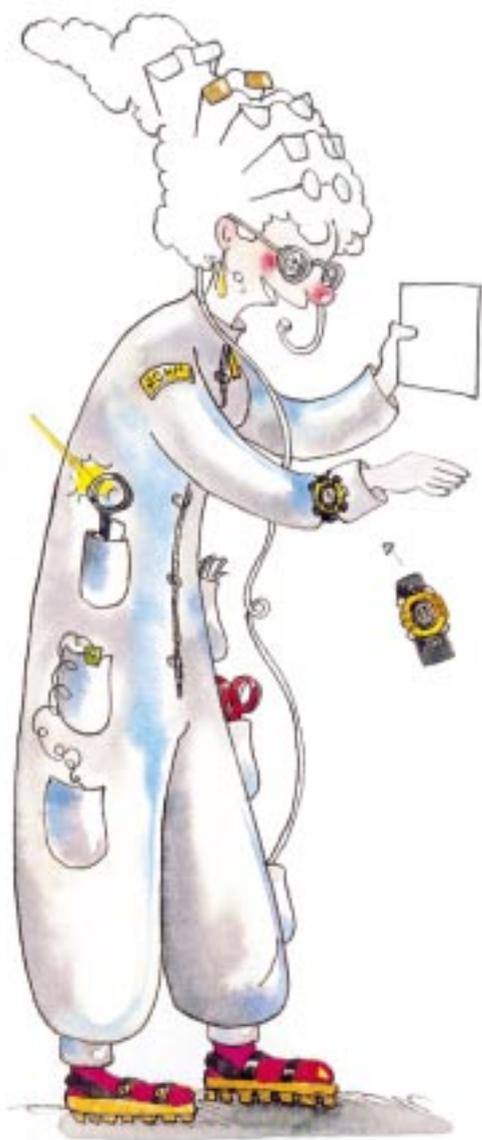


LA TRADUZIONE DEL CODICE DELLE ONDE.

fermata numero 3

4



Si apre la seconda parte del nostro viaggio: stiamo per avvicinarci con più precisione alle onde luminose. Pensate che esse sono per il nostro sistema **occhio-cervello** come un codice segreto: una volta che arrivano sulla retina, sono subito captate dalle cellule fotorecetrici (i coni e i bastoncelli) e tradotte con un nuovo alfabeto in informazioni molto importanti, che ci permettono di riconoscere le caratteristiche di movimento, forma/volume ed infine di colore dell'oggetto osservato. Nelle quattro fermate di questa tappa costruiremo quanto necessario per conoscere a fondo ciò che accade alle onde nel nostro occhio e sperimentare di persona alcuni interessanti fenomeni. Buon lavoro!

LA TRADUZIONE DEL CODICE DELLE ONDE
IN SEGNALI DI COLORE, MOVIMENTO E FORME

Il movimento **3**

Le forme e i volumi **4**

Il colore **5**

Il colore cambia? **6**

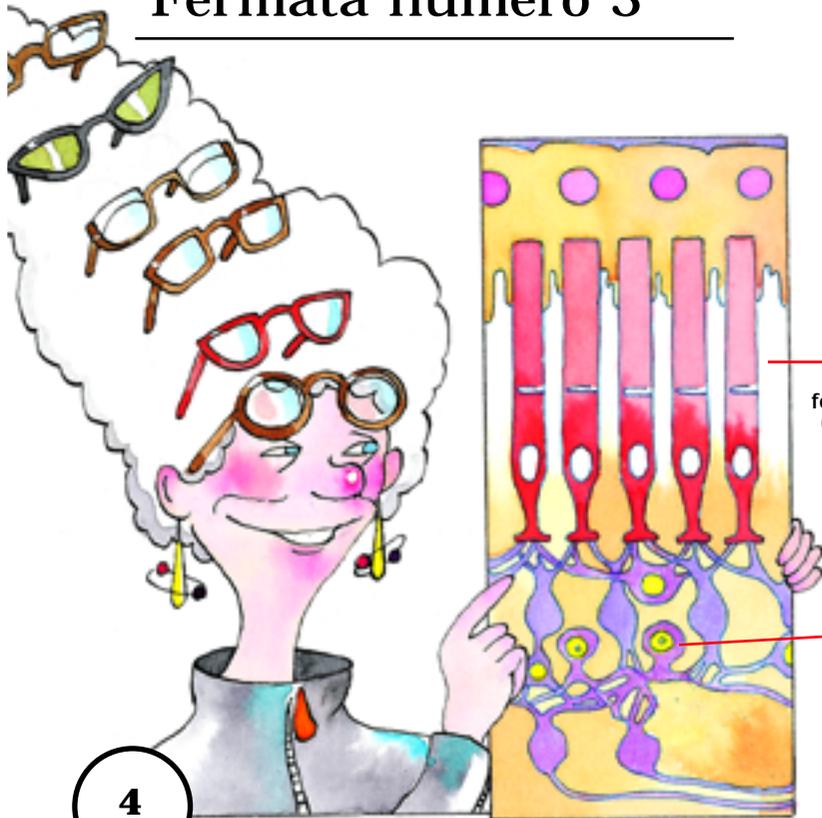


OCCHIO
AGLI
OCCHI!

COMMISSIONE DIFESA VISTA

IL MOVIMENTO.

Fermata numero 3



cellule fotorecetrici (bastoncelli e coni)

cellule specializzate nella percezione del movimento

CATTURA IL MOVIMENTO.

Quando una farfalla entra volando nel nostro **CAMPO VISIVO**, le onde luminose che la colpiscono e che vengono riflesse e catturate dal nostro occhio si muovono sulla retina colpendo una dopo l'altra, le cellule fotorecetrici laterali: l'immagine della farfalla sulla retina si sposta anch'essa al muoversi dell'insetto.

LA PERCEZIONE del movimento è affidata ad alcune cellule specializzate della retina, appena al di sotto dello strato dei bastoncelli e dei coni, che hanno il compito di mandare i segnali di movimento al cervello. Queste cellule trasmettono al cervello un segnale di movimento molto preciso: alcune di esse infatti sono sensibili

solo ai segnali inviati dalle cellule fotorecetriche che vanno da sinistra a destra, altre invece sentono solamente la direzione contraria. Molti animali hanno fatto di questa capacità una strategia di caccia: pensate che, ad esempio, il rospo non riesce quasi a distinguere un insetto immobile davanti ai suoi occhi, ma lo cattura estraendo in modo fulmineo la lingua appena questo accenna al più piccolo movimento.

PROVATE ANCHE VOI

4

Durante **L'EVOLUZIONE** abbiamo sviluppato un sistema per vedere con più facilità oggetti in movimento rispetto a quelli statici. Per verificare questa abilità prendete un cartoncino nero e punteggiate con un correttore bianco liquido in modo irregolare. Ritagliate una sagoma di animale,

dotatela di un manico fatto dello stesso cartoncino e disegnate su di essi le macchioline. Disponete la sagoma sul cartoncino in modo che vi aderisca alla perfezione e invitate un compagno a riconoscere la forma nascosta. Solamente quando proverete a muovere leggermente il manico,

la sagoma nascosta acquisterà un'identità propria, rivelando il vostro animale sullo sfondo. Lo stesso procedimento è utilizzato da molti **animali per rendersi invisibili** ai predatori: siete in grado di vedere... il **CAMALEONTE?**



LE FORME E I VOLUMI.

Fermata numero 4

Oltre a trarre informazioni sul movimento, il nostro occhio è in grado di interpretare l'alfabeto delle onde luminose in forme e volumi. La capacità di distinguere le forme è innata nell'uomo: già da neonati siamo in grado di percepire la loro presenza, anche se le vediamo ancora indistinte. Crescendo, la nostra abilità visiva si affina a tal punto che impariamo a riconoscere il volume degli oggetti, anche se l'immagine tridimensionale di ciò che guardiamo, riportata sulla nostra retina dalle onde luminose, diventa piatta. Attraverso l'esperienza, il nostro cervello ha imparato ad interpretare determinati segnali visivi a due dimensioni come indizi di profondità: eccone alcuni!



Un'indicazione importante che interpretiamo come segno di profondità è la presenza in una forma di parti diversamente illuminate, riconoscibili come zone di luce e di ombra.

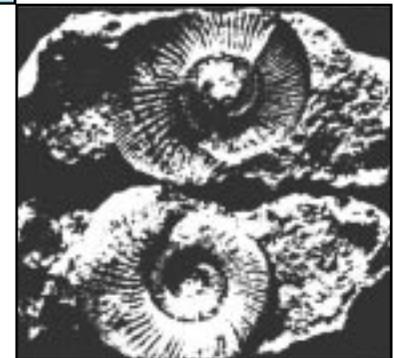
Galileo Galilei, un grande studioso di astronomia vissuto circa quattrocento anni fa, guardando **LUNA** con il **TELESCOPIO** si era accorto dell'esistenza di crateri, montagne e valli sulla superficie di questo satellite, proprio osservando la presenza di zone illuminate in modo diverso e di

I CONTRASTI DI LUCE E OMBRA



fasce d'ombra. "Se c'è l'ombra - si era detto Galileo - ci sarà sicuramente un volume che la produce!". E aveva visto giusto! Se questo modo di interpretare le zone di luce e d'ombra può esserci molto spesso d'aiuto, è vero anche che ogni tanto può

trarci in inganno. Guardate la foto riportata qui di fianco così come è orientata e poi provate a capovolgerla: in un caso **IL FOSSILE** in alto ci appare impresso nella roccia, mentre quello sotto sembra sporgere verso di noi, invece capovolgendo l'immagine i ruoli si invertono! Al variare del punto di vista, la nostra percezione della luce e dell'ombra cambia.

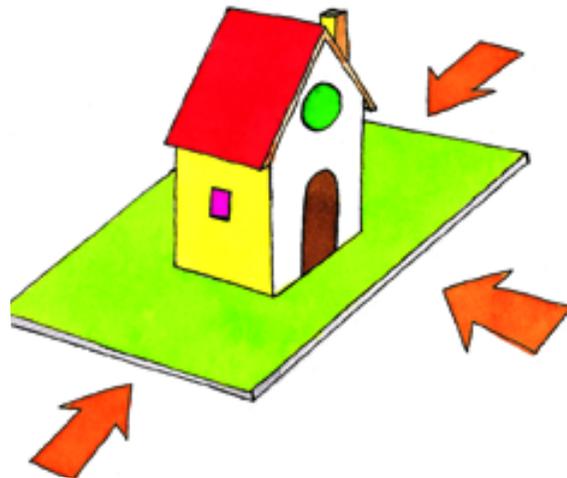


LE FORME E I VOLUMI.

fermata numero 4

5

PUNTI DI OSSERVAZIONE DIVERSI

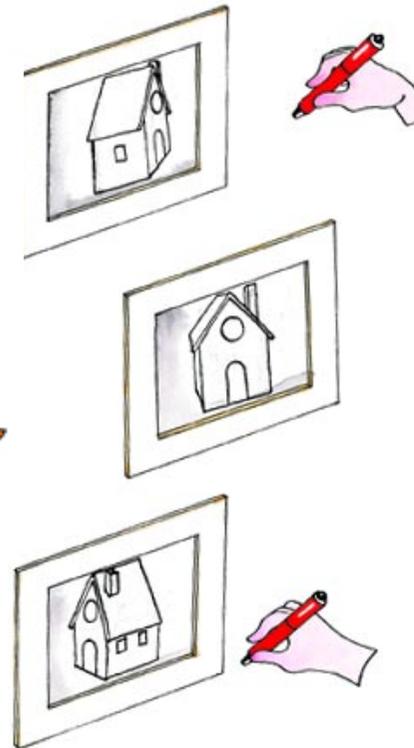


Un'altra esperienza che ci aiuta a percepire il volume degli oggetti è la possibilità di girare loro intorno e di osservarli da diversi **PUNTI DI VISTA**.

Per scoprire come ciò accada, costruitevi una cornice di cartoncino rigido ed applicatevi sopra un foglio di acetato, come mostrato nel disegno.

Appoggiate quindi una scatola in un luogo che vi consenta di girarle attorno e segnate per terra quattro posizioni, tutte alla stessa distanza dalla scatola,

dalle quali osservarla di fronte, di dietro, da un lato, dall'altro. Mettetevi in ciascuna posizione, inquadrare la scatola nella cornice e con il pennarello tracciate l'esatto contorno sul lucido, come se la ricalcaste, utilizzando ogni volta un lucido diverso. Ricordatevi di tenere sempre il lucido il più possibile alla stessa altezza da terra e alla stessa distanza dai vostri occhi. Provate quindi a sovrapporre i quattro lucidi: vi accorgete che i disegni delle quattro posi-



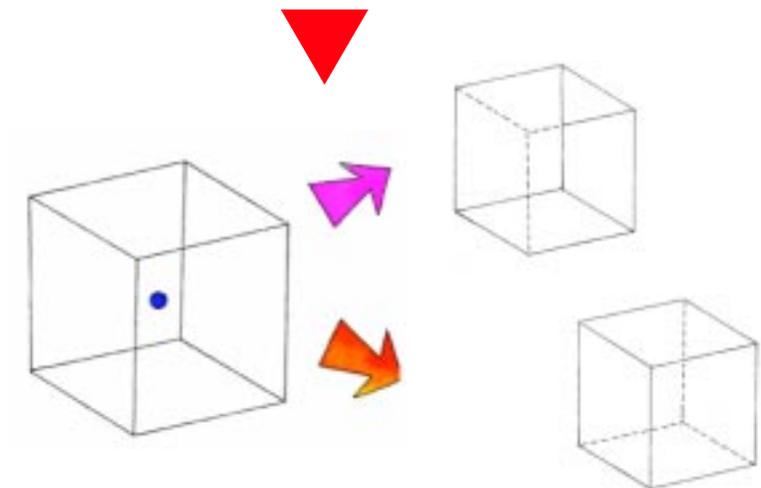
zioni non coincidono, nonostante la percezione della scatola rimanga uguale. Proprio attraverso la diversità delle immagini che si formano sulla nostra retina, il cervello riconosce la **TRIDIMENSIONALITÀ** della scatola e, integrando le diverse forme percepite dai vari punti di vista, elabora la visione in un unico volume.

La direzione delle linee

Anche la direzione delle linee che determinano il contorno di una figura costituisce per il nostro cervello un dato importante per riconoscere i volumi, così come la presenza di una forma che ne copre parzialmente un'altra.

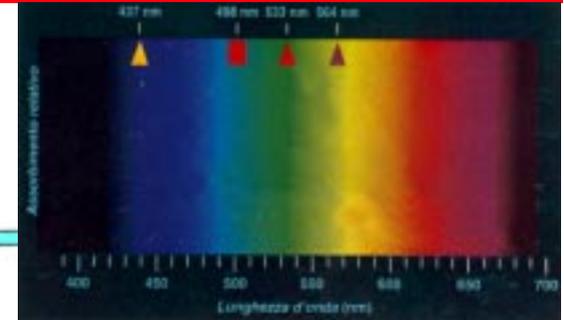
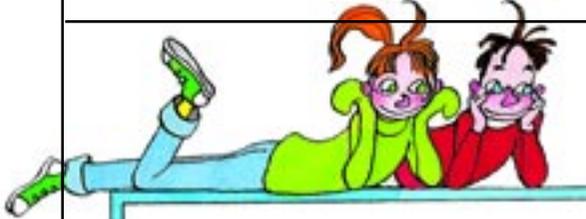
Osservate ad esempio **il cubo disegnato qui sotto**: è visto dall'interno o dall'esterno? Entrambe le possibilità sono valide, ma, pur non avendo

elementi per prediligere una, solo concentrandoci molto, riusciamo a passare dall'una all'altra. In un caso percepiamo le due linee oblique segnate in rosso come linee che divergono verso l'orizzonte e la faccia di destra ci pare sopra a quella di sinistra. Nell'altro possiamo percepire le stesse linee convergenti all'orizzonte e la faccia di sinistra sopra a quella di destra.



IL COLORE.

Fermata numero 5



La luce emessa dal sole è composta da moltissime onde luminose tutte con lunghezze d'onda comprese fra i 400 e i 700 nanometri. Quando questi fasci di onde incontrano un oggetto sul loro cammino possono verificarsi tre possibilità.

- 1. Le onde luminose sono ASSORBITE completamente dall'oggetto.** In questo caso il nostro occhio non viene colpito da nessuna onda riflessa e quindi percepisce l'assenza di stimolo visivo come **colore nero**.
- 2. Le onde luminose sono assorbite parzialmente.** Ad esempio, le foglie riescono ad assorbire quasi tutta la luce, ad esclusione delle onde luminose comprese intorno ai 530 nanometri, che determinano le varie tonalità di verde che ci appaiono. Questo è il caso più frequente quando guardiamo un oggetto: a seconda del materiale con cui è composto, alcune onde non vengono assorbite e possono entrare nel nostro occhio, determinando il colore dell'oggetto stesso.
- 3. Le onde luminose non vengono assorbite per niente e sono tutte riflesse.** In questo caso tutte le onde del sole arrivano alla retina e l'informazione che arriva al cervello è quella del **colore bianco**.
Se la luce che colpisce un oggetto non contiene tutte le onde luminose, il colore dell'oggetto può variare. Ad esempio, perché sott'acqua un oggetto rosso, appare di un colore diverso? L'acqua fa da filtro alla luce e assorbe le onde luminose corrispondenti al colore rosso: mano a mano che ci si immerge, queste non possono più colpire l'oggetto ed arrivare al nostro occhio, quindi il colore rosso scompare!

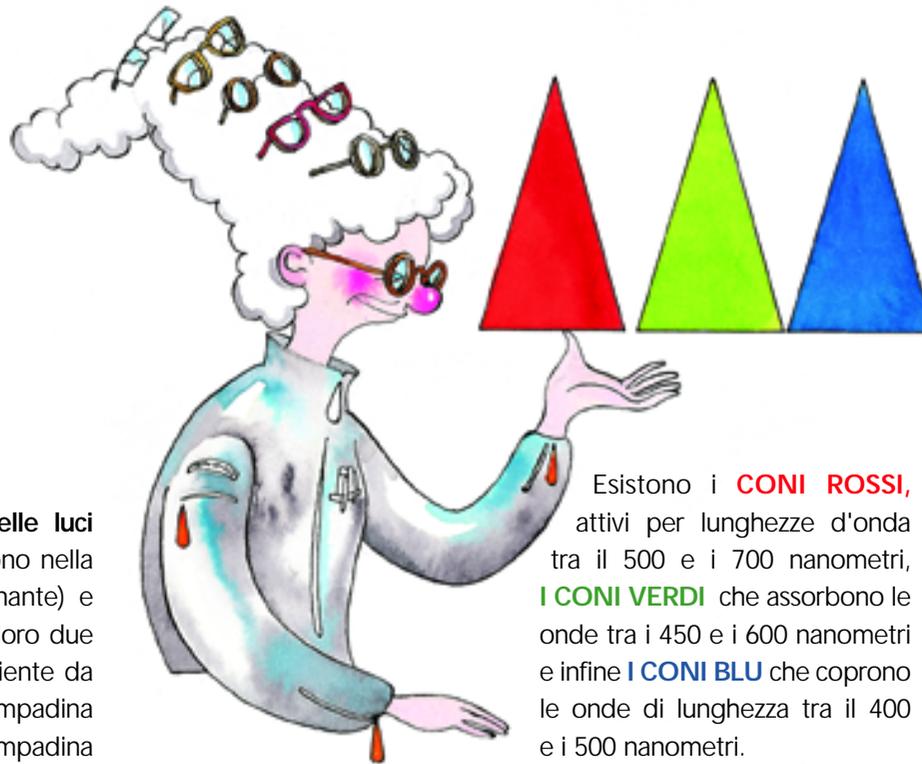


IL COLORE.

COME AVVIENE LA PERCEZIONE DI TANTI COLORI NEL NOSTRO OCCHIO?

fermata numero 5

6



Costruite la scatola delle luci colorate (le istruzioni sono nella guida del vostro insegnante) e provate a miscelare fra loro due diverse luci, una proveniente da un faretto con una lampadina verde, l'altra da una lampadina rossa. Parallelamente mettete sulla vostra tavolozza della tempera di colore verde con un po' di colore rosso.

I colori risultanti nella camera e sul piatto sono uguali?

Nella scatola percepite il colore azzurro, mentre mescolando le tempere ottenete il colore nero.

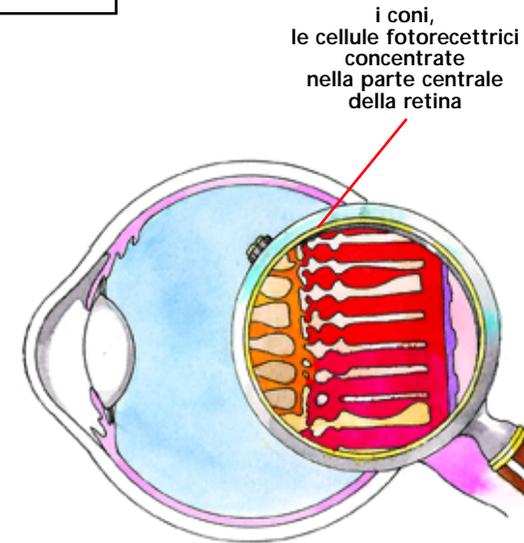
Ciò che accade in modo artificioso nella camera delle luci avviene anche nel vostro occhio: proviamo a capire cosa succede!

Il fenomeno è molto complesso - lo stanno ancora studiando - ma sicuramente ha per protagonisti tre diversi tipi di una stessa cellula, **il cono della retina.**

Esistono i **CONI ROSSI**, attivi per lunghezze d'onda tra il 500 e i 700 nanometri, **I CONI VERDI** che assorbono le onde tra i 450 e i 600 nanometri e infine **I CONI BLU** che coprono le onde di lunghezza tra il 400 e i 500 nanometri.

Quando arriva un'onda di una sola lunghezza essa troverà uno dei tre cono che la assorbirà completamente, traducendola in un segnale di massima intensità; gli altri due invece saranno minimamente stimolati e tradurranno tutto ciò con un segnale di intensità più debole.

Il cervello interpreta i segnali trasmessi dai tre cono e in base al segnale più forte assegna un colore preciso. Molto più complicata è la situazione di onde di lunghezze diverse che arrivano contemporaneamente alla nostra retina. In questo caso ogni lunghezza d'onda stimolerà i tre cono in modo differente e ancora il colore visualizzato dipenderà da come si combinano i segnali che giungono al cervello.



i cono, le cellule fotorecetrici concentrate nella parte centrale della retina

IL COLORE CAMBIA?

Fermata numero 6

7



Durante la Fermata numero 5 abbiamo ragionato insieme del rapporto tra le onde luminose e la percezione del colore dei nostri occhi. *Attenzione ora alla domanda che vi farò, che, guarda caso, è la stessa che si è posto il grande pittore impressionista Claude Monet!*

Se ogni oggetto ha un proprio colore preciso, perché, durante il giorno, uno stesso paesaggio può assumere colori viola stri al mattino, intensi e con poche sfumature a mezzogiorno e giallognoli verso sera?

Come per noi tre esploratori del mondo della visione trovare la risposta alla domanda si rivela di estrema importanza, così anche per il pittore francese **Claude Monet**, vissuto vicino a Parigi dal 1840 al 1926, studiare gli effetti cromatici prodotti dalla luce era diventata una questione fondamentale. Monet e alcuni altri amici impressionisti si erano accorti che, nonostante siamo abituati a riconoscere il colore di un oggetto come se fosse sempre lo stesso, in realtà i colori delle case, degli alberi, di qualsiasi elemento noi vediamo cambiano costantemente al variare delle condizioni di luce, nei diversi momenti del giorno. In particolare Monet, da uomo metodico che era, scelse di dipingere lo stesso soggetto - la cattedrale della città di Rouen in Francia - in ore diverse della giornata, mettendo il suo cavalletto sempre nello stesso luogo. In questo modo realizzò ben trenta tele, ciascuna delle quali mostra la stessa immagine della cattedrale, ma con colori ogni volta diversi. Guardando le sue opere, Monet aveva l'aria soddisfatta; tuttavia un pensiero lo tormentava: **quale sarà il vero colore della cattedrale?**

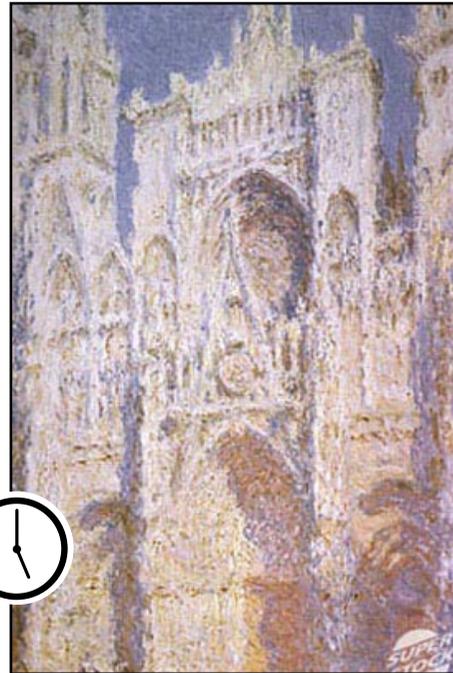


IL COLORE CAMBIA?

IL COLORE DELLA CATTEDRALE

Non esiste un colore unico della cattedrale: i suoi colori sono tutti quelli dipinti da Monet nelle trenta tele e tutti gli altri che essa assume nei diversi momenti del giorno e con le diverse condizioni atmosferiche. Il colore, a differenza di altre qualità come il peso o la forma che sono invariabili, è una proprietà degli oggetti che dipende in parte dalle loro caratteristiche, ma, soprattutto, dalla luce che li colpisce.

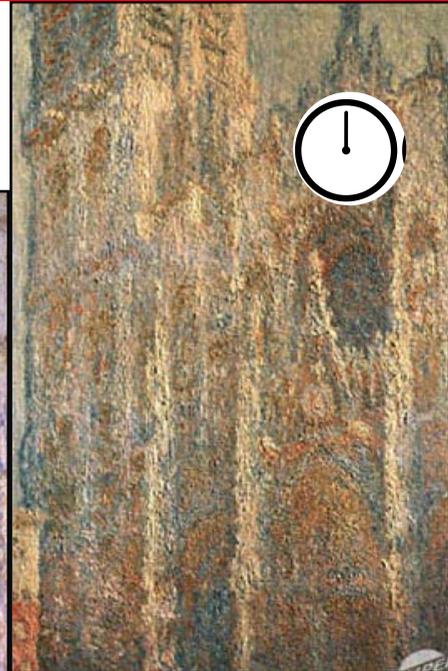
Nelle diverse ore del giorno la composizione della luce solare cambia:



"MATTINO"



ALL'ALBA, quando la luce è ancora molto debole, tutti gli oggetti di colore bianco, come la cattedrale dipinta da Monet, assumono un aspetto azzurrato



"PIENO SOLE. ARMONIA"



A MEZZOGIORNO, se il cielo è terso, tutte le onde luminose si propagano e giungono ai nostri occhi con un'intensità molto forte. Questo provoca un affaticamento dei coni sulla nostra retina, che rimangono quasi tramortiti: è per questo che, in presenza di una luce **ABBACINANTE**, tendiamo a distinguere meno le differenze tra i colori e percepiamo le immagini come se fossero un po' stinte.



"ARMONIA BRUNA"



AL TRAMONTO, quando il sole è basso sull'orizzonte e i suoi raggi diventano più obliqui, le onde luminose molto brevi del blu e del violetto non riescono ad arrivare fino a terra, mentre le onde molto lunghe del giallo e del rosso si diffondono facilmente. Per questo tutto assume un colore rossastro.

Monet - "La cattedrale di Rouen" (1894)