

# ASPECTE TEORETICE PRIVIND PROPRIETĂȚILE COLORIMETRICE ALE PRODUSELOR PELICULOGENE

**Vasilica VASILE**

Ing., INCD "URBAN-INCERC, Sucursala INCERC București, Laborator  
Produse Polimerice și Finisaje, e-mail: vasilica.vasile@incerc2004.ro

**Alina DIMA**

Ing., INCD "URBAN-INCERC, Sucursala INCERC București, Laborator  
Produse Polimerice și Finisaje, e-mail: alina.cioaca@incerc2004.ro

**Mihaela ION**

Ing., INCD "URBAN-INCERC, Sucursala INCERC București, Laborator  
Produse Polimerice și Finisaje, e-mail: mihaela@incerc2004.ro

**Abstract** The paper presents, in the first part, general notions about the nature of color, such as: elements of color theory, light sources and illuminants, observer standard, necessary for understanding photochemical mechanisms occurring in the macromolecular matrix and pigments, major components of the complex chemical system represented by the film-forming product. In the second part, are highlighted physical phenomena that may arise from interaction of light with colored surfaces of the coating products.

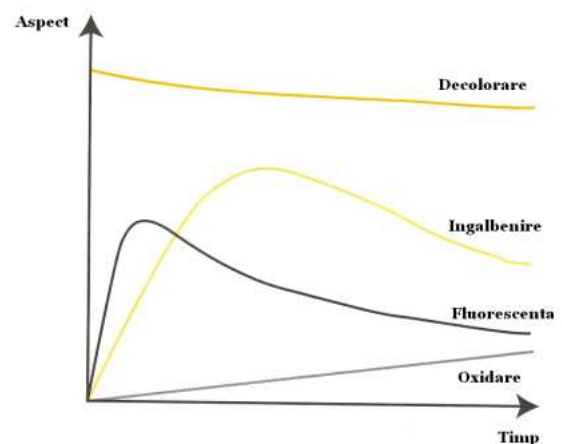
**Key words:** coating products, colorimetry, construction

## 1. Introducere

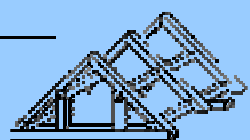
Produsele peliculogene colorate reprezintă un sistem chimic complex alcătuit dintr-o matrice macromoleculară și o serie de substanțe cu rol bine definit: agenți de procesare, agenți de umplură, stabilizatori, pigmenți, etc. Mediul exterior poate acționa asupra acestora producând modificări datorită acțiunii radiațiilor ultraviolete, a căldurii, a oxigenului și a umidității, toți acești factori inițiind procesele de degradare fotochimică (Fig. 1).

Pentru a anticipa evoluția compound-ului produs peliculogen - pigment este necesară cunoașterea comportării componentelor din punct de vedere

chimic sub influența radiației luminoase, atât în mediu umed cât și în mediu uscat.



**Fig. 1.** Evoluția în timp a finisajelor colorate cu exemplificarea efectelor de degradare.



În acest context, devine importantă înțelegerea mecanismelor fotochimice ce au loc la nivelul matricei moleculare și a pigmentilor pentru a îmbunătăți performanțele sistemelor peliculogene colorate.

## 2. Noțiuni generale privind natura culorii

### 2.1 Teoria culorii

Termenul de culoare este uzual folosit în trei sensuri distincte. Chimistii utilizează acest termen pentru coloranți, pigmenti și materiale similare, fizicienii îl utilizează atunci când se referă la fenomene ce au loc în domeniul opticii iar psihologii îl folosesc atunci când se referă la un proces vizual ce implică prezența unui observator uman. Toate cele trei forme ale termenului de culoare se află în strânsă legătură.

**Lumina** este o formă de energie radiantă de tip electromagnetic, cu caracter dual undă-particule (corpusul). În acest caz particulele sunt denumite fotoni iar energia acestora este invers proporțională cu lungimea de undă. Domeniul undelor de radiație electromagnetică formează spectrul radiației electromagnetice cu lungimi de undă diferite. Lumina este radiația electromagnetică caracterizată prin:

- *lungime de undă* sau frecvență (numărul de oscilații realizate/secundă), percepută de om ca fiind culoarea luminii;
- *intensitate* sau amplitudine, care este asociată percepției umane de strălucire a culorii.

**Culoarea** reprezintă proprietatea luminii determinată de:

- lungimea sa de undă, care-i definește *parametrii de cromaticitate*, percepuți de om drept culoare;

- intensitatea sa, care-i definește parametrul *luminanță*, perceput de om ca strălucire a culorii.

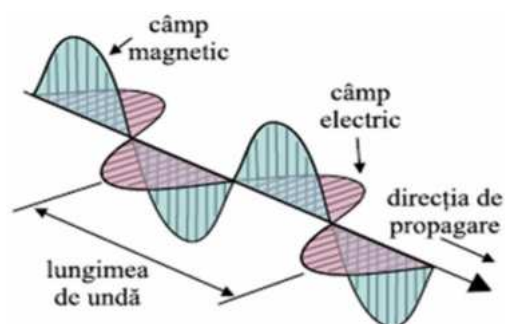


Fig. 2. Radiația electromagnetică și propagarea sa

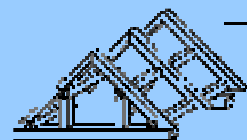
Cele două proprietăți fizice ale luminii definesc culoarea prin parametri de culoare independenți, cromaticitatea unei culori fiind determinată numai de lungimea de undă, iar luminanța numai de intensitatea acesteia.

Generic vorbind, orice combinație de unde de energie electromagnetică care impresionează, în mod specific, retina ochiului uman, definește o culoare care este mai întunecată sau mai strălucitoare, în funcție de intensitatea lungimilor de undă componente.

**Spectrul vizibil** reprezintă domeniul lungimilor de unde electromagnetice care poate fi detectat de ochiul omului. Este format din undele de lumină vizibile, cu lungimi cuprinse aproximativ între 380 nm (lumină ultravioletă) și 760 nm (lumină infraroșu).

Radiația electromagnetică poate fi împărțită în două categorii:

- monocromatică, dacă este formată dintr-o singură lungime de undă vizibilă;
- policromatică, dacă este o combinație de mai multe lungimi de undă vizibile.



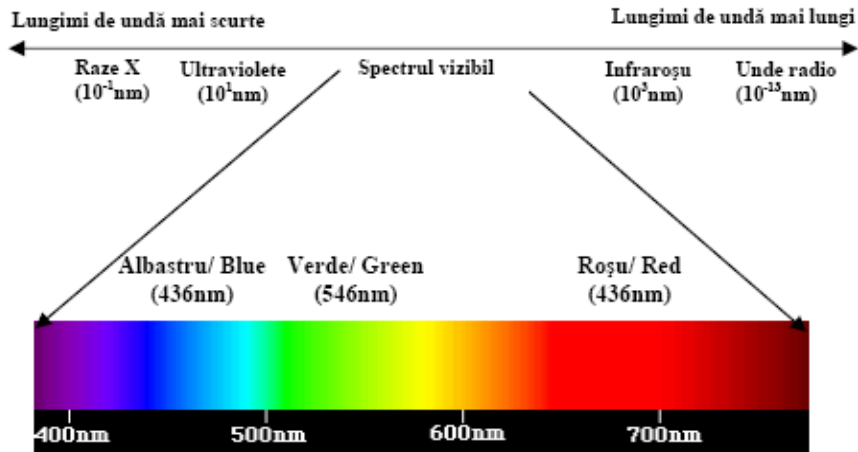


Fig. 3. Lungimile de undă din spectrul vizibil (nm)

**Tabelul 1. Domeniile spectrului electromagneți**

Domeniu spectral	Domeniul lungimilor de undă, nm	Subdomenii
UV	100-280	UV-C
	280-315	UV-B
	315-380	UV-A
VIZIBIL	380-430	Violet
	430-500	Albastru
	500-520	Verde-albăstrui
	520-565	Verde
	565-580	Galben
	580-625	Portocaliu
INFRAROȘU	625-740	Roșu
	740-1400	IR apropiat
	1400-10.000	IR îndepărtat

Crearea senzației de culoare implică lumina emisă de o sursă către obiectul de vizualizat, care reflectă o parte din această lumină pe direcția ochiului uman și, ca reacție, acesta transmite către creier stimulii interpretați drept culoare la acest nivel.

Pentru a percepe culoarea sunt necesare trei elemente: o sursă de lumină, obiectul și prezența unui observator (ochiul uman). Culorile variate ale obiectelor apar ca rezultat al interacțiunii dintre lumină și materie.

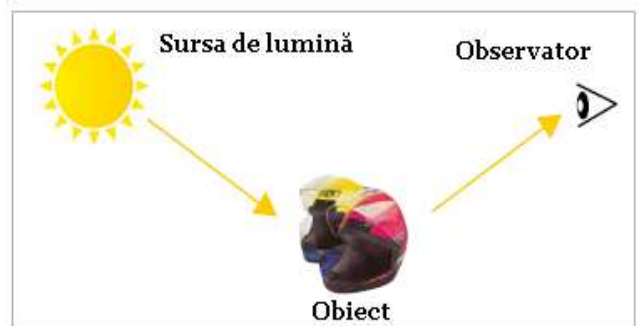
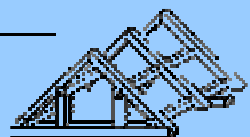


Fig. 4. Reprezentare schematică a fenomenului de percepție a culorii

Atunci când un obiect este iluminat el va reflecta o parte din lumină iar o parte va fi absorbită. Două obiecte diferă prin modul în care absorb, reflectă sau transmit lumina atunci când sunt iluminate iar diferențele apar atunci când



lumina este transmisă de acestea ochiului uman.

Prin urmare, senzația de culoare este determinată de următorii factori:

- proprietățile fizice ale luminii și caracteristicile surselor care-o generează;
- proprietățile optice ale materialelor care formează obiectele luminate;
- construcția fiziologică a ochiului și psihologia creierului uman.

Lungimile de undă diferite ale luminii produc o percepție diferită a culorii, de exemplu culoarea roșie este percepută la lungimi de undă mari în timp ce lungimile de undă mici produc percepția culorii violet. Cea mai comună formă de interacțiune dintre lumină și materie este cea de tip lumină – electroni.

## 2.2 Surse de lumină și iluminanți

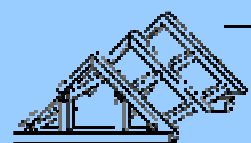
Culoarea este percepută diferit în funcție de sursa de lumină. Rolul sursei de lumină constă în furnizarea energiei electromagnetice necesară pentru a iniția răspunsul vizual. Lumina poate fi creată în două moduri: prin încălzirea obiectelor până la incandescență (becuri cu filament) sau prin excitarea atomilor sau a moleculelor (tuburi de neon). Sursa de lumină reprezintă una dintre elementele ce trebuie controlate atunci când se evaluează o suprafață colorată. Există o serie de surse de lumină cum ar fi becuri incandescente, tuburi fluorescente, etc.

**Sursele incandescente** produc lumină prin încălzirea unui material. Cu cât temperatura crește cu atât se produce mai multă lumină iar materialul își modifică culoarea de la roșu pentru temperaturi scăzute la galben pentru ca în final să ajungă aproape de culoarea albă pe măsură ce crește temperatura. Prin urmare, culorile surselor incandescente au fost identificate în raport cu corpul

negru (radiator integral) care este considerat un radiator termic ideal ce absoarbe complet toate radiațiile incidente oricare ar fi lungimea de undă, direcția sau polarizația acestora.

**Lămpile cu descărcare în gaze** concentrează energia radiată la lungimi de undă caracteristice atomilor sau moleculelor care sunt excitați electric pentru a produce lumină. Lămpile cu neon sunt cele mai familiare exemple de lumină produsă prin excitație electrică a atomilor. Curba spectrală a unor astfel de surse nu este continuă ca în cazul surselor incandescente ci este caracterizată prin linii spectrale la lungimi de undă specifice. Este de menționat faptul că distribuția spectrală a acestei energii este unică pentru fiecare element în parte.

Iluminanții și sursele de lumină sunt două noțiuni care deseori sunt confundate, de aceea este necesară precizarea diferenței existente între cele două terminologii. Sursele de lumină sunt entități fizice ce produc o radiație în domeniul vizibil în timp ce iluminanții sunt tabele numerice standardizate ale valorilor corespunzătoare distribuției energiei spectrale. Inițial, în anul 1931, CIE (International Commission on Illumination) a recomandat trei surse de lumină ce pot fi utilizate în colorimetrie. Sursa A, care este și în prezent utilizată, reprezentând lumina radiată de un filament incandescent de tungsten iar acestei surse îi corespunde iluminantul A fiind reprezentarea distribuției energiei spectrale a acestei surse. Există și situații în care un iluminant poate fi definit chiar și atunci când nu există o sursă care să îi corespundă. Un astfel de exemplu este cel al iluminantului din seria D, recomandat de CIE. Iluminanții D reprezintă valorile energiei spectrale pentru lumina naturală



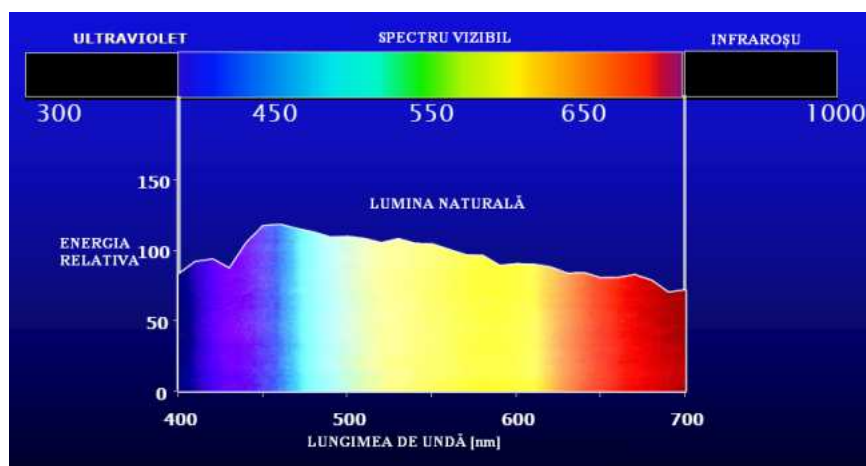
de zi, spre exemplu iluminantul D65 reprezintă lumina de zi mediată și este cel mai utilizat în colorimetrie. Pe lângă sursa A de tip incandescent mai există și o serie de alte surse cu lămpi fluorescente de tipul F2, Fcw, CWF, F.

Observatorul este reprezentat de ochiul uman iar în acest caz percepția vizuală este puternic influențată de structura anatomică a ochiului. Lumina reflectată de un obiect colorat ajunge la nivelul ochiului uman până la retina unde întâlnește trei tipuri de receptori sensibili la lumina roșie, verde și albastră. Împreună aceștia produc un stimul la

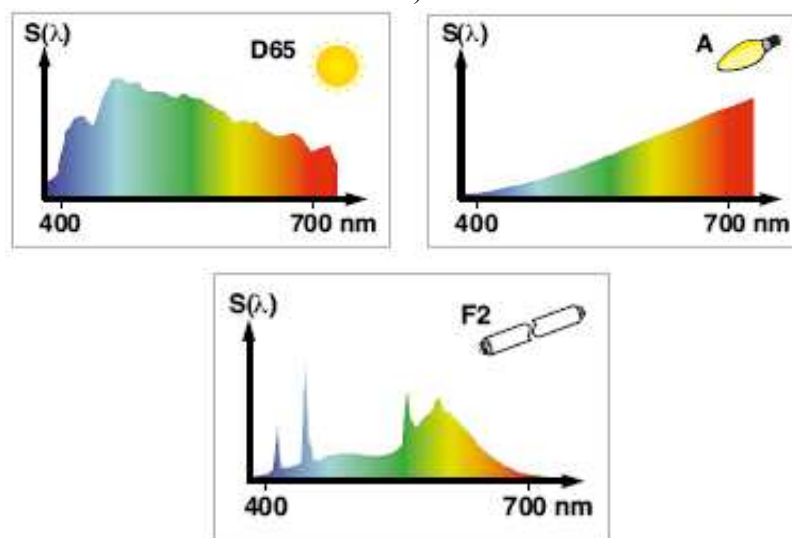
*Aspecte teoretice privind proprietățile colorimetrice ale produselor peliculogene • V. Vasile, A. Dima, M. Ion*

nivelul creierului și astfel i-a naștere senzația de culoare.

Tabelul 2. Tipuri de surse de lumină și iluminanți	
Sursă de lumină	Tipul sursei
A	incandescent
F2	fluorescent
Fcw	
CWF	
F	
Iluminanți	Caracteristica
D65	Lumina de zi
D50	lumină orizontală (lumina soarelui la apus sau la răsărit)
D55	lumina zilei de dimineață sau după-amiază
D75	lumină pe timp înnorat

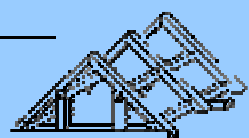


a)



b)

Fig. 5. a) Spectrul vizibil; b) Repartiția energiei spectrale a diferitelor tipuri de iluminanți





### 2.3 Observatorul standard

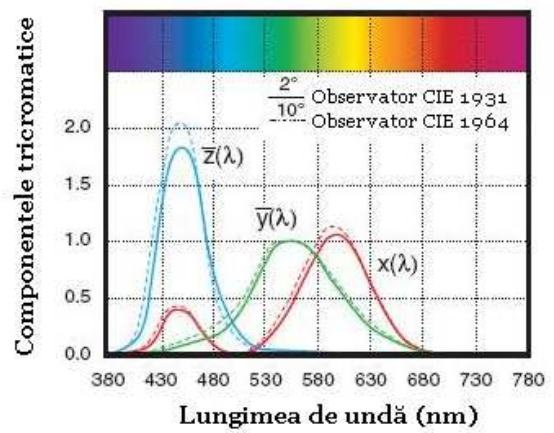
Datorită faptului că oamenii percep diferit culoarea și aspectul obiectelor s-a încercat "standardizarea" observatorului uman. Astfel, pentru a determina sensibilitatea acestor receptori și modalitatea de a percepe culoarea, au fost efectuate teste vizuale folosind un număr mare de voluntari. În 1931 a fost dezvoltat observatorul standard 2°, subiecții având posibilitatea de a percepe culoare printr-un câmp vizual mic, a cărui deschidere era de 2° deoarece se credea că receptorii cu conuri sunt localizați în zona centrală a foveei. În anul 1960 s-a descoperit faptul că receptorii cu con sunt prezenți pe o suprafață mai mare și astfel în 1964 s-a dezvoltat observatorul standard 10° care are la bază un experiment identic cu cel prezentat pentru observatorul standard 2°, diferența constă în lărgirea câmpului vizual al subiecților.

În prezent observatorul standard 10° oferă cea mai bună reprezentare a răspunsului mediu spectral al observatorului uman. Dimensiunea relativă a celor două câmpuri vizuale este prezentată în Fig. 6.

Observatorii standard, 2° și 10° sunt utilizați sub forma funcțiilor matematice

ale răspunsului ochiului uman la fiecare lungime de undă a luminii.

Pe baza acestor funcții corespunzătoare observatorului standard CIE au putut fi calculate componentele tricromatice CIE (XYZ) luând în considerare tipul de iluminant și reflexia produsă de obiectul studiat. În măsurătorile de culoare sunt utilizați acești observatori standard CIE.



În prezent este cunoscut faptul că în retina ochiului uman se află două tipuri de receptori, responsabili pentru vederea pe timp de zi, receptori cu conuri și cei responsabili cu vederea pe timp de noapte, receptori cu bastonașe. La rândul lor, receptorii cu conuri se împart în trei categorii, sensibili la roșu, la verde și la albastru.

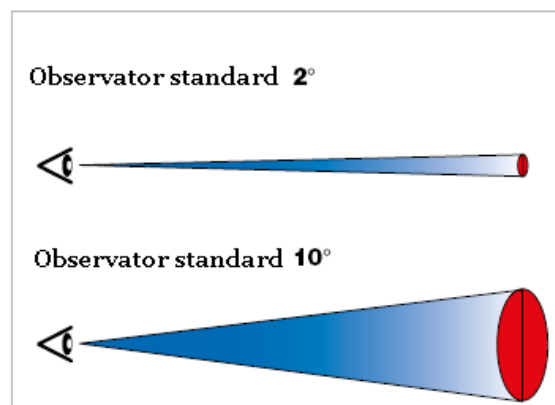
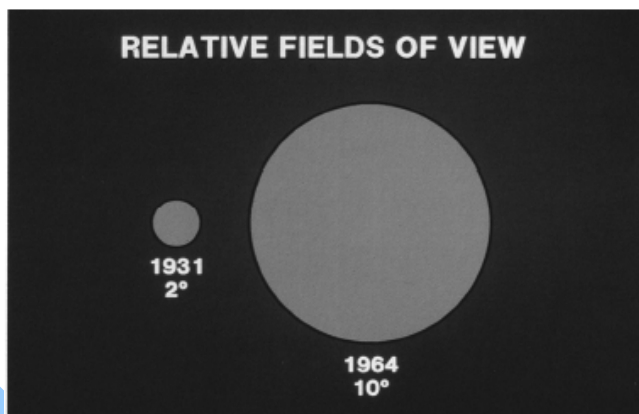
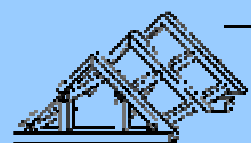


Fig. 6. Câmpurile vizuale ale observatorului standard 2° și 10°



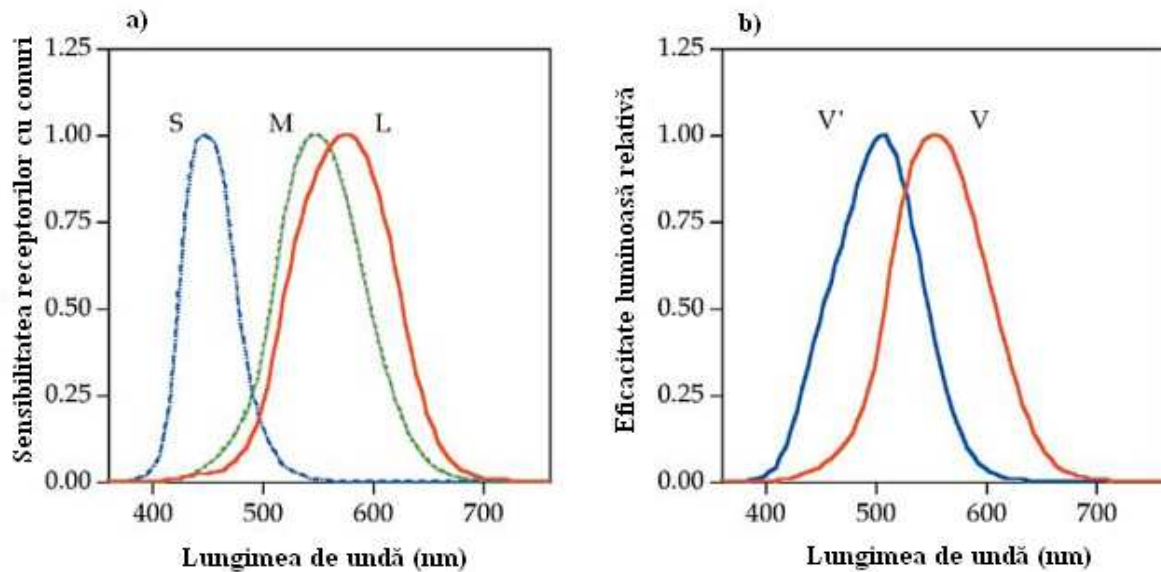


Fig. 7. a) Sensibilitățile spectrale ale receptorilor cu conuri, S-lungimi de undă mici, M - lungimi de undă medii, L-lungimi de undă mari; b) Funcțiile eficienței luminoase spectrale CIE pentru vederea diurnă  $V(\lambda)$  și vederea nocturnă  $V'(\lambda)$ .

În Figura 7 sunt ilustrate sensibilitățile spectrale ale receptorilor cu conuri (a) și cele două funcții ale eficienței luminoase spectrale CIE, acestea reprezentând sensibilitatea globală a celor două sisteme (vederea diurnă și vederea nocturnă) în ceea ce privește luminozitatea percepută la diferite lungimi de undă. Deoarece există un singur tip de receptor cu bastonaș, funcția  $V'(\lambda)$  este identică cu sensibilitatea spectrală a acestor tipuri de receptori și este dependentă de absorbția spectrală a rodopsinei, pigmentul fotosensibil conținut de aceștia. Funcția  $V(\lambda)$  reprezintă mai degrabă o combinație a semnalelor provenite de la cele trei tipuri de receptori cu con decât sensibilitatea unui singur tip de receptor cu con. Se constată că la vederea nocturnă suntem mai sensibili la lungimi de undă mici.

### 3 Interacțiunea luminii cu suprafețele colorate. Fenomene fizice

Toate fenomenele de percepere a culorii își au originea în interacția dintre materialul de acoperire (produsul peliculogen) și radiația electromagnetică

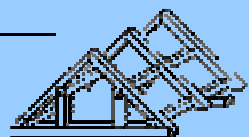
cu lungimi de undă cuprinse între 400 și 700 nm.

Procesele fizice rezultate în urma acestei interacțiuni pot fi:

- reflexia directă care este asociată cu luciul;
- împrăștierea care este asociată cu reflexia difuză și câteodată cu transmisia difuză;
- absorbția, fenomen responsabil în mare măsură pentru culoare;
- transmisia directă se întâlnește în cazul obiectelor mai mult sau mai puțin transparente și este asociată cu claritatea.

Proprietățile fundamentale optice și fizice ale produselor peliculogene colorate se datorează puterii de absorbție și/sau puterii de împrăștiere a acestora.

Atunci când fasciculul de lumină întâlnește o suprafață nemetalică, o mică cantitate este reflectată și deci nu penetrează în profunzime materialul. Cantitatea de lumină reflectată este dependentă de gradul de netezime a



suprafeței, de indicele de refracție al materialului și de unghiul sub care cade fasciculul de lumină pe suprafață. Această lumină reflectată este de fapt o reflexie directă și este fenomenul optic responsabil de perceperea aspectului lucios al suprafeței analizate. Dacă suprafața ar fi rugoasă sau texturată, lumina reflectată va fi împrăștiată în mai multe direcții.

În cazul produselor peliculogene situația cea mai des întâlnită este cea reprezentată de suprafețele cu asperități la nivel microscopic iar fenomenul optic în acest caz este de tipul împrăștierii radiației luminoase. Pentru măsurarea proprietăților colorimetrice ale suprafețelor acoperite cu produse peliculogene este

important și aspectul final al acesteia. Produsele peliculogene pot crea suprafețe mate, semi-lucioase sau cu un luciu ridicat iar în acest caz suprafețele mate vor avea un aspect mai puțin saturat al culorii decât suprafețele lucioase cu aceeași compoziție iar fenomenul de reflexie a luminii se produce în mod diferit.

Împrăștieria (reflexia difuză) se referă la modificarea direcției unei radiații electromagnetice la impactul cu o suprafață rugoasă sau cu particule fine. În acest caz suprafața poate părea netedă pentru simțurile umane de detecție însă la scară microscopică avem o suprafață rugoasă datorită prezenței particulelor de pigment.



Fig. 8. Reflexia luminii pe o suprafață plană și pe o suprafață cu asperități

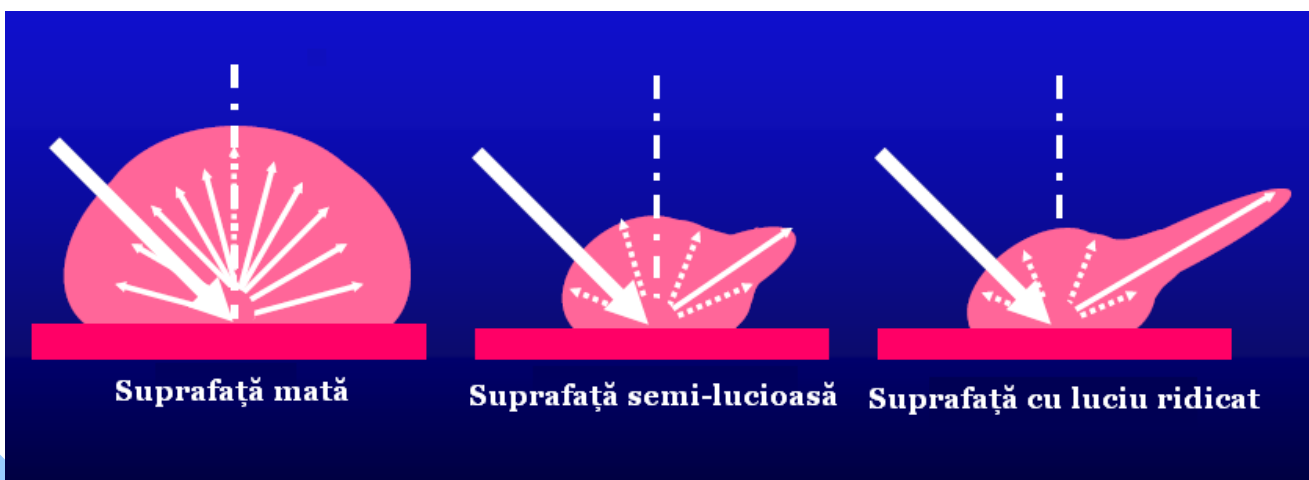
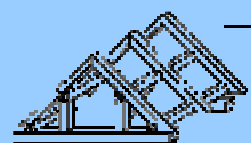


Fig. 9. Distribuția luminii pe diferite tipuri de suprafețe





Fenomenul de împrăștiere a luminii poate apărea numai în acoperiri ce au următoarele proprietăți:

- compoziția acoperirii este eterogenă;
- componentele individuale au indici de refracție diferiți.

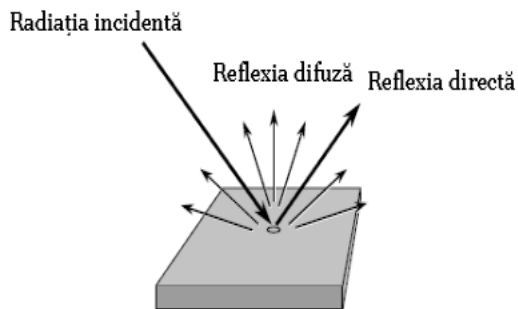


Fig. 10. Fenomenele de reflexie directă și difuză

Reflexia directă reprezintă o formă specială a împrăștierii și se produce atunci când lumina ajunge pe o suprafață plană, este reflectată iar unghiul de incidență este egal cu unghiul de reflexie.

Absorbția radiației luminoase reprezintă procesul de transformare a energiei radiante percepută de om drept lumină într-un alt tip de energie, în mod uzual energie termică produsă la interacțiunea lungimilor de undă ale radiației luminoase cu suprafața obiectelor. Neomogenitatea acoperirilor nu reprezintă o condiție necesară pentru fenomenul de absorbție deoarece chiar și acoperirile omogene pot absorbi radiația electromagnetică dacă conțin substanțe speciale care îndeplinesc acest rol.

Transmisia luminii reprezintă fenomenul optic ce are loc atunci când un fascicul de lumină trece printr-un material transparent, caz în care intensitatea radiației luminoase scade datorită fenomenului de absorbție însă direcția de propagare a acesteia nu se va modifica. Acest fenomen este cunoscut sub numele de transmisie directă, iar pe lângă acesta mai poate

exista și transmisia difuză cu apariția fenomenului de împrăștiere situație în care fasciculul de lumină străbate un material translucid.

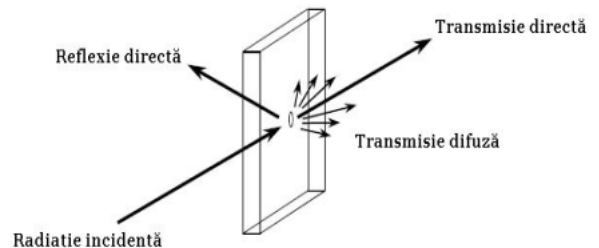


Fig. 11. Transmisia luminii

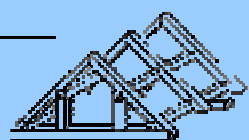
În cazul produselor peliculogene fenomenul de transmisie a luminii apare numai în cazul filmelor transparente (lacuri). În general, suprafețele vopsite fac parte din categoria obiectelor opace a căror culoare este percepută datorită fenomenelor de reflexie directă și difuză.

#### 4. Concluzii

Pentru a anticipa evoluția produselor peliculogene colorate sub acțiunea radiației luminoase este necesară o abordare sistemică a acestora în vederea cunoașterii și anticipării comportării fiecărei componente.

Sub influența luminii naturale ca factor de degradare, apar modificări ireversibile ale culorii produselor peliculogene, sisteme chimice complexe constituite dintr-o matrice macromoleculară (inclusiv agenți de procesare), agenți de umplutură, stabilizatori și coloranți (pigmenți).

Modificările de culoare ale produselor peliculogene se datorează în mare parte influenței pigmentilor, datorită faptului



că aceste substanțe chimice sunt responsabile de proprietățile colorimetrice.

### BIBLIOGRAFIE

- Völz H. G. (2002), *Industrial color testing: Fundamentals and techniques*, Wiley-VCH Germany, 2<sup>nd</sup> edition, pag. 4-8.
- Basula O., Iacobescu J., Voiculescu C. (1964) *Acoperirea suprafețelor cu lacuri și vopsele*, Editura Tehnică, București, pag. 64.
- Byrne A., Hilbert R. (1997), *Readings on color - The science of color*, MIT Press, USA, pag. 33.
- Marcus R. T. (2000), *Colorimetry*, CRC Press LLC, USA, p. 4.
- Hunter S. R., Hunter Se. R., Harold W. R., (1987), *The measurement of appearance*, Journal of the Society of Dyers and Colourists, SDC, **104(5-6)**: 24.
- Fairchild D. (2005), *Color appearance models*, John Wiley&Sons, USA.
- International Commission On Illumination, (2006), *CIE standard, S 014-2E:2006 - Colorimetry-Part 2*, CIE Publication.
- International Commission On Illumination, (1999), *ISO, 10526/CIE S005/E Joint ISO/CIE standard - CIE standard illuminants for colorimetry*, CIE Publication.
- International Commission On Illumination, (2006), *CIE standard S 014-1/E: - Colorimetry-Part 1*, CIE Publication.
- Kuehni G. (2004) *Color - An introduction to practice and principles*, John Wiley&Sons, USA, pag. 8.

**Primit:** 26 aprilie 2012 • **Acceptat în forma finală:** 9 mai 2012

