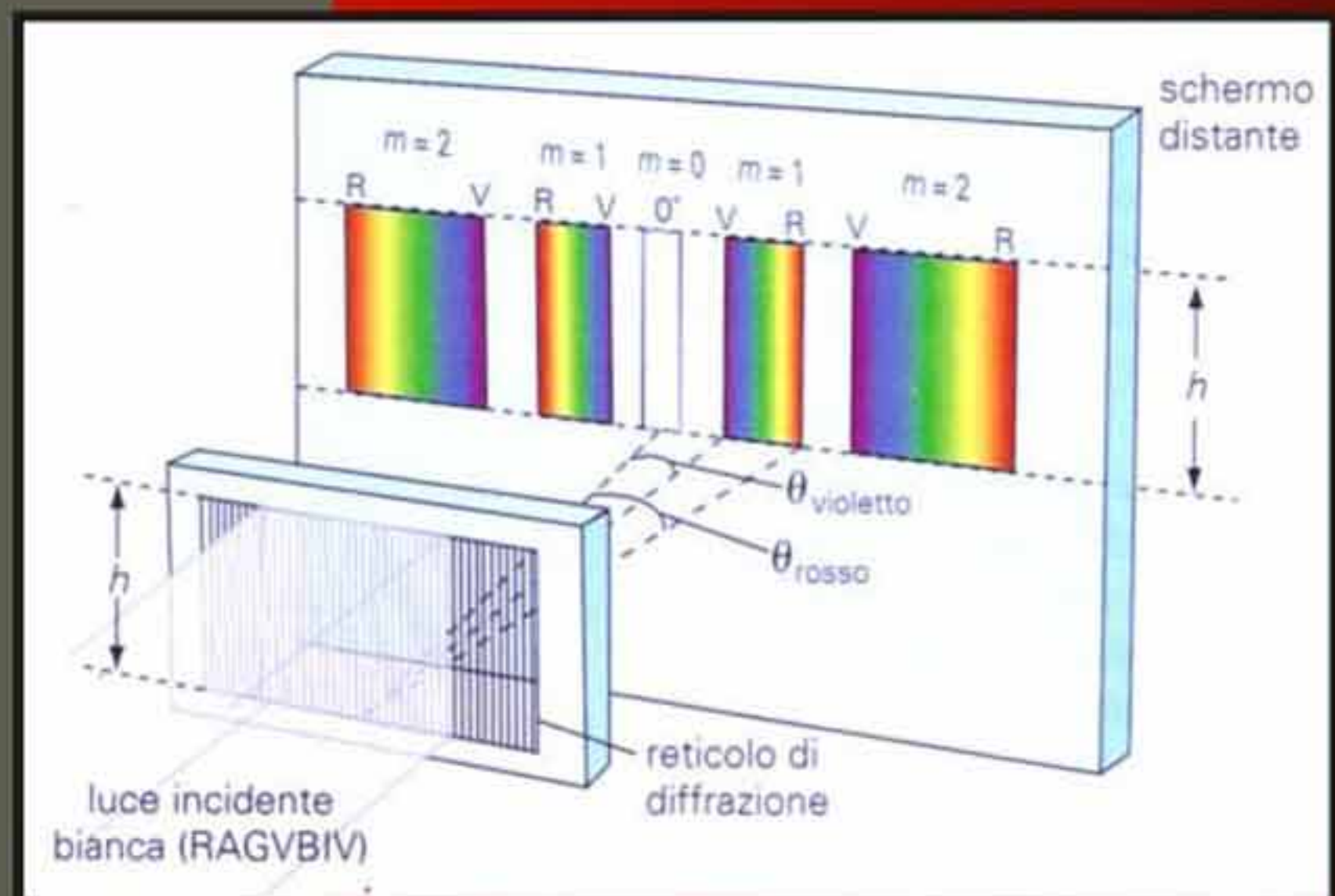




# Separare la luce

**U**n reticolo (di trasmissione) è costituito da una sequenza regolare di linee trasparenti e opache. La luce bianca attraversando il reticolo viene dispersa nelle varie componenti cromatiche a causa del fenomeno dell'interferenza.

Il reticolo separa le diverse componenti cromatiche presenti nell'onda deviando maggiormente quelle di più grande lunghezza d'onda.





# I colori di una BOLLA



In relazione allo spessore attraversato dai raggi luminosi nella pellicola, in alcune zone si creano condizioni di interferenza costruttiva per le onde di una certa lunghezza e distruttiva per le altre.

L'onda risultante ha ampiezza massima quando le due onde riflesse emergono perfettamente sovrapposte:  
Negli altri casi, l'onda è indebolita, fino a essere distrutta nelle zone in cui onde riflesse emergono in opposizione di fase :

Per gravità il sapone scende e la pellicola si inspessisce:  
**interferiscono costruttivamente onde gradualmente di lunghezza d'onda maggiore.**

Le zone dove l'interferenza è costruttiva assumono i colori corrispondenti. Dalle altre zone giungono agli occhi colori differenti in proporzione variabile.

La sequenza di colori che si susseguono sulla bolla è quella delle lunghezze d'onda crescenti: violetto blu verde giallo arancione rosso

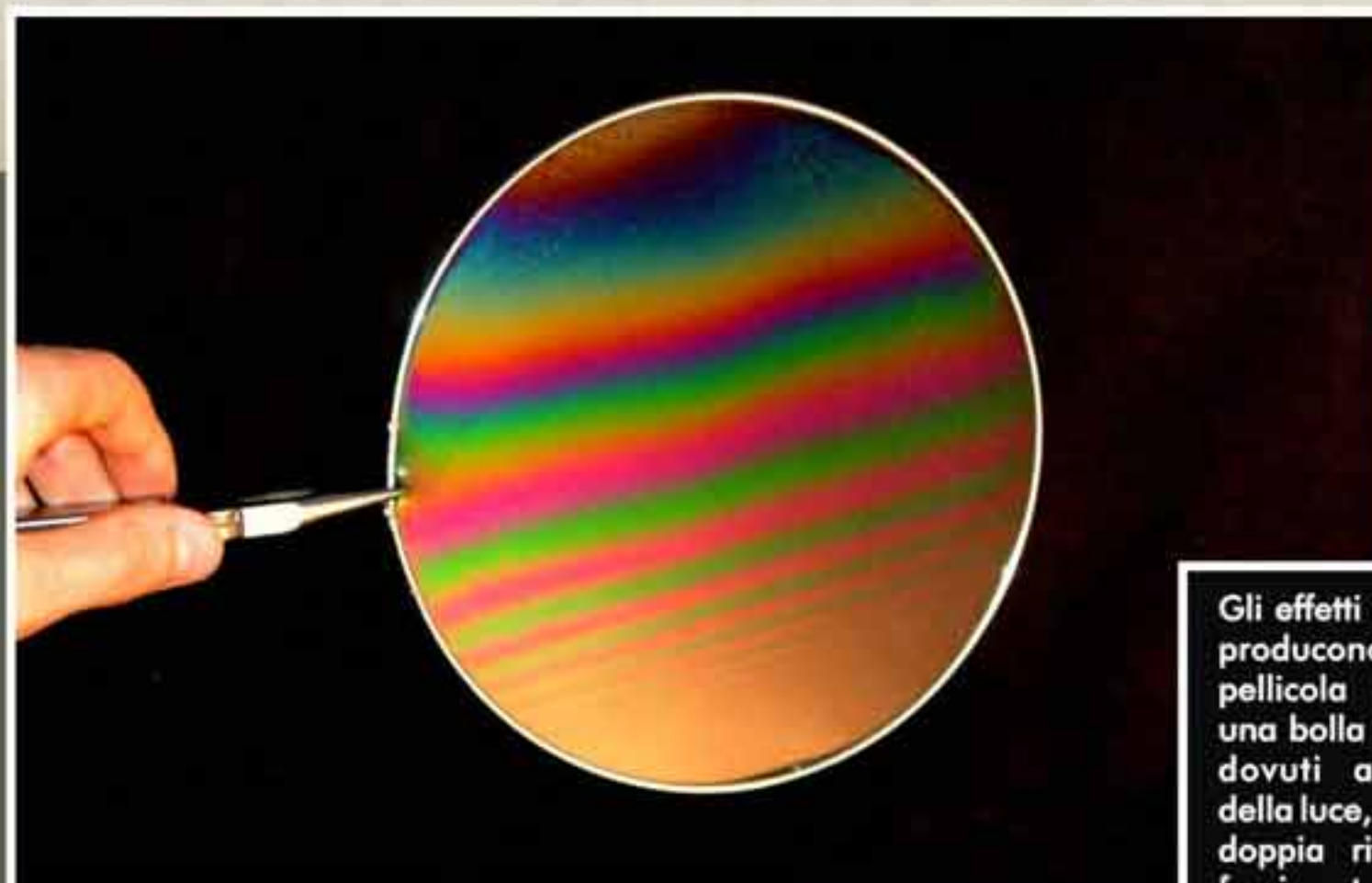




# Onde colorate

L'occhio vede come luce perturbazioni elettromagnetiche che si propagano nello spazio con le caratteristiche delle onde; e le distingue come colori all'interno delle lunghezze d'onda tra 4 e 7 decimillesimi di millimetro.

Molti fenomeni luminosi, come i cangianti colori di una bolla di sapone, testimoniano il comportamento ondulatorio della luce.



Gli effetti cromatici che si producono sulla sottile pellicola trasparente di una bolla di sapone sono dovuti all'interferenza della luce, che subisce una doppia riflessione, sulla faccia esterna e su quella interna dello strato.

## Misurare le onde

Un'onda ha una frequenza che rappresenta quante volte un punto attraversato dall'onda oscilla in un secondo.

Come accade a un galleggiante sull'acqua...

Più ampie e più numerose sono le oscillazioni, maggiore è l'energia trasportata dall'onda.

La distanza tra due creste consecutive corrisponde a una lunghezza d'onda  $\lambda$ ; essa dipende dalla velocità con cui la perturbazione si propaga: se l'onda attraversa un mezzo che ne diminuisce la velocità, la frequenza rimane la stessa ma la sua lunghezza d'onda si riduce.

