

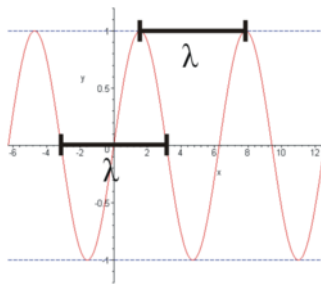
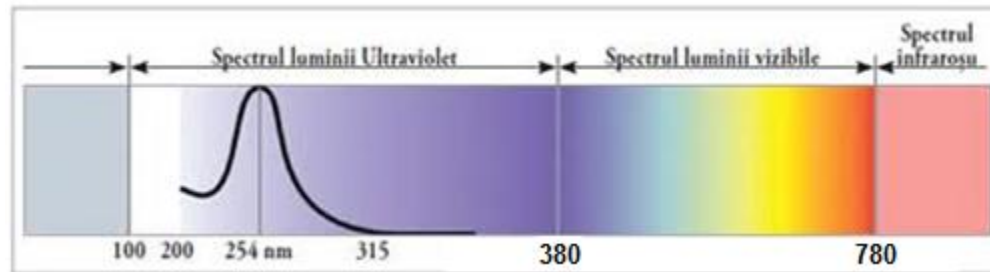
# *Proprietățile luminii. Modele de culoare*

*Prof. univ. dr. ing. Florica Moldoveanu*

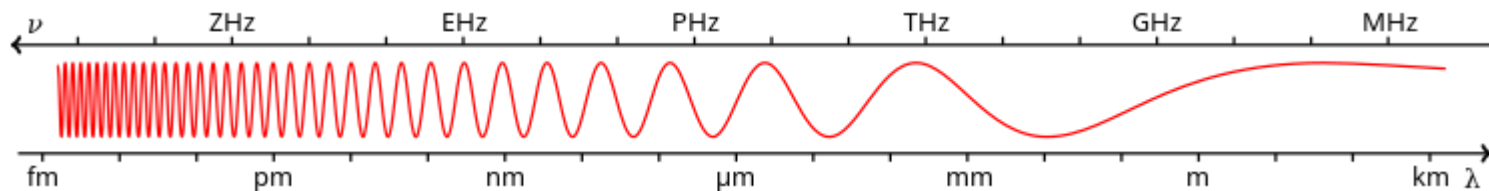
*Curs Elemente de Grafică pe Calculator – UPB, Automatică și Calculatoare*  
2021-2022

# Lumina

- Lumina este energie electromagnetică având lungimi de unda într-un interval numit **spectrul vizibil**. Radiatiile din acest interval sunt percepute de ochiul uman ca și culori.
- Spectrul vizibil este alcătuit din unde cu lungimi cuprinse între 380-780 nanometri.

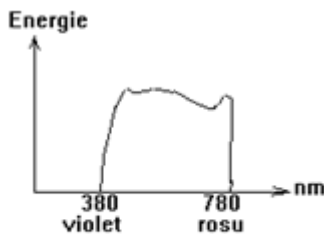


Lungimea de unda: distanța dintre două puncte din spațiu între care unda a parcurs o perioadă de repetiție.

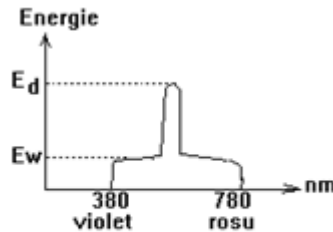


# Proprietățile luminii(1)

- Atunci când cade pe suprafața unui obiect, lumina poate fi: absorbită, reflectată sau transmisă.
- **Sistemul vizual uman percepe: - lumina provenita direct de la o sursa și**  
**- lumina reflectata sau transmisa de obiectele din mediu.**



Lumina acromatica



Lumina cromatica

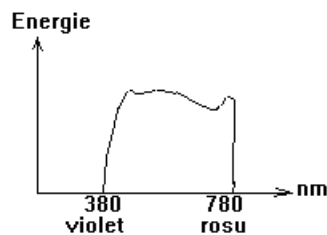
- Lumina care conține toate lungimile de undă din spectrul vizibil în proporții aproximativ egale se numește **acromatică**.
  - Lumina în care predomină o anumită lungime de undă se numește **cromatică**.
- Lumina acromatică provenită de la o sursă este percepută ca albă.
  - Lumina acromatică provenită de la un obiect este percepută ca albă, neagră sau ca o nuanță de gri în funcție de proprietățile fizice ale suprafeței obiectului.
  - Obiectele care reflectă acromatic mai mult de 80% din lumina incidentă albă apar ca albe. Cele care reflectă acromatic mai puțin de 3% din lumina incidentă albă apar ca negre.

# *Proprietățile luminii(2)*

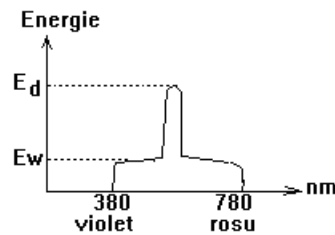
- **Culoarea unui obiect, perceputa de ochiul uman**, depinde atât de distribuția lungimilor de undă în lumina care cade pe obiect cât și de caracteristicile fizice ale suprafeței obiectului: reflecta/absoarbe/transmite anumite lungimi de unda.
- Energia electromagnetică nu are culoare!
- **Culoarea este rezultatul unui proces psiho-fiziologic.**
- **Definiția psiho-fiziologică a unei culori cuprinde: nuanța, luminozitatea (strălucirea), saturatia**
  - **Nuanța:** roșu, galben, verde, etc. – determinată de lungimea de undă dominantă a distribuției spectrale a luminii.
  - **Luminozitatea sau strălucirea** - reprezintă intensitatea luminii.
    - Luminozitatea: caracteristică a unui obiect emițător de lumină
    - Strălucirea: caracterizează un obiect neemițător, care reflectă lumina.

# Proprietățile luminii(3)

- **Saturația sau puritatea** - o măsură a amestecului de alb într-o culoare pură;
  - permite să se facă distincție între roșu și roz, între albastru și bleu, etc;
  - o culoare pură are saturația 100%;
  - lumina acromatică are saturația 0%.



Lumina acromatica



Lumina cromatica

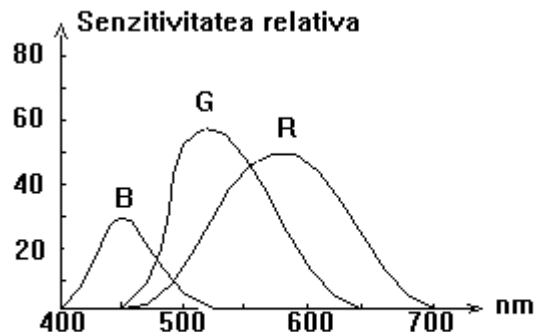
Culoarea este data de lungimea de unda dominanta.

$E_w=0$  – culoarea are puritatea 100% : **monocromatica**  
(largime de banda de un nanometru)

– Cea mai cunoscută dintre teoriile privind formarea culorilor în sistemul ochi-creier este aceea conform căreia în retina ochiului uman există trei tipuri de conuri, fiecare tip fiind sensibil la una dintre culorile roșu, verde și albastru: teoria tricromaticității (Tristimulus theory)

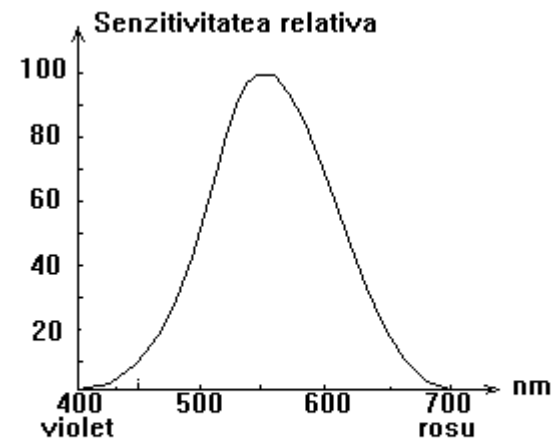
# Teoria tricromaticității (1)

- Culorile **roșu**, **verde** și **albastru** se numesc **culori primare**.
- Cf. teoriei tricromaticității, orice culoare care poate fi percepută de ochiul uman se obține printr-un amestec aditiv al celor 3 culori primare.
- Prin amestecul lor în proporții egale se obține alb.



Raspunsul ochiului la cele 3 culori primare

Senzitivitatea maximă corespunde radiației electromagnetice cu lungimea de undă în jur de 550 nm, percepută ca galben-verde.

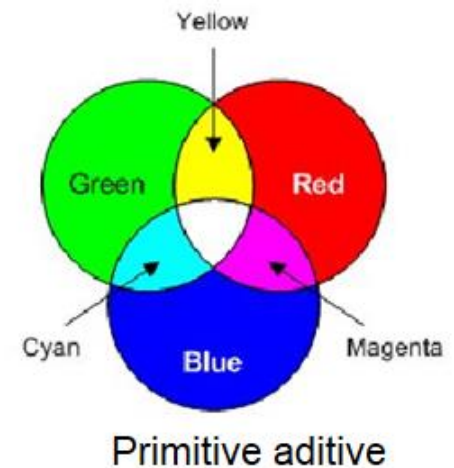


Curba de luminozitate  
Suma celor 3 curbe de sensibilitate

# Teoria tricromaticității (2)

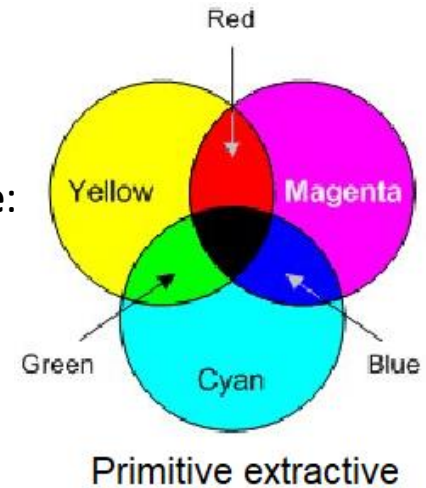
- Două culori care prin amestec produc lumină albă se numesc complementare.
- Culorile complementare culorilor primare sunt : cian (Cyan), magenta (Magenta), galben (Yellow).
- Amestecând două culori primare in proportii egale se obține culoarea complementară celei de a treia:  

R	G	B
C	M	Y
- De exemplu, albastru+verde=cian, roșu+verde=galben, roșu+albastru= magenta.
- Culorile **roșu, verde și albastru** se numesc și “primitive aditive” deoarece ele permit formarea de culori prin **adunarea** lor în diferite proporții.
- Acest mod de definire a culorilor corespunde echipamentelor emițătoare de lumină (dispozitive de vizualizare cu ecran).



# Teoria tricromaticității (3)

- Culorile **cian, magenta, galben** se numesc **“primitive extractive”**.
- Se obțin prin **extragerea** culorilor primare din lumina alba:  
**cian = alb-roșu, magenta = alb-verde, galben = alb-albastru**
- Se folosesc pentru a defini culorile reflectate de documentele imprimate:  
pigmenții existenți în cernelurile tipografice absorb din lumina incidenta componentele complementare acelorale ale pigmenților.



- O suprafață care conține pigment de culoare cian absoarbe din lumina incidenta lumina roșie.

Dacă lumina incidenta este albă, suprafața va reflecta culoarea cian (combinație verde + albastru).

- Pigmentul de culoare magenta absoarbe din lumina incidentă lumina verde, iar cel de culoare galben, lumina albastru. O suprafață care conține pigmenți magenta și galben va reflecta (sau transmite) lumină roșie.

- C, M, Y permit specificarea de nuanțe prin extragerea culorilor primare în diferite proporții din alb. Scăzându-le în proporții egale din alb se obțin diferite nuanțe de gri.



# *Modele de culoare folosite în sinteza imaginilor*

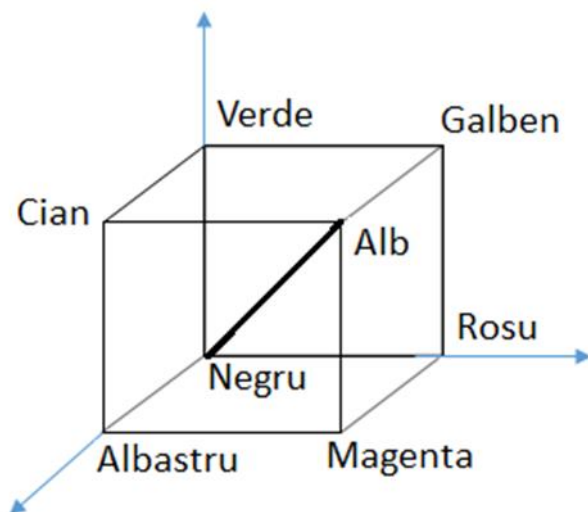
- Un model de culoare specifică un sistem de coordonate 3D și un subspațiu al culorilor în sistemul de coordonate respectiv.
- Fiecare culoare se reprezintă printr-un punct în subspațiul culorilor.
- Orientate către echipamente
  - se bazează pe culorile primare folosite de echipamente pentru redarea culorilor:  
RGB, CMY
  - YIQ: pentru transmisia imaginilor TV color
- Orientate către utilizator
  - se bazează pe proprietățile psiho-fiziologice ale culorilor :
  - HSV și HLS.

# Modelul RGB

## RGB (Red, Green, Blue)

RGB: definesc culorile produse de dispozitivele emitatoare de lumina:

**Culoare emisa:  $C(x,y,z) = x*\text{Red} + y*\text{Green} + z*\text{Blue}$ ,  $0 \leq x,y,z \leq 1$**



Rosu: 1,0,0

Verde: 0,1,0

Albastru: 0,0,1

Alb: 1,1,1; Negru: 0,0,0

Cian: 0, 1, 1 - culoarea complementara culorii Rosu !

Pe diagonala Negru-Alb: nuante de gri - obtinute prin amestec in proportii egale intre R,G,B.

Ex: (0.2,0.2,0.2), (0.5,0.5,0.5).

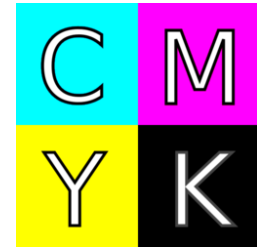
**Culorile complementare culorilor primare: in colturile diametral opuse celor ale culorilor primare.**

# Modelul CMY

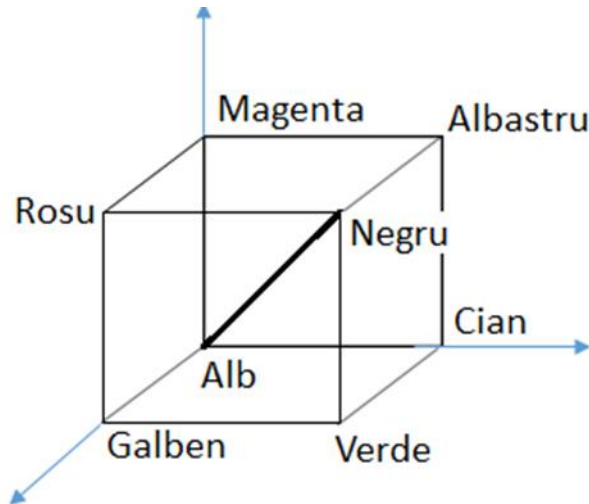
**CMY (Cyan, Magenta, Yellow)**

**CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key) → key = negru**

CMY: definesc culorile reflectate de documentele imprimate



**Culoare reflectata:  $C(x,y,z) = (1,1,1) - (x,y,z) = (1-x) + (1-y) + (1-z)$ ,  $0 \leq x,y,z \leq 1$**



Cian:  $1,0,0 \rightarrow$  extrage rosu din lumina incidenta

lumina reflectata:  $(1,1,1) - (1,0,0) = (0,1,1)$ : Cian in RGB

Magenta:  $0,1,0 \rightarrow$  extrage verde din lumina incidenta

lumina reflectata:  $(1,1,1) - (0,1,0) = (1,0,1)$ : Magenta in RGB

Alb:  $0,0,0 \rightarrow (1,1,1) - (0,0,0) = (1,1,1)$  in RGB

Negru:  $1,1,1 \rightarrow (1,1,1) - (1,1,1) = (0,0,0)$  in (R,G,B)

Culoarea reflectata de combinatia de pigmenti  $(0.25C, 0.5M, 1Y)$  este  $(0.75R + 0.5G + 1B)$

Unele dispozitive de imprimare includ culoarea negru intre culorile primare C,M,Y: CMYK

**Coversia RGB  $\leftrightarrow$  CMY**

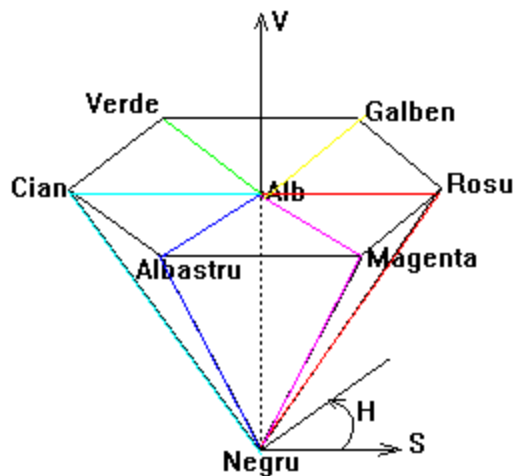
$$[C \ M \ Y] = [1 \ 1 \ 1] - [R \ G \ B]$$

$$[R \ G \ B] = [1 \ 1 \ 1] - [C \ M \ Y]$$

# Modelul HSV(1)

## HSV (Hue, Saturation, Value)

- Model de culoare orientat catre utilizator
- Artiştii specifică culorile prin **tente, nuanțe și tonuri**



Hexaconul din figura reprezintă subspațiul culorilor în modelul HSV

$$0 \leq H \leq 360, 0 \leq S \leq 1, 0 \leq V \leq 1$$

$V=1$  – baza hexaonului

$S=0$  - pe axa hexaonului;

$S=1$  - pe frontiera hexaonului;  $(H, 1, 1)$ : culorile pure

Rosu:  $(0, 1, 1)$ ; Tente de roz:  $H=0, 0 < S < 1, V=1$

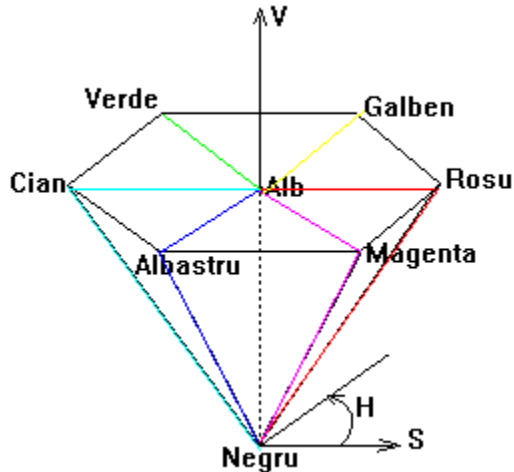
Nuante de rosu:  $H=0, S=1, 0 < V < 1$ ;  $(0, 1, 0)$ : negru

Culorile complementare – la 180 grade pe baza hexaonului

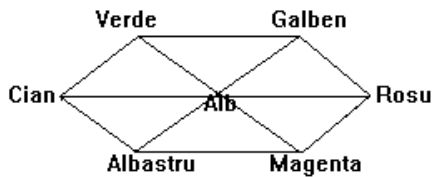
Cian:  $(180, 1, 1)$

<https://www.rapidtables.com/convert/color/hsv-to-rgb.html>

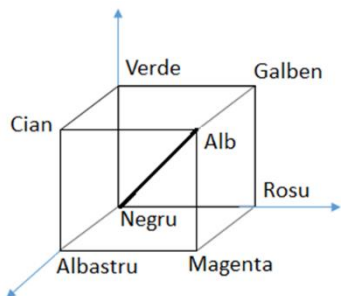
# Modelul HSV(2)



- Saturația într-un punct este definită prin distanța de la axa hexaonului la punctul respectiv.
- Combinația  $(S=0, V=1)$  corespunde culorii alb iar prin  $(S=0, 0 \leq V \leq 1)$  se reprezintă nivelurile de gri.
- Pentru  $S=0$  valoarea lui  $H$  este nesemnificativă.
- Culorile pure sunt reprezentate prin  $V=1$  și  $S=1$ .



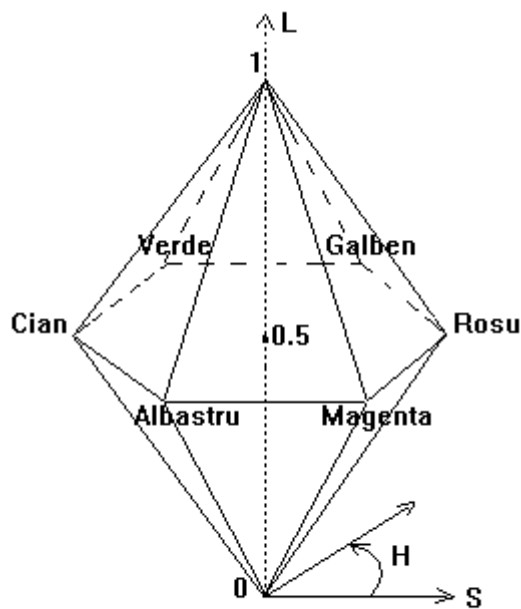
- Baza hexaonului corespunde suprafeței văzute atunci când se privește cubul RGB dinspre vârful  $(1,1,1)$  de-a lungul diagonalei principale.



- Fiecare plan de  $V$  constant din spațiul HSV corespunde vederii unui subcub din cubul RGB.
- Diagonala principală a cubului RGB devine axa principală în spațiul HSV.
- Această interpretare sta la baza algoritmilor de conversie între modelele RGB și HSV.

# Modelul HLS

## HLS (Hue, Lightness, Saturation)



Spatiul culorilor: dublu hexacon

Modelul HLS

Culorile primare cu saturație maximă și complementarele lor sunt reprezentate prin  $S=1$ ,  $L=0.5$ .

# Conversii RGB $\rightarrow$ HSV/HLS

$$\max = \sup(R, G, B) \quad \min = \inf(R, G, B)$$

$$V = \max$$

$$S = \begin{cases} (\max - \min) / \max & \text{daca } \max \neq 0 \\ 0 & \text{daca } \max = 0 \end{cases}$$

$$H = \begin{cases} (G - B) / (\max - \min) & \text{daca } R = \max \\ (B - R) / (\max - \min) + 2 & \text{daca } G = \max \\ (R - G) / (\max - \min) + 4 & \text{daca } B = \max \end{cases}$$
$$\text{daca } H < 0 \quad H = H + 6$$
$$H = H \times 60$$

RGB  $\rightarrow$  HSV

$$L = (\max - \min) / 2$$

$$S = \begin{cases} (\max - \min) / (\max + \min) & \text{daca } L \leq 0.5 \\ (\max - \min) / (2 - \max - \min) & \text{daca } L > 0.5 \end{cases}$$

$$H = \begin{cases} (G - B) / (\max - \min) & \text{daca } R = \max \\ (B - R) / (\max - \min) + 2 & \text{daca } G = \max \\ (R - G) / (\max - \min) + 4 & \text{daca } B = \max \end{cases}$$
$$\text{daca } H < 0 \quad H = H + 6$$
$$H = H \times 60$$

RGB  $\rightarrow$  HLS

# *Interpolarea în spațiul culorilor*

- Rezultatul interpolării între două culori depinde de modelul de culoare în care sunt specificate.
- Fie două culori specificate în modelul RGB,  $C1=(1,0,0)$  și  $C2=(0,1,0)$ . Le interpolăm cu ponderi egale în modelele RGB și HSV:
- Interpolare în modelul RGB:  
 $C=t*C2 + (1-t)*C1$  unde  $t=0.5$ , se obține  
 $C=(0.5, 0.5, 0)$ , care convertită în HSV ne dă **(60, 1, 0.5)**
- Interpolare în modelul HSV:  
 $C1$  se reprezintă în HSV prin (0, 1, 1) iar  
 $C2$  prin (120, 1, 1)  
 $C= 0.5*(0,1,1) + 0.5*(120,1,1) = \text{b(60, 1, 1)}$