

CORINA GRUESCU



OPTICA TEHNICA. APLICATII



2009

CORINA GRUESCU

OPTICA TEHNICĂ. APLICAȚII

2009

CUPRINS

MĂSURĂRI OPTICE

Lucrarea nr. 1.....	5
DETERMINAREA CARACTERISTICILOR DE REFRAȚIE ȘI DISPERSIE ALE MATERIALELOR OPTICE	5
Lucrarea nr. 2.....	14
DETERMINAREA CARACTERISTICILOR DE REFERINȚĂ ALE LENTELELOR SFERICE PRIN METODELE MECANICE	14
Lucrarea nr. 3.....	20
DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALĂ A SISTEMELOR OPTICE CONVERGENTE PRIN METODA DIRECTĂ.....	20
Lucrarea nr. 4.....	25
DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALĂ A SISTEMELOR OPTICE CONVERGENTE PRIN METODA BESSEL	25
Lucrarea nr. 5.....	28
DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALĂ A SISTEMELOR OPTICE CONVERGENTE PRIN METODA ABBE	28
Lucrarea nr. 6.....	30
DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALĂ A UNUI SISTEM OPTIC DIVERGENT PRIN METODA ASOCIERII CU UN SISTEM CONVERGENT.....	30
Lucrarea nr. 7.....	33
DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALĂ ȘI A POZIȚIEI PUNCTELOR CARDINALE ALE SISTEMELOR OPTICE CONVERGENTE	33
Lucrarea nr. 8.....	37
DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A LEGILOR FOTOMETRIEI	37
Lucrarea nr. 9.....	41
STUDIUL EXPERIMENTAL AL POLARIZĂRII LUMINII	41
Lucrarea nr. 10.....	44
STUDIUL EXPERIMENTAL AL ABERAȚIEI DE SFERICITATE.....	44
Lucrarea nr. 11.....	47
DETERMINARI CALITATIVE SI CANTITATIVE PRIN MICROSCOPIE OPTICĂ	47

Lucrarea nr. 12.....	52
DETERMINAREA REZOLUȚIEI SISTEMELOR OPTICE PRIN CALCULUL FUNCȚIEI OPTICE DE TRANSFER DE MODULAȚIE	52
Lucrarea nr. 13.....	58
MĂSURAREA EXPERIMENTALĂ A REZOLUȚIEI OBIECTIVELOR DE MICROSCOP	58
Lucrarea nr. 14.....	65
MĂSURAREA COORDONATELOR DE CULOARE ALE PROBELOR LICHIDE	65
Lucrarea nr. 15.....	74
DETERMINAREA CARACTERISTICII DE TRANSMISIE A FILTELORE DE ABSORBȚIE ÎN DOMENIUL VIZIBIL.....	74
Lucrarea nr. 16.....	79
DETERMINAREA ACUITĂȚII VIZUALE CU AJUTORUL PROIECTORULUI DE TABELE OPTOMETRICE.....	79
Lucrarea nr. 17.....	87
CALCULUL ȘI CONSTRUCȚIA LUNETEI KEPLER	87
Lucrarea nr. 18.....	92
MĂSURAREA PUTERII LENTILELOR OFTALMICE	92
 BIBLIOGRAFIE	 98

MĂSURĂRI OPTICE

LUCRAREA NR. 1

DETERMINAREA CARACTERISTICILOR DE REFRAȚIE ȘI DISPERSIE ALE MATERIALELOR OPTICE

1. Prezentarea lucrării

Materialele utilizate ca medii optice se pot încadra în trei mari categorii: sticle minerale amorfe, mono sau policristale și sticle organice.

Transmitanța sticlei optice minerale are valori ridicate într-o regiune largă a spectrului electromagnetic, ceea ce o recomandă ca material utilizabil pentru domeniile ultraviolet apropiat, vizibil și infraroșu apropiat ($\lambda=350\text{nm}...2.5\mu\text{m}$).

Sorturile de sticlă optică se identifică printr-o simbolizare alfanumerică. În simbol este inclus un grup de litere reprezentând sortul sticlei urmat de un număr format din șase cifre. Primele trei cifre corespund primelor trei zecimale ale indicelui de refracție, iar următoarele trei numărului Abbe înmulțit cu 10.

Densitatea sticlelor minerale variază între $(2.4...5.4)\text{g}/\text{cm}^3$, funcție de cantitatea și densitatea elementelor de adaos. În tabelul 1 sunt prezentate câteva sorturi reprezentative de sticle minerale și caracteristicile lor.

Tabelul 1.1

Sort	Cod	Densitate [g/cm ³]	Compoziție chimică
Crown ușor	479587 TiK1	2.39	sticlă alumino-borosilicată alcalină
Flint titan	511510TiF1	2.47	sticlă aluminoborosilicată alcalină cu titan
Borosilicat	517642 BK7	2.51	70%SiO ₂ , 10%B ₂ O ₃ , 8%Na ₂ O, 8%K ₂ O, 3%BaO, 1%CaO
Crown	522595K5	2.59	74%SiO ₂ , 11%K ₂ O, 9%Na ₂ O, 6%CaO
Flint antimoniu	527511KzF6	2.54	sticlă borosilicat cu antimoniu
Crown zinc	533580ZK1	2.71	71%SiO ₂ , 17%Na ₂ O, 12%ZnO
Flint extra ușor	548458LLF1	2.94	63%SiO ₂ , 24%PbO, 8%K ₂ O, 5%Na ₂ O

Crown bariu	573575BaK1	3.19	60%SiO ₂ , 19%BaO, 10%K ₂ O, 5%ZnO, 3%Na ₂ O, 3%B ₂ O ₃
Flint ușor	581409LF5	3.22	53%SiO ₂ , 34%PbO, 8%K ₂ O, 5%Na ₂ O
Crown special lung	586610LgSk2	4.15	sticlă floroborată cu aluminiu și pământuri alcaline
Flint special scurt	613443KzFSN4	3.20	sticlă cu borat de plumb și aluminiu
Crown bariu extra greu	618551SSK4	3.63	35%SiO ₂ , 42%BaO, 10%B ₂ O ₃ , 8%ZnO, 5%Al ₂ O ₃
Flint	620364F2	3.61	47%SiO ₂ , 44%PbO, 7%K ₂ O, 2%Na ₂ O
Flint bariu greu	650392BaSF10	3.91	43%SiO ₂ , 33%PbO, 11%BaO, 7%K ₂ O, 5%ZnO, 1%Na ₂ O
Flint lanthan	744447LaF2	4.34	sticlă borosilicată cu oxizi ai pământurilor rare
Flint greu	805254SF6	5.18	33%SiO ₂ , 62%PbO, 5%K ₂ O

Cristalele mono sau policristaline, naturale sau artificiale pot fi utilizate pe scară largă pentru execuția componentelor optice. Industria cristalelor optice s-a dezvoltat ca urmare a aplicațiilor tot mai numeroase în domeniul UV și, mai ales, IR, în care sticla optică tradițională are transmitanță scăzută sau este absorbantă, funcție de sort. În tabelul 2 sunt prezentate câteva tipuri de cristale optice și principalele lor caracteristici optice.

Tabelul 2

Cristal	Domeniul util λ [mm]	n_d	v_d	Valori ale indicelui de refracție la diverse lungimi de undă (în paranteze)
MgF ₂	0.12...8	1.389		(3)=1.36; (5)=1.34
LiF	0.11...8	1.392	99.0	(0.2)=1.45; (1)=1.39; (5)=1.33; (8)=1.21
BaF ₂	0.18...12	1.474	81.7	(0.2)=1.53; (3)=1.46; (10.6)=1.39
SiO ₂	0.15...4	1.553	68.7	(0.19)=1.69; (0.26)=1.61; (1)=1.53; (2)=1.52
MgO	0.28...6.5	1.737	53.4	(1)=1.72; (30)=1.68; (50)=1.63
Al ₂ O ₃	0.17...5.5	1.769		(1)=1.76; (30)=1.71; (5)=1.63
ZnS	0.4...14	2.37		(10)=2.29; (50)=2.25; (10.60)=2.19
KRS5	0.45...45	2.629		(1)=2.45; (10.6)=3.28; (15)=2.7
GaAs	1.5...15			(3)=3.32; (10.6)=3.28; (15)=2.7
ZnSe	0.5...20	2.626		(1)=2.48; (3)=2.43; (10.6)=2.40; (20)=2.63
CdTe	1.0...24			(1)=2.83; (5)=2.69; (10.6)=2.67; (20)=2.63
Si	1.2...15			(3)=3.43; (10.6)=3.95
Ge	1.8...23			(3)=4.05; (10.6)=4.00; (15)=4.00

Sticla organică este un material optic neconvențional, inclus în construcția aparatelor optice doar în ultimii ani. Avantajele maselor plastice, dintre care primează densitatea redusă - (0.7...1.3) g/cm³ – și tehnologia ieftină de obținere a piesei optice finite (o singură operație de turnare sau matrițare, fără finisare ulterioară), au determinat o extindere rapidă a utilizării sticlelor organice.

Câteva dintre cele mai importante mase plastice utilizate ca materiale optice sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3

Denumire	n_d	v_d	Temp. max. [°C]	Densitate [g/cm ³]
Polimetilpentan (TPX)	1.466	56.4	180	
Polimetacrilat (PMMA)	1.491	57.2	90	1.19
Alilglicolcarbonat CR39	1.499	57.8	100	1.32
Metilmetacrilatstiroil (NAS)	1.562	34.7	95	1.10
Stiocrilnitril (SAN)	1.571	35.3	95	
Policarbonat	1.585	30.0	120	1.20
Polistiroil (PS)	1.590	30.8	80	1.06
Perfalit 1.5 –	1.502	58.2	-	~1.3
Perfalit 1.6	1.597	40.5	-	~1.3
Polieteremidă	1.660	18.3	-	-
Policiclohehilmacrilat (PCHMA)	1.505	56.1	-	-

Caracteristicile mediilor optice se raportează la fenomenele de refracție, transmisie, dispersie, reflexie și absorbție a luminii.

Refracția unui sort de sticlă optică este caracterizată prin indicele de refracție, n , al sticlei, în raport cu aerul. Prin definiție, indicele de refracție absolut al unui mediu optic este:

$$n = \frac{c}{v}, \quad (1)$$

unde c este viteza de propagare a undelor electromagnetice în vid, iar v este viteza de propagare a luminii în mediul dat. Viteza radiației electromagnetice în vid este o constantă, a cărei valoare adoptată în 1971 este:

$$c=2.997924562\pm(0.000000011)\cdot 10^8 \text{ m/s}. \quad (2)$$

Întrucât indicele de refracție este variabil cu lungimea de undă λ a radiației luminoase, în cataloagele firmelor producătoare de sticlă optică se precizează valoarea acestuia pentru diferite lungimi de undă. În cataloagele recente, acești indici sunt specificați pentru lungimile de undă ale mai multor linii spectrale ale unor elemente chimice (23 sunt mai frecvent folosite) și pentru 12 lungimi de undă generate de cei mai utilizați laseri.

Indicele de refracție n_e corespunzător lungimii de undă $\lambda_e=546.07\text{nm}$, din spectrul mercurului este cunoscut ca indice de refracție de referință (principal), întrucât această linie spectrală se află cel mai aproape de radiația având $\lambda = 555 \text{ nm}$, pentru care ochiul uman prezintă sensibilitatea maximă. Linia de referință e a

fost impusă în Europa de cel mai mare și prestigios producător de sticlă optică, firma Schott. În Statele Unite se lucrează și cu linia d ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) sau D ($\lambda = 589.3 \text{ nm}$) ca referință spectrală.

Dispersia luminii reprezintă fenomenul de descompunere a radiației policromatice în radiațiile monocromatice componente și are ca efect dependența indicelui de refracție al sticlei optice funcție de lungimea de undă. Matematic, dispersia se exprimă prin raportul $dn/d\lambda$. Reprezentarea grafică a dependenței $n=n(\lambda)$ definește curba de dispersie a mediului optic respectiv (fig. 1).

Dispersia materialelor optice în domeniul vizibil este monoton descrescătoare (dispersie normală) dar neliniară de la albastru spre roșu și nu poate fi caracterizată printr-un singur parametru. În afara vizibilului dispersia este anormală, curba prezentând extreme locale, corespunzătoare absorbției unor linii sau benzi spectrale.

Caracterul neliniar al dispersiei face imposibilă descrierea proprietăților dispersive ale materialului printr-un singur parametru numeric.

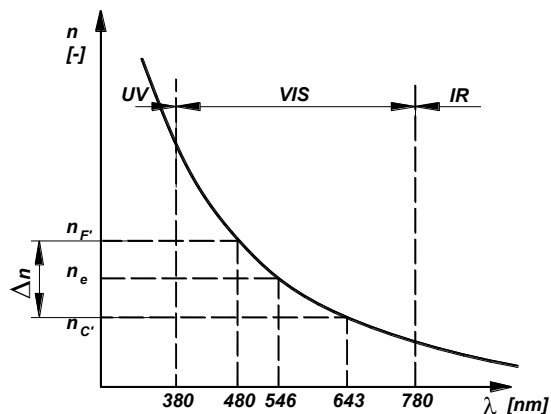


Fig. 1 Curba de dispersie a sticlelor optice în domeniul vizibil

Se definește următorul set de parametri dispersivi:

- dispersia principală (medie):

$$\Delta n \cong dn = n_{F'} - n_{C'} = (6...70) \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

unde F' și C' simbolizează liniile albastră, respectiv roșie care delimitează partea cea mai mare a energiei din spectrul vizibil.

- numărul Abbe:

$$v_e = \frac{n_e - 1}{n_{F'} - n_{C'}} , v_d = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C} \text{ sau } v_D = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} \quad (4)$$

Numărul Abbe se înscrie în intervalul $v_e=(16.5...105)$, majoritatea valorilor încadrându-se în domeniul (40 ... 70). Valori mult mai mari ale coeficientului Abbe pot avea unele cristale destinate utilizării în IR ($v=200...300$).

2. Instalația experimentală

Pentru desfășurarea lucrării experimentale se utilizează un refractometru Abbe (fig. 2) lamele-măsurand din sticle optice ale căror proprietăți optice se determină.



Fig. 2 Refractometrul Abbe

Principiul de funcționare al refractometrelor are la bază fenomenul reflexiei totale. Componenta (solidă sau lichidă) al cărui indice de refracție, n , trebuie măsurat se aduce în contact optic cu fața unei prisme având un indice de refracție mare (mai mare decât al probei) cunoscut, n_o (fig. 3).

Un fascicul de lumină este trimis prin probă, respectiv prisma aparatului spre un ocular de vizare. Cu ajutorul unei oglinzi

rotitoare se limitează intrarea în sistem numai a razelor aproximativ paralele cu suprafața de separație, pentru care $\varepsilon = \pi/2$, iar $\varepsilon' = \varepsilon_1$.

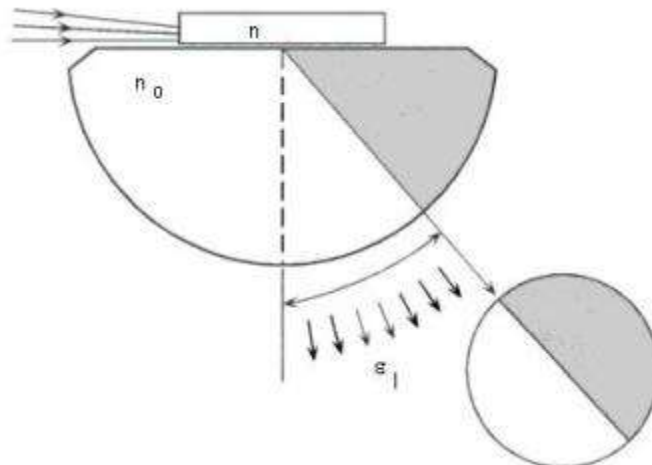


Fig. 3 Proba (n) în contact optic cu prisma aparatului (n_0) și vizualizarea prin ocular a câmpului luminos, respectiv întunecat

În acest caz, în ocularul aparatului se vizualizează două câmpuri, unul luminos și unul întunecat. Această situație este caracterizată prin legea refracției în forma particulară:

$$n \sin \frac{\pi}{2} = n_0 \sin \varepsilon'_1. \quad (5)$$

Cunoscând materialul prisme etalon a refractometrului rezultă că indicele necunoscut este:

$$n = n_0 \sin \varepsilon'_1. \quad (6)$$

Refractometrul Abbe măsoară indici de refracție de referință n_D în gama (1.3...1.7), cu o precizie de 0.00005.

3. Desfășurarea lucrării

Pentru măsurarea indicelui de refracție și a dispersiei principale a unei probe de sticlă optică se desfășoară următoarele etape:

- se fixează fața polisată a probei pe prisma refractometrului. Pentru realizarea contactului optic optim se utilizează câteva picături de monobromonaftalenă, care asigură aderența suprafețelor
- se privește prin ocularul aparatului și se rotește rozeta de control (situată în partea inferioară – dreapta a aparatului) până se

vizualizează două câmpuri luminoase: unul alb și unul colorat (cu margini albastre sau roșii (fig. 4)

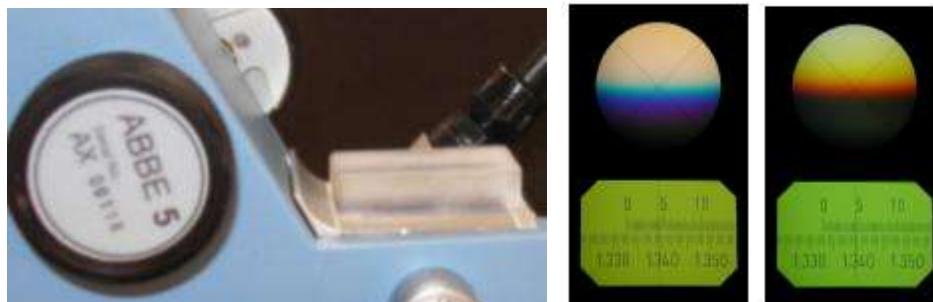


Fig. 4 Aducerea zonelor alb – color în câmpul ocularului cu ajutorul rozetei principale de control

- se reglează poziția rozetei de dispersie (plasată în dreapta aparatului – sus) până la dispariția marginilor colorate și obținerea celor două câmpuri acromatice (alb și negru – cenușiu)
- se aduce linia de demarcație a câmpurilor luminos și întunecat la intersecția firului reticular, prin acționarea rozetei principale de control. Pe scara proiectată sub imaginea dată de ocular se citește indicele de refracție al probei cu patru zecimale (fig. 5)
- Pentru determinarea dispersiei principale se citește indicația z a rozetei de dispersie.

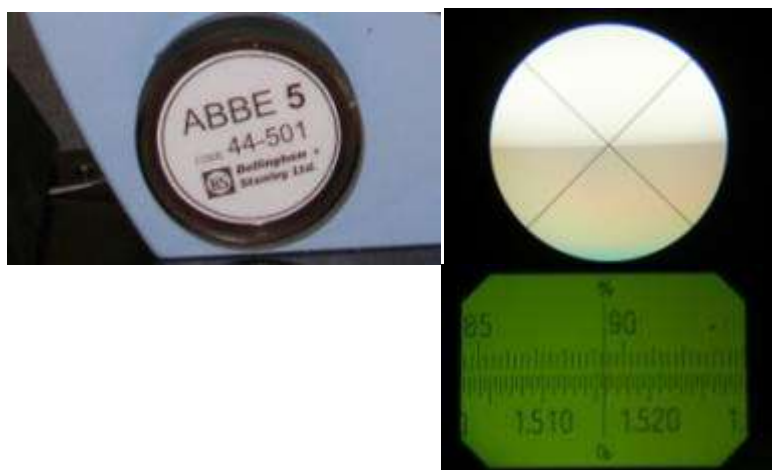


Fig. 5 Aducerea liniei de demarcație a câmpurilor luminos/întunecat în centrul crucii reticulare și citirea indicelui de refracție



Fig. 6 Sonda de temperatură și indicarea acesteia

□ se notează temperatura mediului ambiant (măsurată cu ajutorul unei sonde atașate aparatului – fig. 6) în vederea efectuării corecției de temperatură.

4. Prelucrarea datelor

Dispersia principală $n_F - n_C$ se estimează prin formula aproximativă:

$$n_F - n_C = A + B \cdot M, \quad (7)$$

unde A și B sunt constante a căror valoare se citește în tabelul 1 funcție de valoarea citită n_D a indicelui de refracție de referință.

Factorul M se citește din tabelul 2 în funcție de valoarea z indicată de rozeta de dispersie.

Rezultatele măsurărilor directe și a calculelor se înscriu în tabelul 3. Ultima coloană conține valoarea corectată a indicelui de refracție funcție de temperatură, conform indicației din tabelul 4.

Tabelul 3

Nr.crt.	n_D	z	A	B	M	$n_F - n_C$	$n_D(t)$
1							
2							
.							

Tabelul 4

Sample	Temperature coefficient: Change in index / ° Celsius
Glass	+0.00001
Water	-0.00010 (-0.07°Brix)
50% sucrose sample (50°Brix)	-0.00017 (-0.08°Brix)
Edible oil	-0.00040

n_0	A	A diff	B	B diff
1.300	0.02494	-0.00006	0.03340	-0.00013
1.310	0.02468	-0.00006	0.03327	-0.00016
1.320	0.02463	-0.00006	0.03311	-0.00016
1.330	0.02478	-0.00006	0.03295	-0.00019
1.340	0.02473	-0.00004	0.03276	-0.00020
1.350	0.02469	-0.00006	0.03256	-0.00021
1.360	0.02464	-0.00004	0.03235	-0.00023
1.370	0.02460	-0.00004	0.03212	-0.00025
1.380	0.02456	-0.00004	0.03187	-0.00026
1.390	0.02452	-0.00004	0.03161	-0.00028
1.400	0.02448	-0.00003	0.03133	-0.00029
1.410	0.02445	-0.00004	0.03104	-0.00031
1.420	0.02441	-0.00003	0.03073	-0.00033
1.430	0.02438	-0.00003	0.03040	-0.00034
1.440	0.02435	-0.00003	0.03006	-0.00036
1.450	0.02432	-0.00003	0.02970	-0.00038
1.460	0.02429	-0.00002	0.02932	0.00040
1.470	0.02427	-0.00002	0.02892	-0.00041
1.480	0.02425	-0.00002	0.02851	-0.00043
1.490	0.02423	-0.00002	0.02808	-0.00046
1.500	0.02421	-0.00001	0.02762	-0.00047
1.510	0.02420	-0.00001	0.02715	-0.00050
1.520	0.02419	-0.00001	0.02665	-0.00051
1.530	0.02418	-0.00001	0.02614	-0.00054
1.540	0.02417	0.00000	0.02560	-0.00056
1.550	0.02417	0.00000	0.02504	-0.00059
1.560	0.02417	0.00001	0.02445	-0.00061
1.570	0.02418	0.00001	0.02384	-0.00064
1.580	0.02419	0.00002	0.02320	-0.00067
1.590	0.02421	0.00002	0.02253	-0.00070
1.600	0.02423	0.00002	0.02183	-0.00073
1.610	0.02425	0.00003	0.02110	-0.00077
1.620	0.02428	0.00004	0.02033	-0.00080
1.630	0.02432	0.00005	0.01953	-0.00085
1.640	0.02437	0.00006	0.01868	-0.00089
1.650	0.02442	0.00006	0.01779	-0.00095
1.660	0.02448	0.00008	0.01684	-0.00100
1.670	0.02456	0.00009	0.01584	-0.00107
1.680	0.02466	0.00010	0.01477	-0.00114
1.690	0.02475	0.00013	0.01363	-0.00124
1.700	0.02488		0.01239	

Z	M	M diff
0	1.000	0.001
1	0.999	0.004
2	0.996	0.007
3	0.988	0.010
4	0.978	0.012
5	0.966	0.015
6	0.951	0.017
7	0.934	0.020
8	0.914	0.023
9	0.891	0.025
10	0.866	0.027
11	0.839	0.030
12	0.809	0.032
13	0.777	0.034
14	0.743	0.036
15	0.707	0.038
16	0.669	0.040
17	0.629	0.041
18	0.588	0.043
19	0.545	0.045
20	0.500	0.046
21	0.454	0.047
22	0.407	0.049
23	0.358	0.049
24	0.309	0.050
25	0.259	0.051
26	0.208	0.052
27	0.156	0.052
28	0.104	0.052
29	0.052	0.052
30	0.000	0.052
31	-0.052	0.052
32	-0.104	0.052
33	-0.156	0.052
34	-0.208	0.051
35	-0.259	0.050
36	-0.309	0.049
37	-0.358	0.049
38	-0.407	0.047
39	-0.454	0.046
40	-0.500	0.045
41	-0.545	0.043
42	-0.588	0.041
43	-0.629	0.040
44	-0.669	0.038
45	-0.707	0.036
46	-0.743	0.034
47	-0.777	0.032
48	-0.809	0.030
49	-0.839	0.027
50	-0.866	0.025
51	-0.891	0.023
52	-0.914	0.020
53	-0.934	0.017
54	-0.951	0.015
55	-0.966	0.012
56	-0.978	0.010
57	-0.988	0.007
58	-0.995	0.004
59	-0.999	0.001
60	-1.000	

LUCRAREA NR. 2

DETERMINAREA CARACTERISTICILOR DE REFERINȚĂ ALE LENTILELOR SFERICE PRIN METODE MECANICE

1. Prezentarea lucrării

Din punct de vedere optic, lentila sferică este definită complet de următoarele elemente: distanțele focale obiect și imagine (\bar{f}, f'), distanțele frontifocale obiect și imagine ($s_{\bar{F}}, s'_{F'}$), abscisele planelor principale obiect și imagine ($s_H, s'_{H'}$), distanța dintre planele principale ($e_{HH'}$), diametrul util (D_u) și indicele de refracție (n). Din punct de vedere geometric, lentila este complet caracterizată prin: razele de curbură (r_1, r_2), grosimea la centru (d) și la margine (t), diametrul total (D_t). În figura 1 este prezentată schema optică a unei lentile sferice, pentru care au fost indicate caracteristicile optice și geometrice.

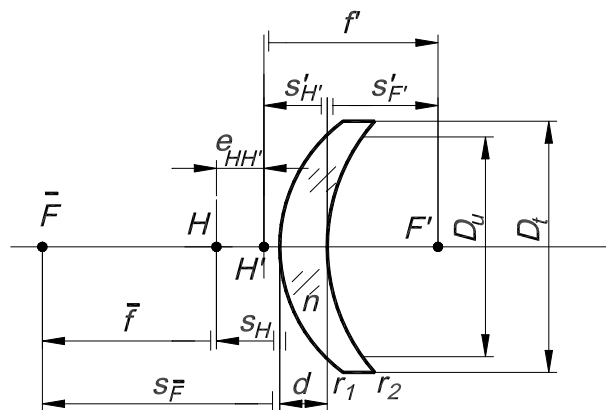


Fig. 1 Caracteristici optice și geometrice de referință ale lentilei sferice

În relațiile 1...6 sunt redată expresiile principalelor caracteristici optice ale lentilei sferice situate în aer:

$$f' = \frac{n}{n-1} \frac{r_1 r_2}{n(r_2 - r_1) + d(n-1)}, \quad (1)$$

$$\bar{f} = -\frac{n}{n-1} \frac{r_1 r_2}{n(r_2 - r_1) + d(n-1)}, \quad (2)$$

$$s_{F'} = r_2 \frac{nr_1 - (n-1)d}{(n-1)[n(r_2 - r_1) + (n-1)d]}, \quad (3)$$

$$s_{\bar{F}} = -r_1 \frac{nr_2 - (n-1)d}{(n-1)[n(r_2 - r_1) + (n-1)d]}, \quad (4)$$

$$s'_{H'} = -\frac{dr_2}{n(r_2 - r_1) + (n-1)d}, \quad (5)$$

$$s_H = -\frac{r_1 d}{n(r_2 - r_1) + (n-1)d}. \quad (6)$$

După efectul optic, lentilele sferice se pot clasifica în următoarele categorii :

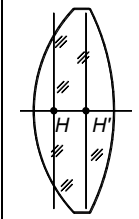
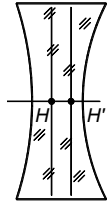
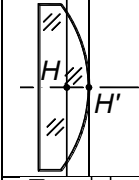
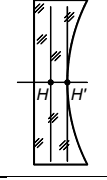
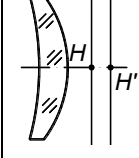
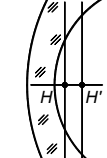
- lentile convergente ($f' > 0$, $d > t$)
- lentile divergente ($f' < 0$, $d < t$)
- lentile neutre ($f' = \infty$).

Lentilele cu aceeași putere pot avea forme constructive diferite. Astfel, există :

- | | |
|-------------------------------------|---------------------|
| - lentile convergente
(pozitive) | - biconvexe |
| | - plan-convexe |
| | - menisc convergent |
| - lentile divergente
(negative) | - biconcave |
| | - plan-concave |
| | - menisc divergent. |

În tabelul 1 sunt ilustrate cele șase forme constructive de lentile sferice și semnul principalelor caracteristici optice funcție de semnele razelor.

Tabelul 1. Tipuri constructive de lentile sferice

Lentile convergente		Lentile divergente	
	$r_1 > 0, r_2 < 0, f' > 0, s'_H < 0, s_H > 0$		$r_1 < 0, r_2 > 0, f' < 0, s_H > 0, s'_H < 0$
	$r_1 = \infty, r_2 < 0, (sau r_1 > 0, r_2 = \infty), f' > 0, s_H > 0 (sau s_H = 0), s'_H = 0 (sau s'_H < 0)$		$r_1 = \infty, r_2 > 0, (sau r_1 < 0, r_2 = \infty), f' < 0, s_H > 0, s'_H = 0 (sau s_H = 0, s'_H < 0)$
	$r_1 < 0, r_2 < 0, r_1 > r_2 , (sau r_1 > 0, r_2 > 0, r_1 < r_2), f' > 0, s_H > 0, s'_H > 0 (sau s_H < 0, s'_H < 0)$		$r_1 > 0, r_2 < 0, r_1 > r_2 , (sau r_1 < 0, r_2 > 0, r_1 < r_2), f' < 0, s_H > 0, s'_H > 0 (sau s_H < 0, s'_H < 0)$

Pentru determinarea caracteristicilor de referință optice ale lentilelor este necesară cunoașterea indicelui de refracție, n și măsurarea celor două raze, respectiv a grosimii la centru.

Metoda mecanică de măsurare a razelor lentilelor sferice are la bază un principiu pur geometric, conform căruia raza sferei provine indirect, cunoscând înălțimea unei calote. În figura 2 este prezentat principiul metodei. Raza r a sferei din care provine dioptrul, poate fi determinată dacă se măsoară înălțimea h a unei calote cu baza circulară de rază cunoscută R . Scriind teorema lui Pitagora în triunghiul ADO rezultă:

$$r^2 = R^2 + (r - h)^2, \quad (7)$$

respectiv

$$r = \frac{R^2}{2h} + \frac{h}{2}. \quad (8)$$

Determinarea grosimii la centru și a diametrului total se realizează cu ajutorul unor mijloace generale de măsurare a lungimilor.

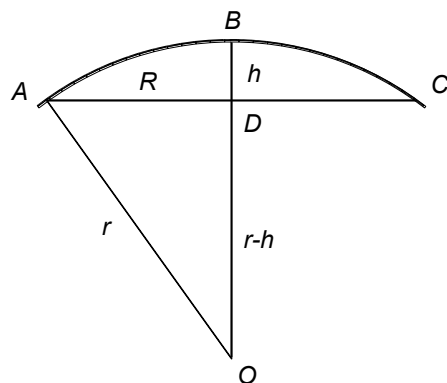


Fig. 2 Principul măsurării cu sferometrul

2. Instalația experimentală

Instrumentele de măsurat razele lentilelor se numesc sferometre. În principiu, un sferometru este alcătuit dintr-un subansamblu mecanic numit inel sferometric și un comparator (fig.3).

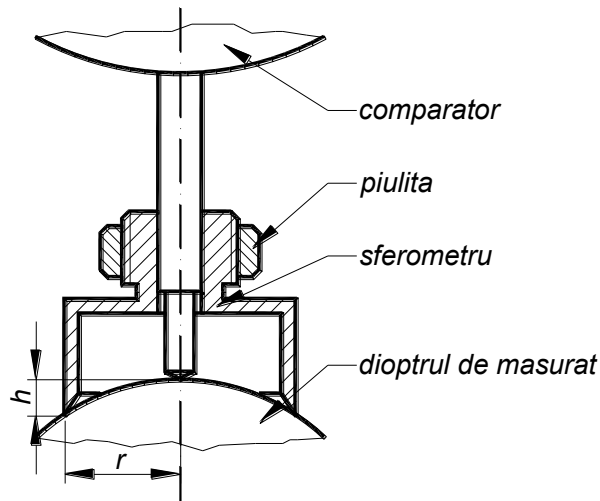


Fig. 3 Sferometrul cu comparator atașat

Kiturile sferometrice conțin un set de sferometre cu inele de diverse diametre, utilizabile în funcție de gabaritul lentilei de măsurat. Trusa include comparatorul și un set de etaloane plane, de mărimi

diferite, adecvate inelelor sferometrice din kit (fig. 4).



Fig. 4 Kit sferometric

Dacă se așază sferometrul pe o suprafață plană, tija palpatorului se află în planul inelului sferometric, iar indicația comparatorului poate fi considerată ca referință. Așezând dispozitivul pe suprafața de măsurat, tija palpatorului se află în vârful dioptrului (fig. 5). Diferența dintre indicația comparatorului în această poziție și citirea de referință reprezintă înălțimea calotei sferice.



Fig. 5 Așezarea inelului sferometric pe suprafața dioptrului de măsurat

3. Desfășurarea lucrării

Se măsoară un set de lentile cu forme constructive diverse (biconvexe, biconcave, menisc).

Se pune sferometrul pe suprafața etalonului plan și se citește cota de referință x_0 .

Pentru fiecare lentilă se determină cotele x_1 și x_2 corespunzătoare celor doi dioptri.

Înălțimile calotelor sferice vor fi:

$$h_1 = |x_1 - x_0|, \quad (9)$$

$$h_2 = |x_2 - x_0|. \quad (10)$$

Se măsoară grosimile la centru, d și dimetrele D_t ale lentilelor.

4. Prelucrarea datelor

Datele citite se înscriu în tabelul 2.

Înălțimile calotelor sferice se determină cu relațiile (9) și (10), iar razele de curbură ale dioptrilor rezultă aplicând expresia (8).

Tabelul 2

$x_0 =$ $R =$								
nr. lentilei	x_1 [mm]	x_2 [mm]	h_1 [mm]	h_2 [mm]	r_1 [mm]	r_2 [mm]	d [mm]	D_t [mm]
1								
2								
.								
.								

Pentru fiecare lentilă măsurată se aplică relațiile 1...6 pentru determinarea caracteristicilor optice de referință. Indicele de refracție al sticlelor optice este $n = 1.523$.

Se trasează schema optică la scară a lentilelor măsurate.

LUCRAREA NR. 3

DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALĂ A SISTEMELOR OPTICE CONVERGENTE PRIN METODA DIRECTĂ

1. Prezentarea lucrării

Distanța focală imagine reprezintă cea mai importantă caracteristică a sistemelor optice, având în vedere faptul că inversul său indică puterea optică.

Focarele, obiect și imagine, sunt puncte de pe axa optică, al căror conjugat se află la infinit. Distanțele focale se măsoară de la planele principale la focare.

Pentru lentilele (sistemele) convergente distanța focală (respectiv puterea) este pozitivă, iar pentru cele divergente, negativă.

Pentru sisteme situate în aer distanțele focale obiect și imagine sunt egale în modul, dar de semn contrar.

Metoda directă de determinare a distanței focale se bazează pe evaluarea absciselor conjugate obiect-imagine pentru o poziție oarecare a planului obiect.

Construcția grafică a imaginii se realizează cu ajutorul a două raze particulare: una paralelă cu axa optică în spațiul obiect, care trece prin focarul imagine în spațiul imagine și una care trece nedeviată prin punctele nodale (fig. 1).

Imaginea poate fi reală, dacă cele două raze se întâlnesc efectiv (și în acest caz poate fi proiectată pe un ecran sau alt receptor fizic) sau virtuală, dacă numai prelungirile razelor se intersectează. Natura, poziția și mărimea imaginii depind de poziția planului obiect în raport cu sistemul optic.

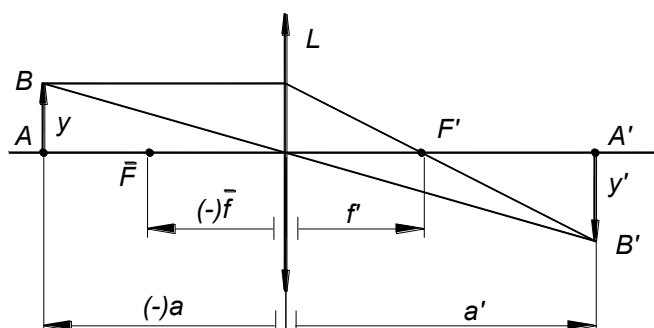


Fig.1 Construcția grafică a imaginii prin lentila infinit subțire

În cazul sistemelor subțiri, situate în aer, relația dintre abscisele obiect și imagine ale planelor conjugate este dată de ecuația de formare a imaginii:

$$\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f'}, \quad (1)$$

unde f' este distanța focală imagine, a , a' – abscisele planelor conjugate obiect și imagine. Abscisele notate cu „ a ” se măsoară de la planele principale ale sistemului.

2. Instalația experimentală

Pentru măsurarea distanței focale și, în general, a caracteristicilor de referință ale sistemelor optice se utilizează un banc optic dotat cu suporturi culisanți în care se montează componentele necesare: sursa de lumină, obiect, sistem optic de analizat, ecran (fig.2).

Dispozitivul de iluminare con

Dispozitivul de iluminare conține o sursă de lumină albă (o lampă tungsten halogen), un conductor luminos format din fibre optice și un ansamblu de colimare a fasciculului (fig.3). Tot în figura 3 mai sunt prezentate diafragma reglabilă, pentru controlul mărimii fasciculului incident și reticulul cu rol de obiect. Figura 4 conține imaginea a sistemului convergent de măsurat și a ecranului, care constă într-un geam opal, fixate în suportii de susținere și reglare.



Fig. 2 Imagine de ansamblu al bancului optic configurat pentru măsurarea distanței focale



Fig. 3 Dispozitiv de iluminare, diafragma reglabilă și reticul

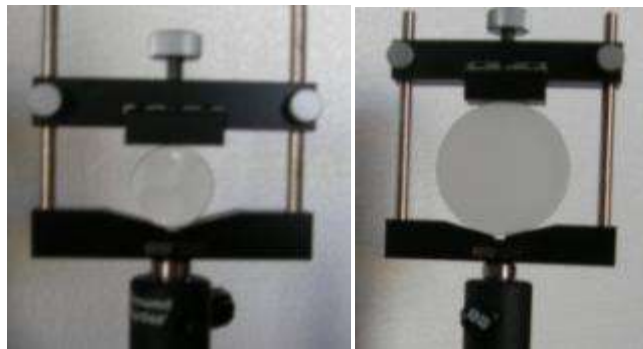


Fig. 4 Sistemul optic convergent de măsurat și geamul opal cu rol de ecran în suporți de fixare

3. Desfășurarea lucrării

Pentru corectitudinea măsurărilor trebuie realizată centrarea sistemului sursă-obiect-lentilă, prin reglarea poziției acestora în suporti, în plan meridian.

Pentru determinarea ordinului de mărime al distanței focale se vizualizează pe ecran imaginea unui obiect situat la distanță mare de sistemul optic și se are în vedere, în continuare, faptul că imagini reale rezultă pentru poziții ale obiectelor situate între $-\infty$ și focarul obiect.

Se plasează obiectul la o distanță oarecare în acest interval și se deplasează axial ecranul până la găsirea planului imagine conjugat. Se măsoară distanțele de la sistemul optic la obiect (a), respectiv la ecran (a'). Se deplasează suportul cu obiectul în alte poziții și se găsesc abscisele conjugate ale ecranului. Se măsoară valorile absciselor a și a' , care se notează într-un tabel.

4. Prelucrarea datelor

Datele măsurate se înscriu în tabelul 1. Expresia distanței focale rezultă din ecuația de formare a imaginii:

$$f' = \frac{aa'}{a - a'} \quad (2)$$

În relația (2) abscisele se introduc cu semn algebric, conform convenției de semne din STAS 3003-79.

Tabelul 1

Nr.crt.	a [mm]	a' [mm]	f' [mm]	\bar{f}' [mm]
1				
2				
.				
.				
.				

Distanța focală se poate deduce și pe cale grafică. Pe hârtie milimetrică se trasează un sistem de axe aa' (fig. 5).

Pe axa absciselor se marchează valorile distanțelor obiect măsurate, iar pe ordonată valorile absciselor imagine conjugate. Fiecare pereche de valori a - a' determină o dreaptă PP' . Mulțimea dreptelor astfel construite se intersectează într-un punct F de coordonate (\bar{f}, f') . Dacă măsurările și construcția sunt corecte, punctul F se află pe bisectoarea unghiului drept format de axele de coordonate.

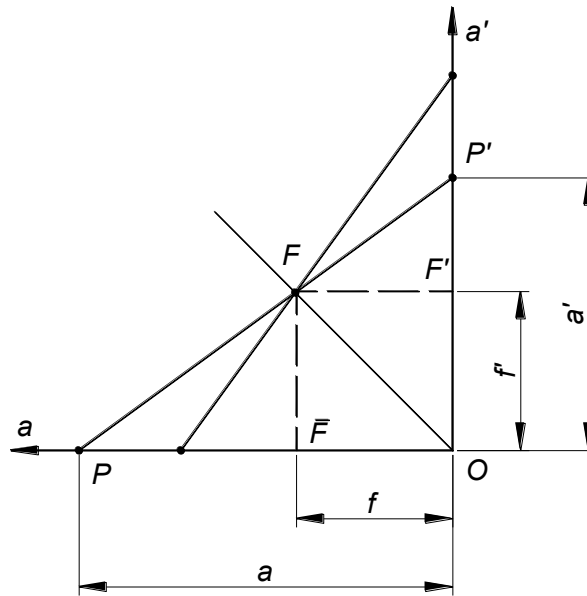


Fig. 5 Determinarea grafică a valorii distanței focale

Construcția grafică are la bază relații geometrice care modelează ecuația de formare a imaginii prin lentilele infinit subțiri. Astfel, observând asemănarea triunghiurilor $\Delta PFB \sim \Delta PP'O$, se poate deduce:

$$\frac{a'}{f'} = \frac{a}{a - \bar{f}}, \quad (3)$$

sau înlocuind $\bar{f} = -f'$ și prelucrând relația:

$$\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f'}.$$

LUCRAREA NR. 4

DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALĂ A SISTEMELOR OPTICE CONVERGENTE PRIN METODA BESSEL

1. Prezentarea lucrării

Metoda Bessel de determinare a distanței focale a unui sistem optic convergent se bazează pe observația că, dacă distanța dintre obiect și ecran este mai mare decât $4f$, se găsesc două poziții ale sistemului optic pentru care rezultă pe ecran imagine clară. Păstrând deci constantă distanța dintre planele obiect și imagine rezultă că există două poziții ale sistemului, pentru care acestea sunt conjugate (fig.1).

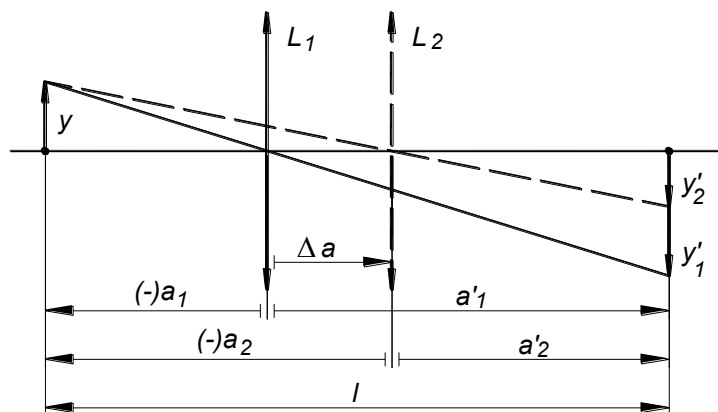


Fig.1 Principiul de măsurare a distanței focale prin metoda Bessel

Această observație rezultă și teoretic analizând ecuația de formare a imaginii:

$$\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f'} \quad (1)$$

și considerând constantă distanța dintre obiect și ecran:

$$a' - a = l = \text{constant} \quad (2)$$

Rezolvând sistemul format din ecuațiile (1) și (2) și considerând ca necunoscute abscisele a și a' , se obține:

$$a = \frac{1}{2} \left(\pm \sqrt{l^2 - 4f'l} - l \right); \quad a' = \frac{1}{2} \left(\pm \sqrt{l^2 - 4f'l} + l \right). \quad (3)$$

Soluțiile (3) sunt reale numai dacă este îndeplinită condiția:

$$l^2 - 4f'l > 0 \quad \text{sau} \quad l > 4f'. \quad (4)$$

Distanța dintre cele două abscise ale obiectului este:

$$\Delta a = a_2 - a_1 = \frac{1}{2} \left(-\sqrt{l^2 - 4f'l} - l - \left(-\sqrt{l^2 - 4f'l} + l \right) \right) = -\sqrt{l^2 - 4f'l}. \quad (5)$$

Din relația (5) se poate deduce o expresie pentru distanța focală, considerând cunoscute distanța din obiect și ecran, l și diferența absciselor obiect Δa :

$$f' = \frac{l^2 - (\Delta a)^2}{4l}. \quad (6)$$

Ca observație se poate evidenția relația dintre măririle liniare corespunzătoare celor două poziții conjugate pentru aceeași distanță l .

Având în vedere că:

$$\beta = \frac{a'}{a} \quad (7)$$

și înlocuind în relația (6) expresiile (3) ale absciselor conjugate, rezultă:

$$\beta_1 = \frac{1}{\beta_2} \quad \text{sau} \quad \beta_1 \cdot \beta_2 = 1. \quad (8)$$

Măririle β sunt în ambele cazuri negative (imaginile fiind reale).

2. Instalația experimentală

Măsurările se efectuează pe un banc optic prevăzut cu suporturi în care se montează sursa de lumină, obiectul sistemului optic de analizat și ecranul.

LUCRAREA NR. 5

DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALE A SISTEMELOR OPTICE CONVERGENTE PRIN METODA ABBE

1. Prezentarea lucrării

Metoda Abbe elimină influența grosimii finite a sistemului și eroarea introdusă de poziția planelor principale ale sistemului față de suportul de fixare, dat fiind că operează exclusiv cu diferențe de abscise. Determinările se bazează pe măsurarea indirectă a măririlor liniare în două poziții oarecare ale obiectului (fig.1)

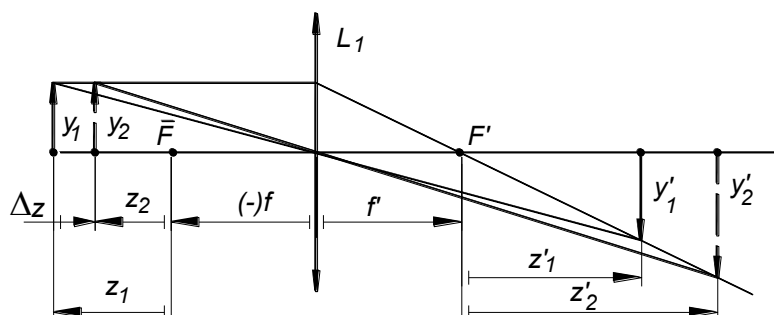


Fig. 1 Principiul de măsurare a distanței focale prin metoda Abbe

Considerând obiectul în pozițiile determinate de abscisele z_1 și z_2 se pot scrie măririle liniare:

$$\beta_1 = \frac{y'_1}{y_1} = -\frac{z'_1}{f'} , \quad (1)$$

$$\beta_2 = \frac{y'_2}{y_2} = -\frac{z'_2}{f'} . \quad (2)$$

LUCRAREA NR. 6

DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALĂ A UNUI SISTEM OPTIC DIVERGENT PRIN METODA ASOCIERII CU UN SISTEM CONVERGENT

1. Prezentarea lucrării

Sistemele optice divergente nu formează imagini reale pentru obiecte reale și, ca urmare, metodele care presupun vizualizarea imaginilor pe un ecran nu pot fi utilizate pentru determinarea caracteristicilor acestor sisteme.

O soluție simplă care permite utilizarea metodelor vizuale este asocierea sistemului divergent de măsurat cu un sistem convergent astfel încât cele două componente să constituie un sistem convergent (fig.1).

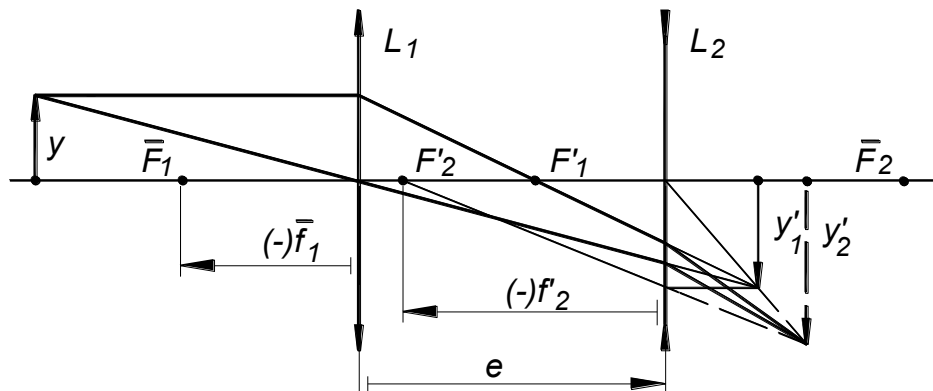


Fig. 1 Principiul de măsurare a distanței focale a unui sistem divergent prin metoda asocierii cu un sistem convergent

Lentila L_1 având distanța focală cunoscută, formează imaginea intermediară y'_1 , care devine obiect pentru lentila divergentă de

măsurat. Aceasta formează imaginea finală y'_2 reală. Distanța e dintre sistemul convergent și cel divergent trebuie aleasă astfel încât imaginea intermediară dată de primul sistem să se formeze la dreapta celui divergent, pentru care trebuie să constituie obiect virtual.

Distanța focală f' a sistemului asociat se măsoară printr-una din metodele descrise în lucrările anterioare (metoda directă, Bessel sau Abbe).

Distanța focală a sistemului divergent rezultă din relația de compunere a puterilor:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 - e\Phi_1\Phi_2, \quad (1)$$

unde Φ este puterea sistemului asociat, Φ_1 – puterea sistemului convergent, Φ_2 – puterea sistemului divergent, e – distanța dintre sistemele asociate.

Dacă se înlocuiesc puterile prin inversul distanțelor focale, se poate determina distanța focală a sistemului divergent:

$$f'_2 = \frac{f'(f'_1 - e)}{f'_1 - f'}. \quad (2)$$

2. Instalația experimentală

Măsurările necesită un banc optic dotat cu suportți culisanți în care se montează sursa de lumină, obiectul, sistemul divergent de măsurat, sistemul convergent asociat și ecranul.

3. Desfășurarea lucrării

Se aliniază optic sursa, obiectul și sistemele convergent, respectiv divergent. Se fixează o distanță între sisteme astfel încât sistemul asociat să fie convergent. Se notează valoarea e a acesteia și nu se mai modifică.

Se măsoară distanța focală a sistemului asociat prin metoda directă.

Se determină mai multe perechi de abscise conjugate a - a' . Distanța focală a sistemului asociat rezultă din ecuația de formare a imaginii:

$$f' = \frac{aa'}{a - a'}. \quad (3)$$

Distanța focală a sistemului divergent se calculează cu relația (2).

4. Prelucrarea datelor

Se notează distanța focală a sistemului convergent și distanța dintre acesta și cel divergent de măsurat:

$$f_1 =$$

$$e =$$

Rezultatele măsurărilor se înscriu în tabelul 1.

Tabelul 1

Nr. crt.	a [mm]	a' [mm]	f [mm]	f ₂ [mm]	f' ₂ [mm]
1					
2					
.					
.					
.					

LUCRAREA NR. 7

DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALE ȘI A POZIȚIEI PUNCTELOR CARDINALE ALE SISTEMELOR OPTICE CONVERGENTE

1. Prezentarea lucrării

Punctele cardinale ale unui sistem optic sunt reprezentate de focare, punctele principale, nodale, antiprincipale și antinodale (fig.1). Focarele sunt puncte neconjugate, situate în planul obiect, respectiv imagine, având conjugatele la infinit. Celelalte puncte cardinale reprezintă puncte conjugate, caracterizate prin mărimi unitare, astfel:

- puncte principale (H, H'): $\beta = +1$
- puncte nodale (N, N'): $\gamma = +1$
- puncte antiprincipale (AH, AH'): $\beta = -1$
- puncte antinodale (AN, AN'): $\gamma = -1$.

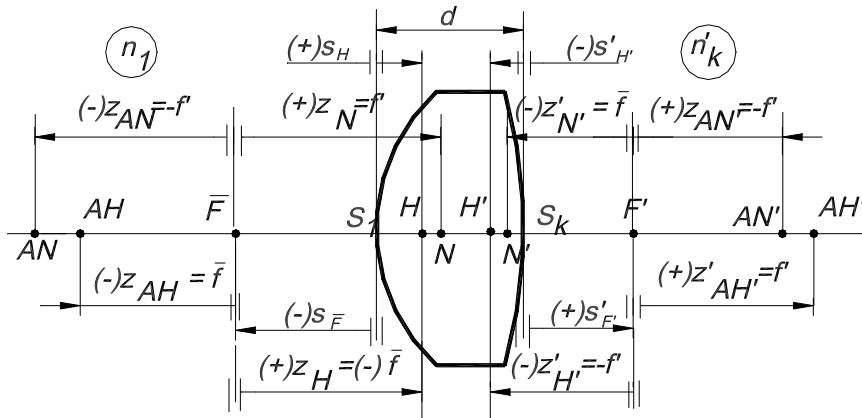


Fig. 1 Puncte și plane cardinale ale sistemelor optice

Pentru sistemele optice situate în aer punctele principale și nodale, respectiv antiprinicipale și antinodale, se suprapun. Ele se află la câte o distanță focală, la stânga și la dreapta focarelor.

Planele perpendiculare pe axa optică și care conțin punctele cardinale se numesc plane cardinale.

Punctele, respectiv planele cardinale reprezintă caracteristicile de referință pentru sistemele optice. În cazul celor situate în aer, ele sunt complet determinate dacă se cunoaște poziția focarelor și a punctelor principale.

Determinarea experimentală a acestora presupune măsurarea distanței obiect, respectiv imagine și a măririi liniare pentru o poziție oarecare a obiectului. Considerând cunoscută mărimea y a acestuia (fig.2 a.) se deplasează ecranul pentru punerea la punct a imaginii și se măsoară mărimea acesteia, y' . Distanța obiect s_1 poate fi, de asemenea, măsurată.

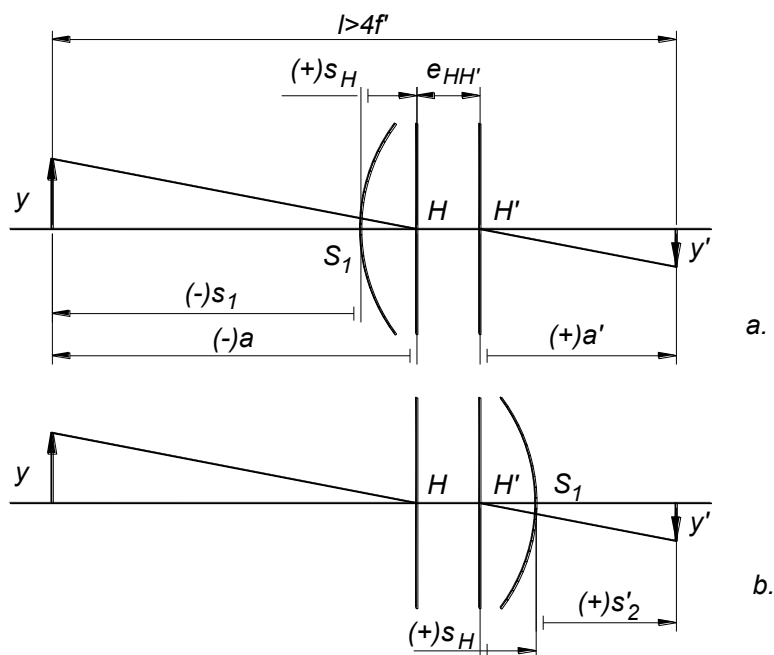


Fig. 2 Principiul de măsurare a poziției planelor principale

Păstrând nemodificată distanța dintre obiect și ecran, $l > 4f$, și rotind sistemul optic cu 180° , este necesară o mică deplasare axială a acestuia pentru menținerea clarității imaginii. Această punere la

punct a imaginii prin deplasarea sistemului este impusă de conservarea poziției planelor principale (fig.2.b). În această poziție este necesară măsurarea distanței imagine s'_2 .

Distanțele caracteristice elementelor cardinale rezultă pe baza următoarelor relații:

$$a = s_1 - s_H, \quad (1)$$

$$a' = s'_2 + s_H, \quad (2)$$

$$\beta = \frac{a'}{a} = \frac{s'_2 + s_H}{s_1 - s_H}, \quad (3)$$

$$s_H = \frac{\beta s_1 - s'_2}{1 + \beta}, \quad (4)$$

$$e_{HH'} = 1 - a' + a = 1 + \frac{(s_1 + s'_2)(1 - \beta)}{1 + \beta}, \quad (5)$$

$$f' = \frac{aa'}{a - a'} = \frac{\beta(s_1 + s'_2)}{1 - \beta^2}. \quad (6)$$

2. Instalația experimentală

Pentru măsurări este necesar un banc optic, pe care se montează dispozitivul de iluminare, obiectul, sistemul optic și ecranul.

3. Desfășurarea lucrării

Se centrează sistemul dispozitiv de iluminare-obiect-sistem optic convergent și se măsoară înălțimea obiectului, y . Se deplasează ecranul astfel încât distanța obiect-ecran să îndeplinească condiția $l > 4f'$. Se pune la punct imaginea prin deplasarea axială a sistemului optic analizat. Se măsoară mărimea imaginii, y' și distanța obiect, s_1 . Se rotește sistemul optic analizat cu 180° fără a modifica distanța dintre obiect și ecran și se pune la punct imaginea prin deplasarea axială a sistemului optic. Se măsoară distanța imagine s'_2 .

Se modifică distanța l dintre obiect și ecran și se realizează un nou set de determinări.

Datele măsurate se înscriu în tabelul 1.

4. Prelucrarea datelor experimentale

Mărirea liniară se calculează cu relația:

$$\beta = \frac{y'}{y}. \quad (7)$$

Abscisa planului principal obiect, distanța dintre planele principale și distanța focală rezultă aplicând relațiile (4)...(6).

Tabelul 1

y=

nr. crt.	l [mm]	y' [mm]	β [-]	s ₁ [mm]	s' ₂ [mm]	s _H [mm]	e _{HH'} [mm]	f' [mm]
1								
2								
.								
.								
.								

Se calculează valorile medii ale caracteristicilor de referință ale sistemului și se trasează la scară schema optică a acestuia, cu figurarea focarelor, punctelor principale (nodale) și antiprinicipale (antinodale). Punctul principal obiect H, se află la distanța s_H de primul dioptru. La stânga punctului H, la o distanță focală se găsește focarul obiect, iar la încă o distanță focală la stânga acestuia, se află punctul antiprinicipal (antinodal) obiect. Situarea elementelor imagine este simetrică, având ca referință punctul principal imagine H'. Acesta se află la distanța e_{HH'} de punctul principal obiect H.

LUCRAREA NR. 8

DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A LEGILOR FOTOMETRIEI

1. Prezentarea lucrării

Fotometria este o ramură a opticii, care se ocupă cu măsurarea caracteristicilor energetice ale radiației electromagnetice în domeniul vizibil.

Evaluarea energiei luminoase se face direct cu receptorul natural (ochiul), care este caracterizat de o sensibilitate spectrală specifică. Ochiul observatorului etalon (stabilit de CIE – Comisia de Iluminare Internațională – în 1931) are caracteristici determinate statistic pe un număr mare de subiecți cu ochi normal. Din punct de vedere spectral, ochiul observatorului etalon este sensibil la radiația electromagnetică în domeniul de lungimi de undă cuprins între 380 și 780 nm, denumit domeniul vizibil. Sensibilitatea spectrală este nulă la aceste valori și maximă (având valoarea normată unitară) pentru lungimea de undă de 555 nm în vederea de zi și 506 nm în vederea crepusculară. Sensibilitatea spectrală a ochiului este modelată matematic prin mărimea adimensională numită eficacitate luminoasă spectrală relativă.

Cele mai importante mărimi fotometrice sunt următoarele:

1. Energia luminoasă (energia primită sau emisă sub formă de radiație în domeniul vizibil).

Energia luminoasă, W , se măsoară în lumen·secundă, [lm·s]

2. Fluxul luminos, Φ , (fluxul energetic emis sau primit, evaluat după senzația luminoasă pe care o produce):

$$\Phi = K \int_{380}^{780} k_{\lambda} \Phi_{e,\lambda} d\lambda, \quad (1)$$

unde K este echivalentul fotometric al radiației ($K=683$ lm/W), k_{λ} -

eficacitatea luminoasă spectrală relativă, $\Phi_{e,\lambda}$ - fluxul energetic spectral. Unitatea de măsură pentru fluxul luminos este lumenul, [lm]. Lumenul este o unitate derivată ($1\text{lm}=1\text{cd}\cdot 1\text{sr}$).

3. Intensitatea luminoasă, I , (fluxul luminos emis de o sursă punctiformă în unitatea de unghi solid, pe o direcție dată):

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}, \quad (2)$$

unde Ω este unghiul solid, măsurat în steradiani, [sr].

Intensitatea luminoasă se măsoară în candelă, [cd]. Candelă reprezintă o unitate fundamentală în SI. O candelă este intensitatea luminoasă într-o direcție dată a unei surse care emite o radiație monocromatică cu frecvența de $540\cdot 10^{12}$ HZ (lungimea de undă 555.016 nm) și a cărei intensitate energetică în aceeași direcție este $1/683$ W/sr.

4. Iluminarea, E , (raportul dintre fluxul luminos și suprafața elementară din jurul unui punct care primește sau emite radiație în domeniul vizibil):

$$E = \frac{d\Phi}{dS}. \quad (3)$$

Iluminarea se măsoară în lux, [lx]. Luxul este iluminarea suprafeței de 1 m^2 pe care cade un flux luminos de 1 lumen ($1\text{lx}=1\text{lm}/1\text{m}^2$).

5. Luminanța sau strălucirea, L , (intensitatea luminoasă raportată la unitatea de suprafață, într-o direcție dată):

$$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos\theta} = \frac{d^2\Phi}{d\Omega \cdot dS \cdot \cos\theta}, \quad (4)$$

unde θ este direcția de vizare. Luminanța se măsoară în nit, [nt]. Nitul este strălucirea unei suprafețe de 1m^2 care corespunde, pe direcție normală, unei intensități de 1cd ($1\text{nt}=1\text{cd}/1\text{m}^2$).

Legea combinată a fotometriei (Legea Kepler-Lambert) arată că iluminarea dată de o sursă punctiformă pe o suprafață este invers proporțională cu pătratul distanței dintre sursă și suprafață, respectiv direct proporțională cu cosinusul unghiului dintre normala la suprafață și direcția de propagare a luminii (fig.1).

Dacă sursa emite un flux luminos Φ , în unghiul solid Ω , pe o suprafață dS , situată la distanța r de sursă și a cărei normală face

unghiul θ cu direcția de propagare, se poate scrie:

$$dS = r^2 \cdot \frac{d\Omega}{\cos \theta}. \quad (5)$$

În acest caz, iluminarea suprafeței va fi:

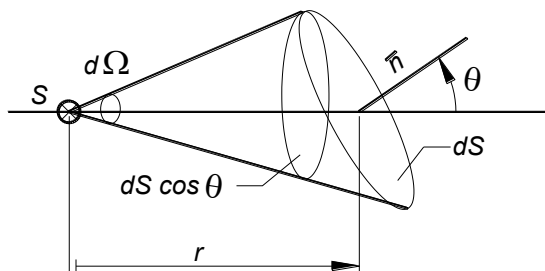


Fig. 1 Elemente geometrice necesare demonstrării legii Kepler – Lambert

$$E = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{d\Phi}{d\Omega} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \cos \theta = I \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \cos \theta. \quad (6)$$

Relația (6) reprezintă expresia matematică a legii Kepler-Lambert.

2. Instalația experimentală

Determinările experimentale se efectuează pe un banc fotometric (fig. 2), pe care montează o sursă de lumină albă și un instrument de măsurare a iluminării (luxmetru) – fig. 3.



Fig. 2 Banc fotometric conținând sursa de măsurat, ecranul cu deplasare măsurabilă și luxmetrul



Fig. 3 Luxmetru digital

3. Desfășurarea lucrării

Se plasează luxmetrul la diverse distanțe de sursă. Se notează perechile de valori distanță-iluminare în tabelul 1.

Pentru o distanță fixată între sursă și luxmetru se orientează acesta astfel încât să se formeze unghiuri diferite între direcția de propagare a luminii și normala la suprafața celulei fotoelectrice a instrumentului. Se notează în tabelul 2 perechile de valori unghi-iluminare.

4. Prelucrarea datelor

Valorile măsurate se înscriu în tabelele 1 și 2.

Se trasează grafic dependența $E(r)$ și $E(\cos\theta)$.

Tabelul 1

Nr. crt.	r [cm]	E [lx]
1		
2		
.		

Tabelul 2

Nr. crt.	θ [°]	$\cos\theta$ [-]	E [lx]
1	0		
2	30		
3	45		
4	60		
5	90		

LUCRAREA NR. 9

STUDIUL EXPERIMENTAL AL POLARIZĂRII LUMINII

1. Prezentarea lucrării

Polarizarea este un fenomen ondulatoriu asociat planului de vibrație al vectorului intensitate electrică și este direct legat de caracterul de undă transversală a luminii. Pentru un tren singular de unde, vibrația vectorului are loc într-un plan unic determinat de direcția de propagare și direcția vectorului însuși. În acest caz lumina se numește polarizată. Pentru o mulțime de trenuri de undă, așa cum se întâmplă în cazul unei surse albe extinse, fiecare tren va fi caracterizat prin planul său de vibrație, aleator orientat în raport cu al celorlalte. Astfel, undele dintr-un fascicul de lumină incoerentă au plane de vibrație aleatorii, iar lumina se numește nepolarizată.

Introducerea unei anumite reguli privind planul de vibrație, numită polarizare, se poate realiza prin reflexie, refracție sau utilizând materiale cu proprietăți speciale, cum sunt cristalele dicroice (care transmit radiația cu vibrație în plan paralel cu axa lor optică și absorb radiația cu vibrație în plan perpendicular pe axa optică) și birefringente (care separă radiațiile cu plane de vibrație perpendiculare).

Polarizarea poate fi liniară (vectorii electrici vibrează într-un singur plan), circulară (vectorii electrici oscilează în plane diferite perpendiculare pe direcția de propagare) sau eliptică (proiecțiile vectorilor electrici într-un plan perpendicular pe direcția de propagare descriu o elipsă).

Polarizarea prin refracție-reflexie poate fi pusă în evidență cu ajutorul unui stand care conține două lame plan-paralele de sticlă optică având fețele posterioare înnegrite (fig.1). Prima lamelă se numește polarizor, iar doua analizor. Polarizorul realizează

polarizarea liniară a luminii, iar analizorul o transmite sau nu în funcție de valoarea unghiului de incidență.

Dacă pe polarizor este incident un fascicul de lumină sub unghiul fix ε , rotind analizorul cu 360° se observă o variație continuă a intensității luminoase în fasciculul emergent. Se diting două minime și două maxime de intensitate (maximele corespunzând poziției paralele a lamelor).

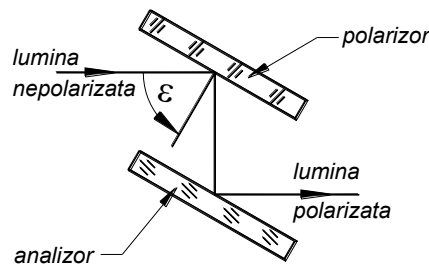


Fig. 1 Montaj care pune în evidență polarizarea luminii

Lumina incidentă este parțial reflectată și parțial transmisă. Lumina reflectată este polarizată liniar, cu planul de vibrație perpendicular pe cel de incidență. Lumina transmisă este polarizată liniar într-un plan paralel cu planul de incidență. În ambele cazuri polarizarea nu este totală. Pentru evaluarea cantitativă a polarizării se definește gradul de polarizare:

$$p = \frac{I_{\perp} - I_{\parallel}}{I_{\perp} + I_{\parallel}}, \quad (1)$$

unde I_{\perp} este intensitatea luminii reflectate și polarizate liniar după o direcție perpendiculară pe planul de incidență, iar I_{\parallel} – intensitatea luminii reflectate și polarizate după o direcție paralelă cu planul de incidență. Gradul maxim de polarizare ($\cong 1$) se obține pentru un unghi de incidență numit unghi de polarizare sau unghi Brewster:

$$\varepsilon_B = \arctg(n), \quad (2)$$

unde n este indicele de refracție de referință al sticlei lamei. Pentru $n=1.5$ se obține $\varepsilon_B=56.3^\circ$.

2. Instalația experimentală

Măsurările se efectuează pe un stand care conține un dispozitiv de polarizare și un luxmetru.

3. Desfășurarea lucrării

Pentru punerea în evidență a polarizării maxime se fixează unghiul de incidență la valoarea Brewster ($\cong 57^\circ$). În poziția orizontală a analizorului pentru care axele optice în fasciculul incident și emergent sunt paralele, se ajustează poziția analizorului astfel încât să fie asigurat paralelismul cu polarizorul. Se citește valoarea iluminării date de luxmetru. Se rotește analizorul cu 180° , cu câteva opriri și citiri intermediare ale luxmetrului. Se notează valorile unghiurilor și iluminării în tabelul 1.

Se calculează valoarea gradului de polarizare, p:

$$p = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}. \quad (3)$$

Se determină coeficientul de reflexie al lamelelor din construcția standului măsurând iluminarea în fasciculul incident pe polarizor și iluminarea în fasciculul reflectat de acesta. Pentru măsurări corecte, celula fotoelectrică a luxmetrului se plasează în planul polarizorului și respectiv paralel cu acesta. Se notează valorile iluminării în fasciculul incident, E_i și reflectat, E_r și se calculează reflectanța:

$$\rho = \frac{E_r}{E_i}. \quad (4)$$

Se măsoară reflectanța pentru diverse unghiuri de incidență, cu notarea valorilor în tabelul 2 și se trasează grafic dependența $\rho(\varepsilon)$.

4. Prelucrarea datelor

Tabelul 1

$\varepsilon = \varepsilon_B = 57^\circ$

α [°]	0	45	90	135	180
E [lx]					

Tabelul 2

ε [°]	5	10	30	45	60
E_i [lx]					
E_r [lx]					
ρ [-]					

LUCRAREA NR. 10

STUDIUL EXPERIMENTAL AL ABERAȚIEI DE SFERICITATE

1. Prezentarea lucrării

Aberația sferică (de deschidere sau de apertură) apare la formarea imaginii în fascicule largi și are ca efect variația abscisei imagine funcție de apertură.

Datorită acestei aberații, conul luminos drept cu vârful într-un punct obiect axial A , este transformat de sistemul optic într-o figură având generatoare curbă, numită caustică. Pe un ecran plasat perpendicular pe axa optică, în diverse puncte ale acesteia, în spațiul imagine, se pot vizualiza pete circulare difuze de diverse mărimi și intensități luminoase (fig. 1).

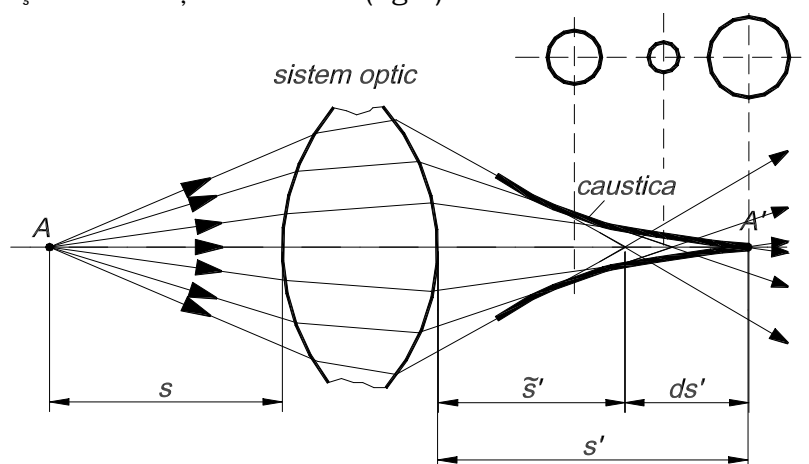


Fig. 1 Manifestarea aberației sferice longitudinale

Manifestarea aberației sferice se datorează faptului că unghiurile de incidență pe suprafețele refractante cresc pe măsura depărtării

razelor de axa optică, iar refracția este cu atât mai accentuată cu cât unghiul de incidență este mai mare. Ca urmare, razele emergente paraxiale se intersectează în punctul imagine cel mai îndepărtat de lentilă, A'. Punctele imagine A' vor fi cu atât mai apropiate de lentilă, cu cât unghiul razei incidente cu axa optică este mai mare (înălțimea de incidență este mai mare).

Analitic, aberația de sfericitate axială sau longitudinală se exprimă prin diferența maximă a absciselor sau a distanțelor focale ce provin de la un fascicul incident:

$$ds' = \tilde{s}' - s' \text{ sau } ds' = \tilde{f}' - f'. \quad (1)$$

În cazul lentilelor convergente, aberația este negativă și lentila se numește subcorectată (fig.2.a).

În cazul lentilelor divergente aberația se consideră pozitivă și lentila se numește supracorectată, curba fiind orientată în sensul propagării razelor (fig.2.b).

Pentru aceeași distanță focală și deschidere, aberația de sfericitate se schimbă în funcție de forma lentilei și de orientarea acesteia față de planele conjugate obiect-imagine.

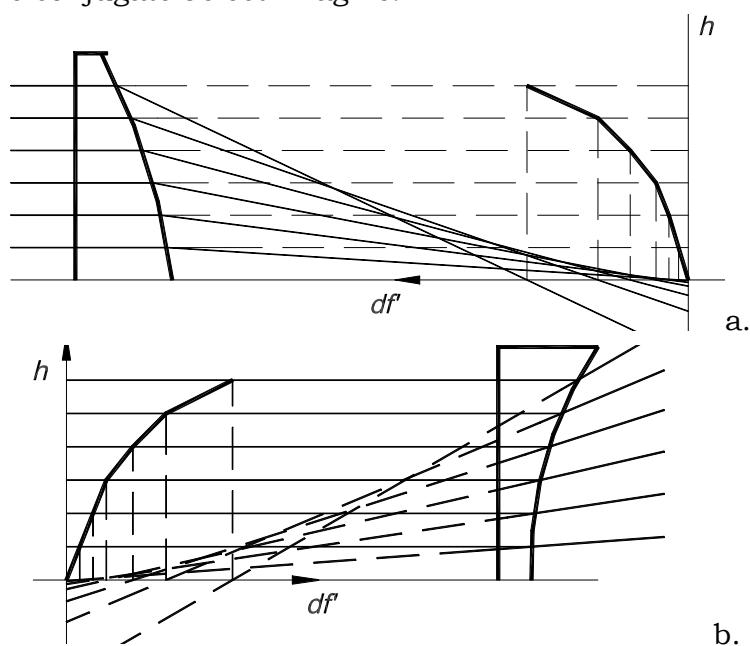


Fig. 2 Aberația sferică a lentilei convergente (a), respectiv divergente (b)

2. Instalația experimentală

Studiul experimental se desfășoară pe un banc optic prevăzut cu suportți culisanți în care se montează dispozitivul de iluminare (format din sursa de lumină și condensor), diafragme de diferite forme și deschideri, lentila de analizat și ecranul gradat de vizualizare și măsurare a absciselor.

3. Desfășurarea lucrării

Se aliniază optic sursa, condensorul și lentila studiată. Între condensor și lentilă se introduce o diafragmă specială, care constă din cinci fante liniare orizontale. Discul Hartle pe care este fixată lentila se rotește astfel încât să se observe parcursul razelor după refracția pe lentilă.

Se apreciază poziția focarului paraxial determinat de fasciculul care trece prin fanta centrală. Se măsoară pe discul Hartle distanța de la focarul paraxial la focarele extraaxiale corespunzătoare înălțimii fantelor intermediare, respectiv marginale. Se notează rezultatele în tabelul 1.

4. Prelucrarea datelor

Tabelul 1

h [mm]	0	$h_1=$	$h_2=$
s'_F			
ds'			

Se trasează grafic curba $ds' (h)$.

LUCRAREA NR. 11

DETERMINARI CALITATIVE SI CANTITATIVE PRIN MICROSCOPIE OPTICĂ

1. Prezentarea lucrării

Microscopul este un instrument de observare a obiectelor de dimensiuni foarte mici sau a detaliilor care nu se pot distinge cu ochiul liber. În figura 1 este prezentată schema optică a microscopului cu tub optic finit. Obiectivul Ob , este întotdeauna convergent și formează o imagine intermediară reală, mărită și răsturnată a obiectelor situate între focarul obiect al obiectivului și planul antiprincipal obiect al acestuia.

Mărirea liniară a obiectivului se încadrează, în general, în gama $\beta_{ob}=(1.6...160)$.

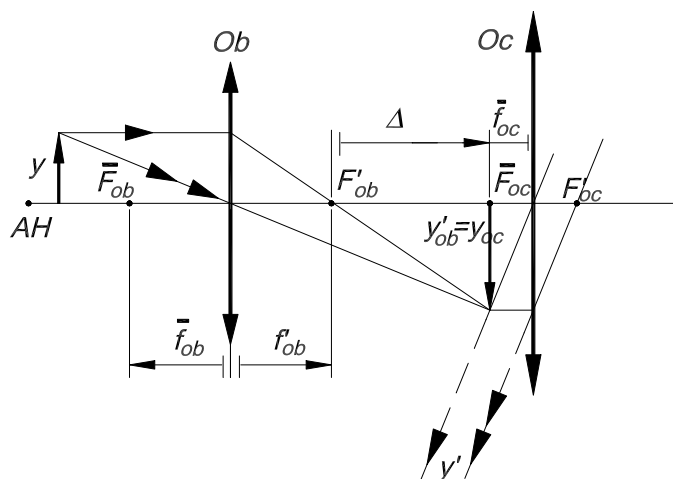


Fig.1 Schema optică a microscopului cu tub optic finit

Ocularul este o componentă convergentă sau divergentă și are

efectul unei lupe. Imaginea intermediară dată de obiectiv, formată într-un plan din vecinătatea planului focal obiect al ocularului, este mărită. Grosismentul ocularului se află, în general, în domeniul $\Gamma_{oc}=(2.5...25)X$.

Imaginea finală furnizată de instrument este virtuală, răsturnată și mărită.

Distanța dintre focarul imagine al obiectivului și focarul obiect al ocularului se numește interval optic (Δ) și este întotdeauna o mărime pozitivă.

Grosismentul microscopului depinde de mărirea liniară a obiectivului și de grosismentul ocularului și are expresia:

$$\Gamma = \beta_{ob} \cdot \Gamma_{oc}. \quad (1)$$

Conform schemei din figura 1, se poate scrie:

$$\beta_{ob} = -\frac{z'}{f'_{ob}} = -\frac{\Delta}{f'_{ob}},$$

iar grosismentul devine: (2)

$$\Gamma = -\frac{\Delta}{f'_{ob}} \cdot \frac{250}{f'_{oc}}. \quad (3)$$

Limitarea fasciculelor de radiație prin instrument este realizată prin intermediul diaframelor de deschidere și de câmp. Diafragma de deschidere, de regulă, este plasată în planul focal imagine al obiectivului (fig.2).

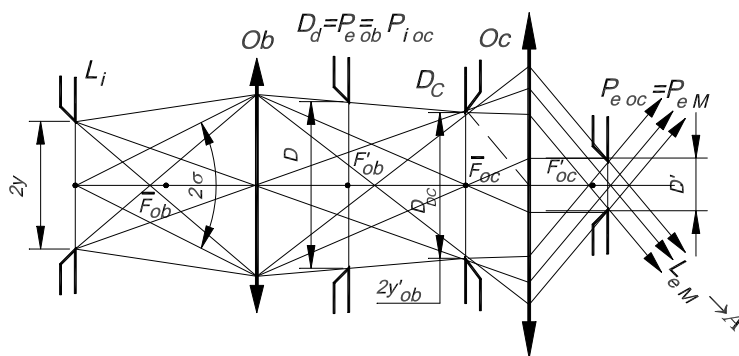


Fig. 2 Limitarea fasciculelor prin tubul microscopului

Ea reprezintă pupila de ieșire a obiectivului, ceea ce înseamnă că

pupila de intrare a acestuia, cât și a sistemului se află la infinit.

Imaginea diafragmei de deschidere, dată de ocular, este pupila de ieșire a aparatului. Aceasta trebuie să se formeze la distanță mică de ocular și să se suprapună cu pupila ochiului.

Diafragma de deschidere limitează unghiul 2σ , sub care intră fasciculul luminos în aparat. La microscop, diafragma de deschidere este caracterizată prin apertura numerică:

$$NA = n \sin \sigma, \quad (4)$$

care, pentru mediul obiect aer, este totdeauna subunitară.

Mărimea câmpului obiect și respectiv imagine sunt determinate de diafragma de câmp, care se plasează în planul imaginii intermediare, în focarul obiect al ocularului. Imaginile diafragmei de câmp, formate de obiectiv, respectiv ocular, constituie lucarna de intrare, respectiv de ieșire a aparatului și se află în planul obiect, respectiv la infinit.

Microscopul poate fi utilizat în scopul unor determinări calitative sau/și cantitative.

Determinarea calitativă înseamnă vizualizarea obiectului, detaliului sau componentei dintr-o structură complexă în scopul evaluării unui set divers de parametri, care funcție de aplicație vizează: prezența sau absența, mărimea, forma, culoarea, textura etc.

Prin atașarea unui reticul, pe care sunt trasate diverse tipuri de scări gradate, microscopul devine un instrument cu ajutorul căruia se pot realiza și determinări cantitative, respectiv măsurări ale dimensiunilor liniare sau unghiulare de interes ale obiectelor observate.

2. Instalația experimentală

Pentru aspectarea și măsurarea unor dimensiuni ale obiectelor vizualizate se utilizează un microscop de măsurare cu sistem de iluminare atașat, prezentat în figura 3.

Caracteristicile microscopului sunt specificate în tabelul 1. Instrumentul are la bază schema optică din figura 1. Grosismentul total (100X) rezultă prin utilizarea unui obiectiv cu mărirea liniară $\beta=10$ și a unui ocular cu grosismentul $\Gamma_{oc}=10X$. Câmpul obiect liniar exprimă mărimea segmentului din obiect, care poate fi vizualizată deodată (fără a deplasa obiectul). Câmpul obiect se poate exprima și unghiular și în acest caz reprezintă unghiul maxim sub care poate fi

preluată imaginea de către obiectiv.



Fig. 3 Microscop de măsurare cu dispozitiv de iluminare atașat

Tabelul 1

Grosiment	100X
Mărimea câmpului obiect liniar	1.45mm
Distanța obiect de lucru	5.7mm
Apertura numerică	0.19
Gama de măsurare	(- 0.6-0...0.6)mm
Valoarea diviziunii scalei gradate reticulare	0.01mm

Distanța obiect de lucru reprezintă distanța dintre prima lentilă a obiectivului și suprafața probei investigate.

Apertura numerică (NA), conform relației (4), pentru microscopul care lucrează în aer este numeric egală cu sinusul semiunghiului sub care se vede obiectivul din centrul câmpului obiect (fig. 2). Apertura numerică este o mărime foarte importantă în microscopie, datorită faptului că influențează rezoluția instrumentului și cantitatea de lumină captată de obiectiv. Ca regulă generală, obiectivele cu focală scurtă asigură aperturi numerice mari, dar câmpuri obiect mici și iluminări relativ reduse.

Microscopul are un dispozitiv de iluminat tip mini-lanternă, care trimite un fascicul luminos pe suprafața câmpului obiect. În acest caz, instrumentul lucrează în lumină reflectată, iar probele care pot fi vizualizate trebuie să fie opace. Pentru obiectele transparente,

sistemele de iluminare sunt diferite principial și constructiv.

3. Desfășurarea lucrării

Se urmărește măsurarea grosimii medii a fibrelor unei țesături textile.

Se așază proba în câmpul obiect al microscopului prevăzut cu un corp de bază din policarbonat, dimensionat astfel încât să fie asigurată distanța obiect de lucru corectă și să delimiteze suprafața utilă a câmpului obiect.

Se pune în funcțiune dispozitivul de iluminare al instrumentului.

Cu ajutorul rozetei atașate tubului microscopului se pune la punct imaginea. Operația este corectă dacă prin ocular se vede clar textura țesăturii.

Prin rotirea inelului dioptric atașat ocularului se pune la punct imaginea reticulului gradat, plasat în focarul obiect al subansamblului ocular. Reglarea poziției ocularului are rolul de a compensa defectele de vedere ale observatorului.

Prin rotirea fină a microscopului se aduce linia reticulului perpendicular pe direcția fibrelor măsurate. Se notează indicația scalei pentru marginile stânga și dreapta a 10 fibre.

4. Prelucrarea datelor

Datele citite se înscriu în tabelul 2.

Tabelul 2

Nr. crt. citire	Indicație scală stânga [mm]	Indicație scală dreapta [mm]	Grosime fibră [mm]	Grosime medie fibre [mm]
1				
.				
.				
10				

Grosimea fibrei rezultă prin diferența citirilor la dreapta, respectiv stânga acesteia.

LUCRAREA NR. 12

DETERMINAREA REZOLUȚIEI SISTEMELOR OPTICE PRIN CALCULUL FUNCȚIEI OPTICE DE TRANSFER DE MODULAȚIE

1. Prezentarea lucrării

Rezoluția (sau puterea de separare) reprezintă capacitatea sistemelor optice de a rezolva detalii ale obiectului vizat. Rezoluția se poate exprima numeric prin distanța minimă dintre două puncte ale obiectului, care prin sistemul optic analizat, se mai pot distinge separat.

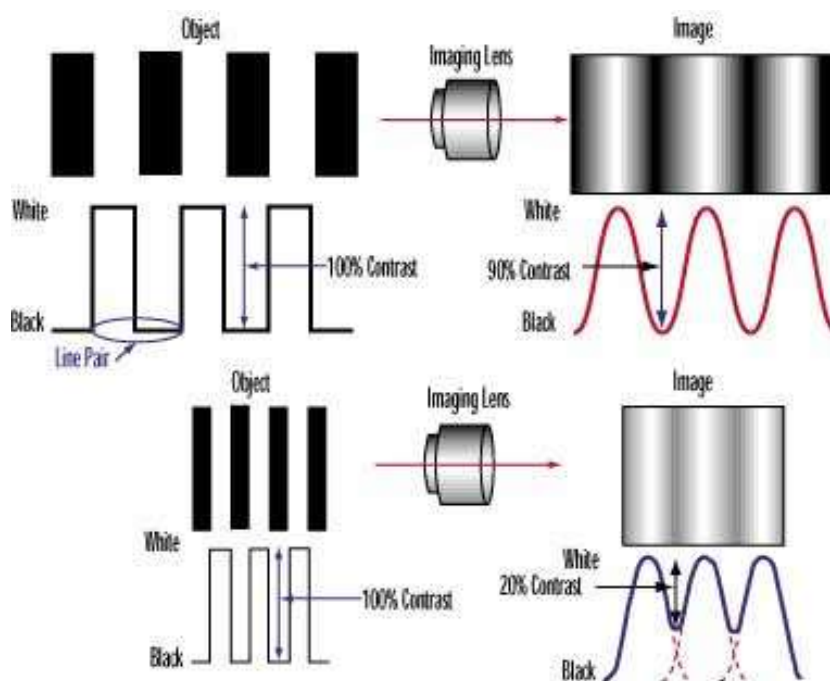


Fig. 1 Principiul calculului MTF sau măsurării rezoluției

Rezoluția se poate determina prin calcul, pe baza opticii Fourier, care definește o serie de parametri, printre care cel mai important este funcția optică de transfer de modulație (MTF).

MTF a unui sistem optic măsoară capacitatea de transfer a contrastului la un anumit nivel de rezoluție, de la obiect la imagine (fig.1). MTF caracterizează concomitent atât contrastul, cât și rezoluția sistemului. Obiectul standard este perechea de linii cu contrast 100% (alb – negru). Contrastul imaginii se exprimă ca procent din contrastul obiectului (100% corespunde stării „alb pe negru”, iar 0% stării „gri pe gri”). Rezoluția se măsoară în distanța dintre două perechi de linii consecutive care mai pot fi separate sau prin inversul acestei distanțe exprimate în perechi de linii pe milimetru (lp/mm) sau în cicluri pe milimetru (c/mm).

Nici un sistem optic nu este capabil de a transfera integral contrastul obiectului, chiar dacă din punct de vedere geometric este ideal (lipsit de aberații geometrice și cromatice). Se manifestă inevitabil efectele difracției, determinate de deschiderea finită a aperturilor. Difracția, care denumește generic fenomenele care au loc atunci când lumina întâlnește orice tip de obstacol, se manifestă pe muchiile diaframelor și monturilor lentilelor și are influență semnificativă asupra caracteristicilor punctului imagine. Acesta este, de fapt o pată de difracție, cu dimensiuni finite și o distribuție energetică neuniformă.

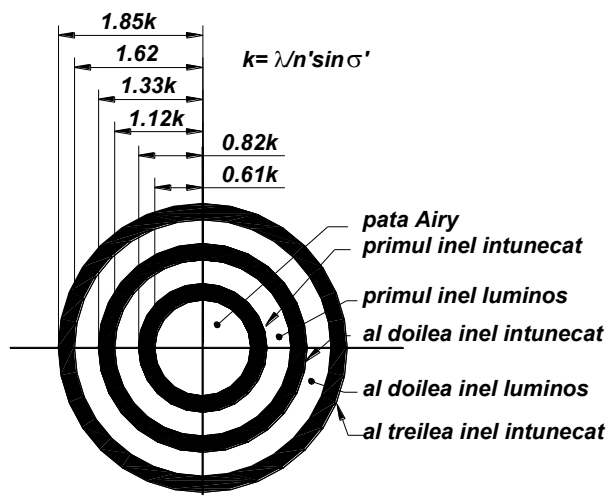


Fig. 2 Distribuția iluminării în figura de difracție obținută printr-un sistem optic ideal (λ - lungimea de undă a radiației, σ' - semiunghiul de câmp imagine, n' - indicele de refracție în mediul imagine)

Figura de difracție – imagine a unui punct conține o pată luminoasă centrală numită cercul Airy, înconjurat de inele concentrice alternante întunecate și luminoase (fig.2).

În tabelul 1 sunt prezentate caracteristicile numerice privind dimensiunile (r) și iluminarea relativă a cercului Airy și a inelelor înconjurătoare.

Tabelul 1

Nr. de ordine al inelului	r	Iluminare relativă	Energia luminoasă a inelului
maxim central	0	1.000	83.9%
primul inel întunecat	$0.61\lambda/n'\sin\sigma'$	0.0	
primul inel luminos	$0.82\lambda/n'\sin\sigma'$	0.017	7.1%
al doilea inel întunecat	$1.12\lambda/n'\sin\sigma'$	0.0	
al doilea inel luminos	$1.33\lambda/n'\sin\sigma'$	0.0041	2.8%
al treilea inel întunecat	$1.62\lambda/n'\sin\sigma'$	0.0	
al treilea inel luminos	$1.85\lambda/n'\sin\sigma'$	0.0016	1.5%
al patrulea inel întunecat	$2.12\lambda/n'\sin\sigma'$	0.0	
al patrulea inel luminos	$2.36\lambda/n'\sin\sigma'$	0.00078	1.0%

Practic, MTF se reprezintă grafic, sub forma unei curbe trasate într-un sistem de coordonate având pe abscisă rezoluția în pl/mm, iar pe ordonată iluminarea relativă (mărime normalizată la unitate, adimensională). În figurile 3 și 4 sunt prezentate, ca exemplu, foaia de date și MTF pentru un obiectiv acromat de lunetă.

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS	SPECIAL
OBJ	0.000000	2.4000e+20	8.3809e+18	AIR	
AST	113.930000	6.000000	12.000000	LAK23	AS
2	-137.500000	2.000000	11.871439	LASF36A	S
3	981.310000	0.000000	11.844239	AIR	S
IMS	0.000000	233.656142	8.386485		S

Fig. 3 Foaia de date a obiectivului acromat

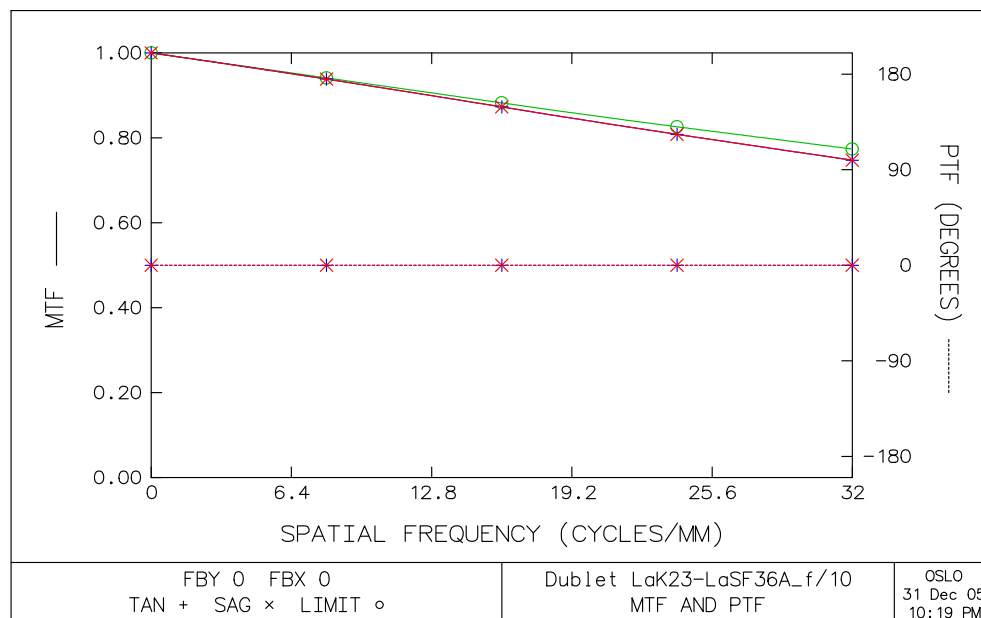


Fig. 4 MTF a obiectivului acromat

În figura 4, cu linie verde este trasată curba MTF ideală, iar cu linie roșie cea reală. Se observă că sistemul este foarte bun din punct de vedere al rezoluției și contrastului.

Se observă, de asemenea, că pe abscisă limita rezoluției de analiză este 32 pl/mm. Aceasta corespunde rezoluției ochiului uman. Luneta fiind un instrument vizual, al cărui receptor final de imagine este ochiul nu necesită rezoluție mai ridicată.

Tabelul 2

Sistem	Rezoluție	
	Distanța între două puncte rezolvate [μm]	Frecvență spațială [perechi de linii/mm]
Fax	125	4
Ochiul uman	16 (pe retină)	≈ 31
Obiectiv f/8	2.5	200
Sistem asociat scannerului	1	500
Sistem asociat microlitografiei	0.5	1000

În proiectarea sistemelor optice se are în vedere întotdeauna natura

receptorului de imagine (în cazul sistemelor imaging) sau a semnalului luminos (în cazul sistemelor non – imaging). Realizarea unor sisteme optice cu rezoluții superioare celei a receptorului este inutilă, având în vedere complicarea tot mai accentuată a algoritmilor de calcul odată cu creșterea rezoluției. În tabelul 2 sunt prezentate orientativ rezoluțiile necesare unor sisteme optice asociate unor aplicații uzuale.

2. Instalația experimentală

Se utilizează componente cu date cunoscute sau piese de catalog pentru care se pot identifica valorile caracteristicilor geometrice și a proprietăților optice.

Datele se prelucrează cu softul OSLO LT existent pe rețeaua de calculatoare a laboratorului.

3. Desfășurarea lucrării

Subansamblul analizat este un sistem simetric a cărei schemă optică este redată în figura 5.

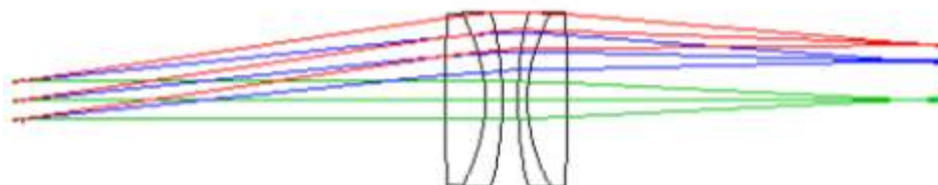


Fig. 5 Schema optică a sistemului analizat

Se cunosc următoarele date de intrare:

$r_1 = 275.8$; $r_2 = -26.98$; $r_3 = -59.17$; $r_4 = 59.17$; $r_5 = 26.98$; $r_6 = -275.8$;
 $d_1 = 6.3$; $d_2 = 2.7$; $d_3 = 2.5$; $d_4 = 1.5$; $d_5 = 6.3$; distanța obiect $s = -\infty$,
 poziția diafragmei de deschidere $s_D = 67$; deschiderea diafragmei de
 intrare $D = 6$; semiunghiul de câmp obiect $\omega = 8.5^\circ$. Razele,
 grosimile la centru a lentilelor, deschiderea diafragmei și distanțele
 pe axa optică sunt exprimate în milimetri. Mediile optice din sistem
 sunt aer, K3, F2, aer, F2, K3, aer.

În figura 6 este prezentată foaia de date a sistemului după introducerea datelor numerice indicate mai sus.

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS	SPECIAL
OBJ	0.000000	1.0000e+30	1.4945e+29	AIR	
AST	0.000000	67.000000	3.000000	AIR	AS
2	275.800000	6.300000	13.013217	K3	S C
3	-26.980000	2.700000	13.530785	F2	S C
4	-59.170000	2.500000	13.824936	AIR	S
5	59.170000	1.500000	13.902735	F2	S C
6	26.980000	6.300000	13.796045	K3	S C
7	-275.800000	0.000000	13.537216	AIR	S
IMS	0.000000	53.021818	8.871282		S

Fig. 6 Foaia de date completată cu datele sistemului analizat

4. Prelucrarea datelor

Se apelează facilitățile oferite de programul OSLO LT (v. Partea II, §1.5) pentru determinarea MTF și interpretarea acesteia.

LUCRAREA NR. 13

MĂSURAREA EXPERIMENTALĂ A REZOLUȚIEI OBIECTIVELOR DE MICROSCOP

1. Prezentarea lucrării

Rezoluția este una dintre principalele caracteristici ale microscopelor, având în vedere că are o legătură directă cu grosismentul și apertura numerică.

Teoretic, conform principiului lui Rayleigh, două puncte pot fi distinse separat, dacă centrul cercului Airy al primului punct se suprapune peste primul minim al petei de difracție al celui de-al doilea punct. Geometric, acest principiu impune distanța minimă între centrele petelor de difracție ale punctelor la valoarea:

$$R = \frac{\lambda}{2NA}, \quad (1)$$

unde NA este apertura numerică a obiectivului, λ - lungimea de undă a luminii monocromatice.

Pentru o apertura numerică maximă în aer, egală cu unitatea și o valoare a lungimii de undă la mijlocul spectrului vizibil $\lambda=550$ nm, rezultă o valoare $y_{\min}= 300$ nm. În practică, cea mai înaltă rezoluție obținută prin microscopie optică se află în jurul valorii de 200 nm, cu lumină albastră, de lungime de undă mică.

Figura 1 ilustrează dependența rezoluției de apertură și principiul lui Rayleigh. Ilustrațiile din figura 1 (a), (b) și (c) prezintă pata de difracție imagine a punctului, în reprezentare plană, respectiv distribuția energetică în această pată, în reprezentare 3D, pentru trei aperturi numerice, scăzătoare de la (a) spre (c). Se observă faptul că mărimea discului Airy și intensitatea luminoasă a petei sunt direct proporționale cu apertura.

Imaginea (d) din figura 1 ilustrează definiția limitei de rezoluție conform principiului lui Rayleigh. Cele două puncte ale căror

cercuri Airy sunt tangente, pot fi percepute ca separate. Ultima imagine (e), caracterizează imaginea a două puncte care nu mai pot fi rezolvate, întrucât cercurile lor Airy se suprapun parțial.

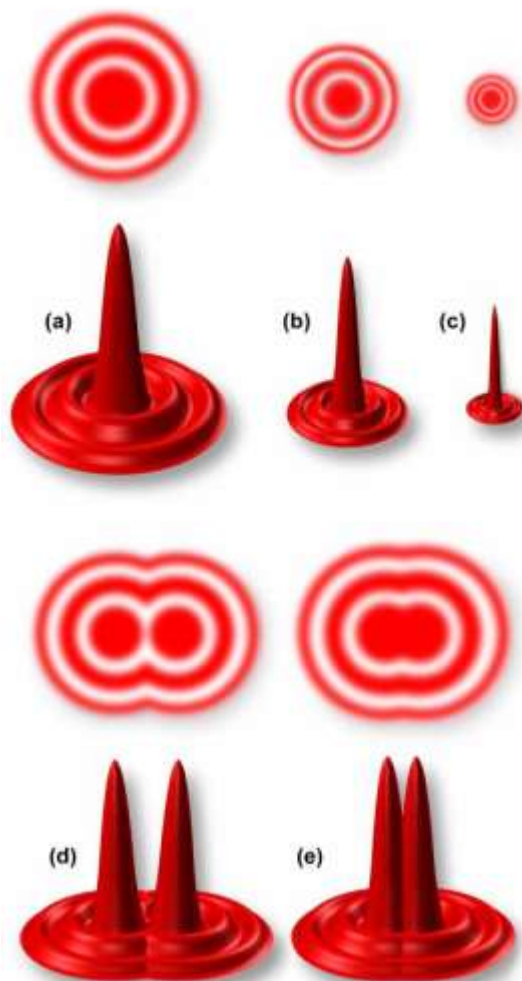


Fig. 1 Dependența mărimii și intensității luminoase în pata de difracție imagine a punctului (a – c) și ilustrarea principiului Rayleigh (d – e)

Pentru determinarea experimentală a rezoluției microscopelor, camerelor foto și a altor sisteme de formare a imaginii, se utilizează mire – test, aspectate de către observatorul uman prin instrumentul analizat.

Cea mai cunoscută miră – test este mira USAF (numită după locul

unde a fost proiectată și utilizată pentru prima dată în 1951 – United States Air Force).

Mira conține un model repetitiv de grupuri de bare, având dimensiuni variabile. Modelul este bazat pe elemente și grupuri (fig. 2).

1951 USAF Resolution Target

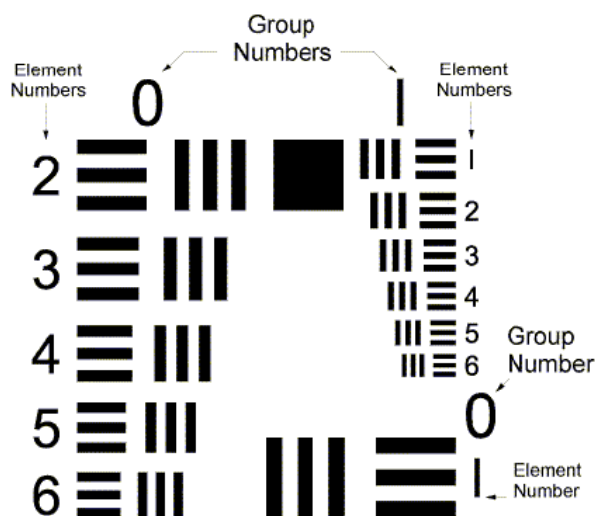


Fig. 2 Organizarea modelului mirei USAF pe elemente și grupuri

Fiecare element conține trei bare verticale și trei bare orizontale de aceeași mărime. Spațiul dintre bare este egal cu lățimea acestora. Pe toate mirele, elementele sunt numerotate de la 1 la 6 și au dimensiuni descrescătoare, respectiv frecvență spațială descrescătoare, în raportul $1/\sqrt[6]{2}$. O serie de elemente 1...6 formează un grup etichetat printr-un număr crescător în același sens cu frecvența spațială. Cele mai complexe mire conțin grupuri notate cu -2...9. Uzual, gama grupurilor este -2...0. Întotdeauna aranjamentul grupurilor este în formă de spirală, generată de la dreapta la stânga și spre interior.

Rezoluția aferentă unui element se calculează cu expresia:

$$R[\text{pl/mm}] = 2^{\left[\text{nr.grup} + \frac{\text{nr.element}-1}{6} \right]} \quad (2)$$

Limita de rezoluție a sistemului analizat corespunde elementului

pentru care barele luminoase și întunecate se mai pot distinge. Pentru elementul următor elementul este perceput ca o arie de culoare gri. În figura 3 este redată, spre exemplificare, imaginea unei mire liniare, cu spațiere descrescătoare a perechilor de linii, formată de sisteme cu rezoluții tot mai scăzute.

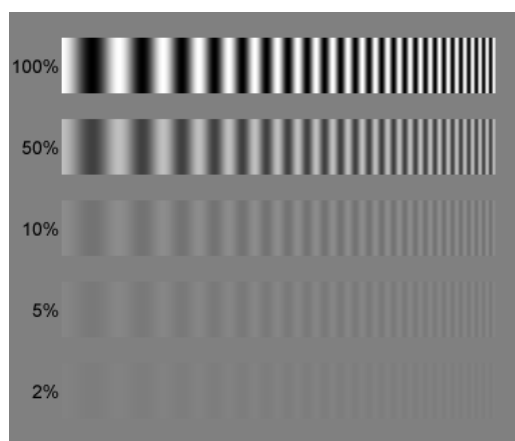


Fig. 3 Imaginea unei mire test prin sisteme optice cu rezoluție tot mai slabă. În stânga imaginilor este indicat contrastul (echivalent cu MTF)

În tabelul 1 sunt indicate rezoluțiile aferente elementelor pentru cea mai complexă miră USAF, cu grupuri de la -2 la 9.

Tabelul 1

Rezoluția mirei USAF 1951 [pl/mm]												
Număr grup												
Element	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.250	0.500	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	32.0	64.0	128	256	512
2	0.280	0.561	1.12	2.24	4.49	8.98	17.95	36.0	71.8	144	287	575
3	0.315	0.630	1.26	2.52	5.04	10.10	20.16	40.3	80.6	161	323	645
4	0.353	0.707	1.41	2.83	5.66	11.30	22.62	45.3	90.5	181	362	
5	0.397	0.793	1.59	3.17	6.35	12.70	25.39	50.8	102	203	406	
6	0.445	0.891	1.78	3.56	7.13	14.30	28.50	57.0	114	228	456	

În tabelul 2 sunt înscrise valorile rezoluției aferente mirei standard (fig. 4) cu grupuri -2...1, în diverse moduri de exprimare, preferate funcție de aplicație.

Tabelul 2

Nr.grup	Nr.element	Frecvență spațială [pl/mm]	Lățimea barei [μm]	DPI PPI [pixeli/inch]	LPPI [pl/inch]	DPC [dots/cm]
-2	1	0.250	2000	12.70	6.35	5.00
	2	0.281	1782	14.26	7.13	5.61
	3	0.315	1587	16.00	8.00	6.30
	4	0.354	1414	17.96	8.98	7.07
	5	0.397	1260	20.16	10.08	7.94
	6	0.445	1122	22.63	11.31	8.91
-1	1	0.500	1000	25.40	12.70	10.00
	2	0.561	890.90	28.51	14.26	11.22
	3	0.630	793.70	32.00	16.00	12.60
	4	0.707	707.11	35.92	17.96	14.14
	5	0.794	629.96	40.32	20.16	15.87
	6	0.891	561.23	45.26	22.63	17.82
0	1	1.000	500.00	50.80	25.40	20.00
	2	1.122	445.45	57.02	28.51	22.45
	3	1.260	396.85	64.00	32.00	25.20
	4	1.414	353.55	71.84	35.92	28.28
	5	1.587	314.98	80.64	40.32	31.75
	6	1.782	280.62	90.52	45.26	35.64
1	1	2.000	250.00	101.60	50.80	40.00
	2	2.245	222.72	114.04	57.02	44.90
	3	2.520	198.43	128.01	64.00	50.40
	4	2.828	176.78	143.68	71.84	56.57
	5	3.175	157.49	161.28	80.64	63.50
	6	3.564	140.31	181.03	90.52	71.27
2	1	4.000	125.00	203.20	101.60	80.00
	2	4.490	111.36	228.08	114.04	89.90
	3	5.040	99.21	256.02	128.01	100.79
	4	5.660	88.39	287.37	143.68	113.14
	5	6.350	78.75	322.56	161.28	126.99
	6	7.130	70.15	362.06	181.03	142.54

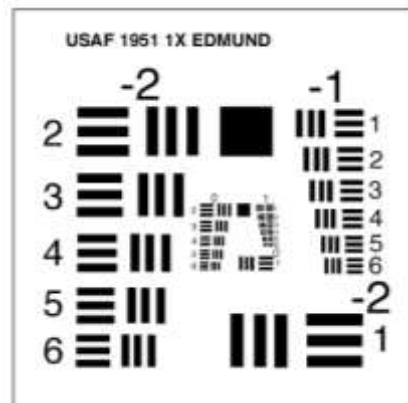


Fig. 4 Mira USAF 1951 standard (nr. grup -2...1)

S-au dezvoltat variante derivate ale mirei USAF (seria T20, T21...), care elimină necesitatea consultării unui tabel de citire a rezoluției elementului, prin înscrisiunea directă, în dreptul acestuia a frecvenței spațiale corespunzătoare (fig. 5).

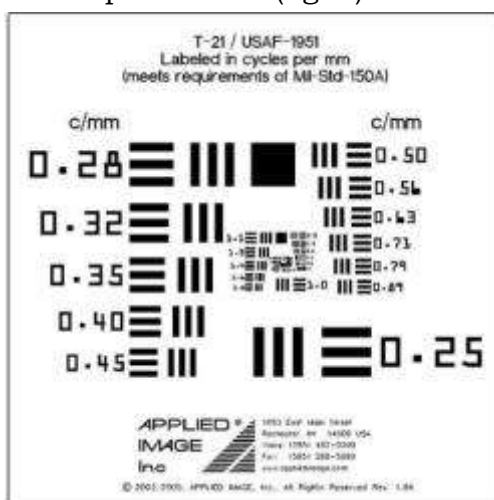


Fig. 5 Mira test T21

2. Instalația experimentală

Se utilizează un microscop stereoscopic zoom Zeiss Stemi 2000 (fig. 6) și o miră USAF standard.



Fig. 6 Microscopul stereoscopic Zeiss Stemi 2000

Microscopul este binocular (ocularele având grosismentul 25X) și conține un obiectiv zoom. La distanța obiect de 92 mm, asigură un câmp obiect de (15.4...2.0) mm, funcție de grosismentul total, care poate fi variat în gama (16.3...125)X.

Aparatul, pe lângă vizualizarea directă prin sistemul binocular cu redresare a imaginii, este dotat cu elementele de legătură necesare atașării unei camere CCD, pentru preluarea și stocarea digitală a imaginii.



Fig. 7 Camera CCD (vedere generală și panou de legături la sursa de alimentare și placa video)

Camera CCD color lucrează cu o arie de preluare a semnalelor luminoase de $(6.4 \times 4.8) \text{ mm}$. Pe această suprafață sunt activi 768×582 (HxV) pixeli, având mărimea $(8.4 \times 9.8) \mu\text{m}$ (HxV).

3. Desfășurarea lucrării

Se determină rezoluția microscopului cu ajutorul unei mire USAF standard negative.

Mira test se așază în câmpul obiect al microscopului prin manipulare atentă, fără atingerea suprafețelor superioară sau inferioară. Se reglează poziția tuburilor oculare funcție de distanța pupilară a observatorului, astfel încât acesta să perceapă o imagine stereoscopică.

Se ajustează poziția pe verticală a obiectivului zoom pentru punerea la punct a imaginii. Se apreciază elementul de pe mira test la care mai poate fi perceput contrastul barelor alternante luminoase și întunecate. Se notează numărul grupului și elementului pentru calculul rezoluției cu relația (2).

Se conectează camera CCD la o sursă de alimentare și la calculatorul atribuit standului. Cu ajutorul softului de captare a imaginii se vizualizează diverse arii ale mirei până la găsirea elementului care stabilește rezoluția maximă.

Se compară rezultatele evaluărilor pe cale directă și prin preluare de imagine.

LUCRAREA NR. 14

MĂSURAREA COORDONATELOR DE CULOARE ALE PROBELOR LICHIDE

1. Prezentarea lucrării

Colorimetria se ocupă cu măsurarea cantitativă a senzației de culoare.

Culoarea este un concept abstract, care nu are corespondent cu relație biunivocă în lumea fizică. Culoarea este rezultatul percepției vizuale, este o senzație cu un puternic caracter subiectiv, cu determinare complexă în raport cu observatorul uman. Determinarea cumulează mai multe componente (anatomic, fiziologic, psihologic, sex, vârstă, profesie, mediu social, context geopolitic și istoric etc.), care produc pentru observatori diferiți, senzații de culoare diferite și dificil de definit.

Colorimetria este un domeniu interdisciplinar, în care s-au implicat de-a lungul istoriei, fizicieni, psihologi, medici și artiști plastici.

Parametrizarea fenomenului cromatic s-a dovedit a fi un demers dificil, nefinalizat nici în prezent. Acesta este motivul pentru care coexistă o serie largă de sisteme de coordonate de culoare și sisteme de culoare, pentru care diverși utilizatori manifestă preferințe, funcție de măsura în care sistemul este convenabil unei activități specifice.

Senzația de culoare este rezultatul capacității de percepție a ochiului uman a radiației electromagnetice, într-un domeniu foarte restrâns (380...780 nm) al spectrului electromagnetic, domeniu numit vizibil (fig.1).

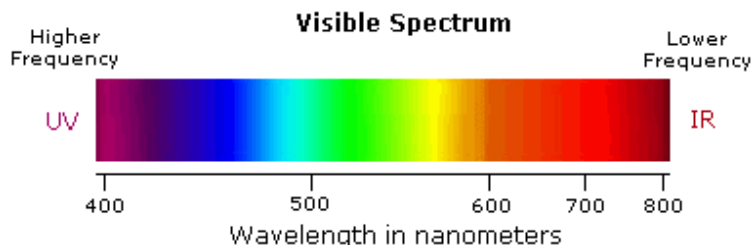


Fig. 1 Plasarea domeniului vizibil în spectrul electromagnetic și cele șase domenii de culoare (violet, albastru, verde, galben, orange și roșu)

Ochiul percepe șase mari domenii de culoare: violet, albastru, verde, galben, orange și roșu (fig. 2). Funcție de componentele determinate enumerate mai sus, fiecare individ distinge un număr diferit de nuanțe ale fiecărui domeniu de culoare.

culoarea	violet	albastru	verde	galben	orange	roșu
λ [nm]	380-440	440-495	495-580	580-600	600-640	640-780

Fig. 2 Domeniile de culoare și limitele acestora
(lungimi de undă măsurate în nm)

Se poate observa că albul și negrul nu se regăsesc pe nicio scară cromatică. Albul și negrul nu sunt culori, ci aparțin domeniului acromatic. În lumină transmisă, albul reprezintă amestecul tuturor lungimilor de undă din domeniul vizibil, iar negrul este perceput în absența oricărei radiații.

În lumină reflectată albul caracterizează suprafețe cu absorbantă nulă, care reflectă integral lumina albă, compusă, pe când negrul apare ca senzație atunci când ochiul vizează o suprafață total absorbantă, cu reflectanță nulă.

Dificultățile de definire a culorilor provin din următoarele cauze:

- există teoretic o infinitate de culori, pentru care nu s-a putut concepe un sistem coerent de identificare, valabil pentru toți observatorii
- practic, numărul culorilor pe care le poate distinge un individ este limitat de pragul de sensibilitate spectrală, care în medie este de 6 nm, dar prezintă variații mari de la subiect la subiect și este variabil spectral

□ numele pe care o culoare le sugerează diverșilor observatori pot fi foarte diferite

□ o culoare dată poate fi obținută teoretic dintr-o infinitate de combinații de culori (culorile identice obținute prin amestecuri diferite sunt numite metamerice).

S-a convenit definirea unor culori de bază, numite primare, cu ajutorul cărora să se poată obține orice altă culoare, prin variația cantitativă a culorilor primare.

Motivul pentru care există două seturi de culori primare rezidă în faptul că amestecul culorilor poate fi aditiv sau substractiv și, de asemenea, se poate realiza în lumină transmisă sau reflectată.

Cele două seturi de culori primare utilizate practic sunt:

□ RGB (roșu (R), $\lambda=700\text{nm}$, verde (G), $\lambda=546\text{nm}$, albastru (B), $\lambda=435\text{nm}$), atât pentru amestecuri aditive, cât și substructive

□ MYC (magenta (M), $\lambda=604\text{nm}$, galben (Y), $\lambda=580\text{nm}$, cyan (C), $\lambda=450\text{nm}$), pentru amestecuri aditive

□ MYC (magenta (M), $\lambda=608\text{nm}$, galben (Y), $\lambda=576\text{nm}$, cyan (C), $\lambda=472\text{nm}$), pentru amestecuri substructive.

Prin amestecul aditiv a câte două culori RGB rezultă cu oarecare aproximație o culoare MYC. În tabelul 1 sunt sintetizate toate tipurile de amestecuri de culori primare și rezultatele lor.

Tabelul 1

AMESTECURI CROMATICE			
LUMINA TRANSMISĂ		LUMINA REFLECTATĂ	
ADITIVE (fig.3)	SUBSTRUCTIVE (fig. 4)	ADITIVE (fig. 5)	SUBSTRUCTIVE
Culoarea se obține prin amestecul a trei culori primare: RGB	Culoarea se obține prin scăderea selectivă și gradată a componentelor primare R, G, B din culoarea albă a spectrului continuu.	Culoarea rezultă prin amestecul culorilor primare: MYC	Culoarea rezultă prin amestecul culorilor primare: R ($\lambda=608\text{nm}$), Y ($\lambda=576\text{nm}$), B ($\lambda=472\text{nm}$)
Amestecul a câte două culori primare dă culorile secundare: magenta (M=R+B), $\lambda=610\text{nm}$, galben	Culorile primare devin M, Y, C, iar cele secundare R=Y+M, G=Y+C, B=C+M.	Culorile secundare care se obțin prin combinarea a câte două culori primare sunt: vermillion (C+Y), orange (M+Y), violet (C+M)	Culorile secundare sunt: verde (B+Y=G), $\lambda=561\text{nm}$, violet (B+R=V), $\lambda=410\text{nm}$, orange (R+Y=O),

($Y=R+G$), $\lambda=520\text{nm}$, cyan ($C=G+B$), $\lambda=450\text{nm}$.			$\lambda=590\text{nm}$
Amestecul celor trei culori primare este acromatic ($R+G+B=\text{alb}$)	Absența celor trei culori primare este echivalentă cu percepția negrului (simbolizat K)	Amestecul celor trei culori primare furnizează griul neutru. Pentru obținerea negrului sistemul se completează cu negrul, care aparține domeniului acromatic. Rezultă sistemul derivat MYCK	Amestecul culorilor primare este griul neutru.
se aplică în televiziune și la toate tipurile de monitoare color	se aplică în teatru	se aplică în tipografie, pictură, design	se aplică în pictură, arhitectură

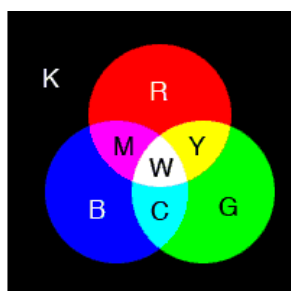


Fig. 3 Amestecul aditiv RGB în lumina transmisă

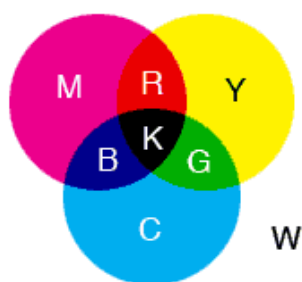


Fig. 4 Amestecul substractiv MYCK în lumina transmisă



Fig. 5 Amestecul aditiv MYC în lumină reflectată

În prezent există o multitudine de sisteme de coordonate de culoare, dintre care patru sisteme de definire matematică a culorii sunt mai des utilizate.

În tabelul 2 sunt prezentate sintetic expresiile caracteristicilor de culoare în sistemul monocromatic, sistemul tricromatic RGB, sistemul tricromatic XYZ-CIE și sistemul LAB-CIE (HunterLAB).

Tabelul 2

SISTEM DE MĂSURARE	MĂRIME	EXPRESIE A COORDONATELOR
Monocromatic (HSL)	-lungime de undă dominantă (ton cromatic) -luminanță -saturație	λ_d $L = L_d + L_w$ (L_d – luminanță în lungimea de undă dominantă, L_w – luminanță în lumină albă) $p = \frac{L_d}{L} = 1 - \frac{L_w}{L}$
Tricromatic RGB	-componente tricromatice -coeficienți tricromatici	$R = L_R, G = \frac{L_G}{4.591}, B = \frac{L_B}{0.0601}$ $r = \frac{R}{R + G + B}, g = \frac{G}{R + G + B},$ $b = \frac{B}{R + G + B}$
Tricromatic XYZ-CIE Tricromatic xyz-CIE	-coeficienți tricromatici totali -coeficienți tricromatici în	$X = 2.7689R + 1.7519G + 1.1302B$ $Y = R + 4.5909G + 0.0601B$ $Z = 0.0565G + 5.5944B$

	planul unitate	$\frac{x}{X} = \frac{y}{Y} = \frac{z}{Z} = \frac{1}{X+Y+Z}$
Tricromatic LAB-CIE	-luminozitate -grad de verde sau roșu (funcție de semn) -grad de galben sau albastru (funcție de semn)	$L = 10\sqrt{Y}$ $a = \frac{\frac{X}{\sqrt{Y}} - Y}{0.98041}$ $b = \frac{Y - \frac{Z}{1.1803}}{\sqrt{Y}}$

Sistemul de coordonate tricromatic XYZ-CIE face obiectul unui standard internațional, stabilit de Comisia Internațională pentru Iluminare (Commission International de l'Eclairage) în 1931 (cu completări în 1964 și 1976). Pe baza unor convenții privind luminanța culorilor primare a fost elaborată o diagramă CIE de referință (fig. 6), pe suprafața căreia se găsesc toate culorile reale, definite într-un sistem de referință plan (x,y).

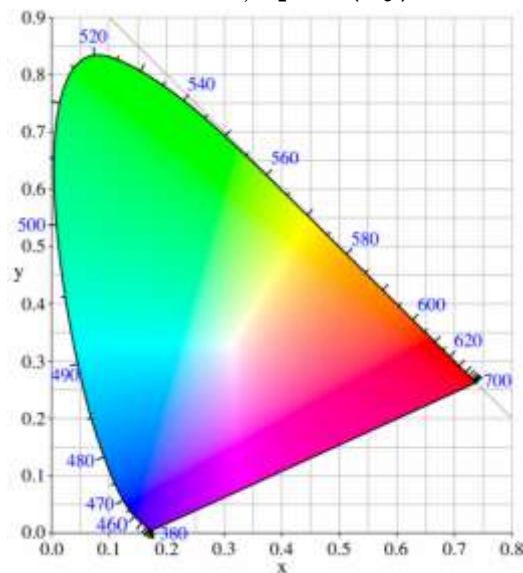


Fig. 6. Diagrama CIE (x,y). Coeficienții tricromatici x, y din planul unitar sunt totdeauna pozitivi și prin însumare dau un rezultat subunitar, cel mult egal cu 1

Transformările de coordonate dintr-un sistem în altul sunt greoaie și neintuitive datorită numărului relativ ridicat de convenții adoptate de fiecare sistem.

Scările de culoare cu 256 de niveluri discrete sunt legate de evoluția echipamentelor de calcul automat. Un spațiu de culoare bazat pe un model RGB pe 24 biți asigură $256^3 \sim 16.7$ milioane culori, o performanță care depășește cu câteva ordine de mărime posibilitățile reale ale ochiului în distingerea nuanțelor.

În tabelul 3 sunt prezentate domeniile de variație ale coordonatelor de culoare în diverse sisteme de măsurare a acesteia.

Tabelul 3

Sistemul de coordonate	Coordonate	Domeniu de variație
HSL (sistemul monocromatic)	H (hue = nuanța) S (saturation = saturația) L (luminosity = luminozitate)	(0...255) (0...100) (0...100)
RGB	R (red = roșu) G (green = verde) B (blue = albastru)	(0...255) (0...255) (0...255)
CMYK	C (cyan = albastru cian) M (magenta = roșu magenta) Y (yellow = galben) K (black = negru)	(0...100) (0...100) (0...100) (0...255)
CMY	C M Y	(0...255) (0...255) (0...255)
Lab	L (luminozitate)	(-100...+100)
	a (grad de roșu pentru a>0, grad de verde pentru a<0)	(-100...+100)
	b (grad de albastru pentru b>0, grad de galben pentru b<0)	(-100...+100)

2. Instalația experimentală

Pentru măsurarea coordonatelor de culoare se utilizează un stand spectrofotometric (fig. 7), format din următoarele subansambluri:

- sursa de radiație cu spectru larg (UV-VIS-NIR) – fig. 8.a
- suport cuvetă – fig. 8.b

- ❑ spectrometru cu camera CCD – fig. 8.c
- ❑ sistem de calcul, având instalat softul B&Wtek de achiziție a datelor transmise de spectrometrul CCD
- ❑ fibre optice de legare optică a sistemului sursă – cuvetă cu probă – spectrometru CCD

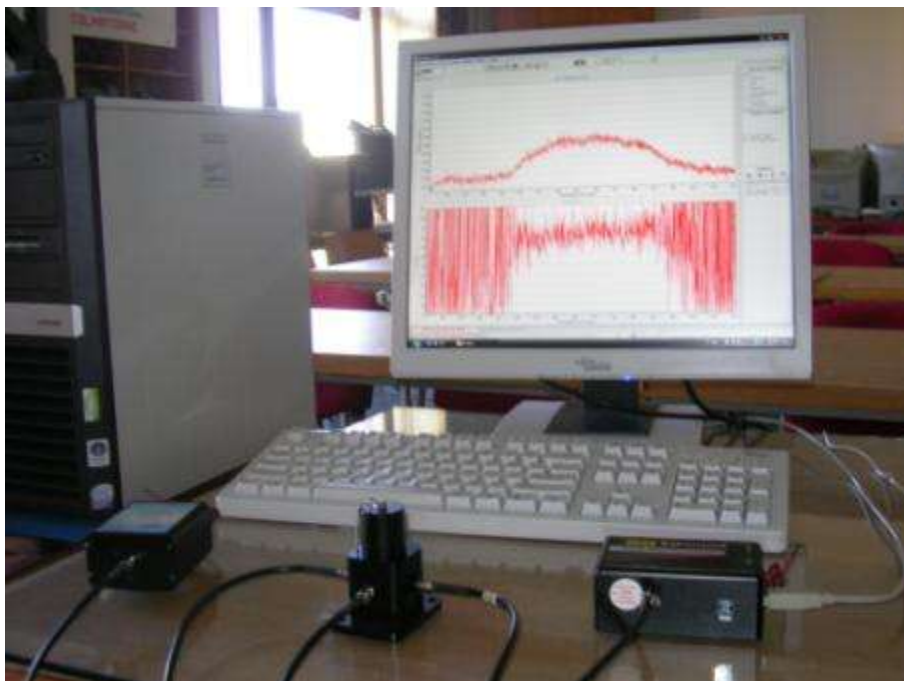
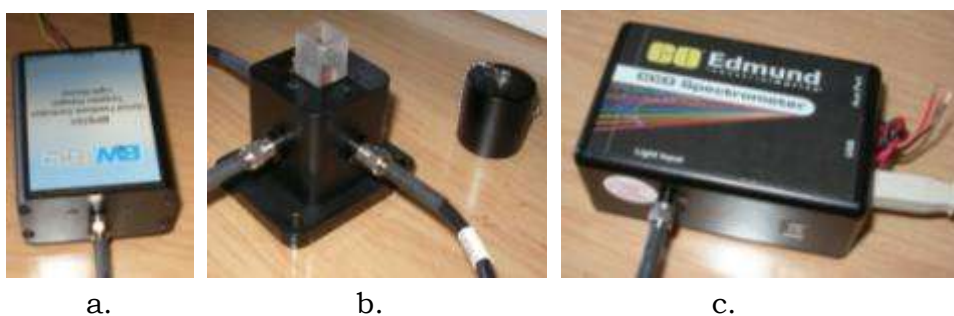


Fig. 7 Stand spectrofotometric de măsurare a coordonatelor de culoare



a.

b.

c.

Fig. 8 Sursa de radiație (a), suport cuvetă (b), spectrometru (c)

Pentru determinări se utilizează soluții apoase cu pigmenți de diverse culori și în concentrații diferite.

3. Desfășurarea lucrării

Se setează tipul iluminantului standardizat din gama disponibilă (A, B, C, D65, E) și gama de lungimi de undă de interes (400...800)nm – fig. 9.



Fig. 9 Setarea tipului de iluminant

Se achiziționează un spectru de întuneric (în absența probei, cu lampa stinsă, prin comanda „Dark”) și un spectru de referință (în absența probei, cu lampa aprinsă, prin comanda „Ref”).

Se introduce în suport cuveta cu proba și se achiziționează spectrul aferent soluției din cuvetă, prin comanda „Acquire spectrum”.

4. Prelucrarea datelor

În tab-ul „Color” al softului B&Wtek se pot observa diagrama CIE-xy și CIE-Lab. În frame-ul din dreapta ferestrei sunt afișate numeric coordonatele de culoare în șapte sisteme de coordonate.

Se notează numele probei și coordonatele de culoare în sistemele (x,y,z) și Lab. Se calculează coordonatele echivalente în sistemele (RGB)

LUCRAREA NR. 15

DETERMINAREA CARACTERISTICII DE TRANSMISIE A FILTRELOR DE ABSORBȚIE ÎN DOMENIUL VIZIBIL

1. Prezentarea lucrării

Filtrele sunt componente optice care au rolul de a modifica mărimea fluxului energetic sau/și distribuția spectrală a acestuia.

Filtrele sunt utilizate în construcția aparatelor optice cu scopul de a îndepărta anumite regiuni nedorite din spectru, pentru a selecta o bandă îngustă de lungimi de undă sau a atenua fluxurile luminoase fără a modifica compoziția spectrală a acestora.

Filtrele se pot clasifica după mai multe criterii:

- funcție de domeniul spectral transmis există filtre pentru UV, VIS, IR etc.
- funcție de fenomenul fizic pe baza căruia lucrează, filtrele pot fi de absorbție sau interferențiale
- funcție de lățimea și poziția spectrului de trecere, există filtre trece-sus (fig.1.a), trece-jos (fig.1.b) sau bandă (fig.1.c)
- funcție de compoziția spectrală a radiației transmise filtrele au un caracter selectiv sau neselectiv (filtre neutre).

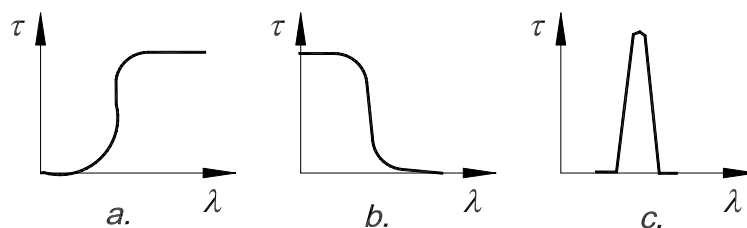


Fig. 1 Curbe de transmitanță a filtrelor

Funcționarea unui filtru este apreciată prin variația factorului de transmisie funcție de lungimea de undă, $\tau(\lambda)$.

Pentru un șir de n filtre, factorul de transmisie rezultă prin multiplicarea transmițanțelor componentelor din șir:

$$\tau(\lambda) = \tau_1(\lambda) \cdot \tau_2(\lambda) \dots = \prod_{i=1}^n \tau_i(\lambda). \quad (1)$$

În majoritatea aplicațiilor curente se utilizează filtrele de absorbție. Acestea îndepărtează dintr-un flux incident o anumită lungime de undă sau un domeniu de lungimi de undă. Acest fenomen se bazează pe absorbția selectivă în raport cu lungimea de undă, a materialului din care este confecționat filtrul. Acesta se execută din sticlă optică în care se introduc substanțe colorate (bioxid de crom-verde, sulfură de cadmiu-galben etc.), din substanțe gelatinoase colorate sau soluții lichide colorate, închise în recipiente cu pereți subțiri din sticlă.

Filtrele de absorbție lucrează pe baza legii Bouguer-Lambert, care arată că intensitatea radiației care traversează un mediu absorbant este diminuată proporțional cu coeficientul de absorbție și lungimea de material traversată.

Expresia matematică a legii absorbției este dată de relația (2):

$$\tau(\lambda) = \frac{\Phi_t}{\Phi_i} = \frac{I}{I_0} = e^{-\alpha(\lambda) \cdot d}, \quad (2)$$

unde: I_0 este intensitatea fasciculului incident, I - intensitatea fasciculului transmis, α - coeficient de proporționalitate, denumit coeficient de absorbție, d - grosimea stratului absorbant traversat de lumină, Φ_t - fluxul transmis, Φ_i - fluxul incident.

În domeniul vizibil, filtrele de absorbție sunt colorate. Ele absorb radiația de o anumită culoare și sunt transparente pentru culoarea complementară. Filtrul are culoarea radiațiilor transmise.

Filtrele de absorbție pentru UV au culoarea neagră (pentru că absorb vizibilul în totalitate) și transmit în domeniul (200...400) nm. Filtrele care absorb în IR se utilizează ca elemente absorbante de căldură și se numesc filtre calorice. Ele absorb radiațiile cu $\lambda > (800 \dots 1000)$ nm.

O categorie specială a filtrelor de absorbție o constituie filtrele neutre. Acestea nu schimbă compoziția spectrală a radiației transmise, ci îi modifică intensitatea (au rol de atenuare a fluxurilor

luminoase).

Filtrele neutre se execută dintr-o lamă plan-paralelă suport, peste care se depune un strat subțire absorbant. Materialul suport trebuie să fie transparent în domeniul de lucru (sticla BK7 pentru VIS - $\lambda=(370.. 2000)\text{nm}$, sticla de silice topită pentru un domeniu larg UV-VIS-IR- $\lambda=(200..2700)\text{nm}$, ZnSe sau alte cristale pentru IR- $\lambda=(600\text{nm}...15\mu\text{m})$).

2. Instalația experimentală

Pentru trasarea curbelor de transmitanță a filtrelor de absorbție se utilizează un banc optic pe care se aliniază o sursă de lumină albă, o diafragmă pentru reglarea mărimii spotului luminos (fig. 2), un tambur cu filtre colorate, cu mișcare de rotație indexabilă (fig. 3), un monocromator (fig. 4), a cărei schemă de funcționare Fastie – Ebert este ilustrată în figura 5 și un ecran de vizualizare.



Fig. 2 Diafragma reglabilă



Fig. 3 Tambur cu filtre colorate



Fig. 4 Monocromator

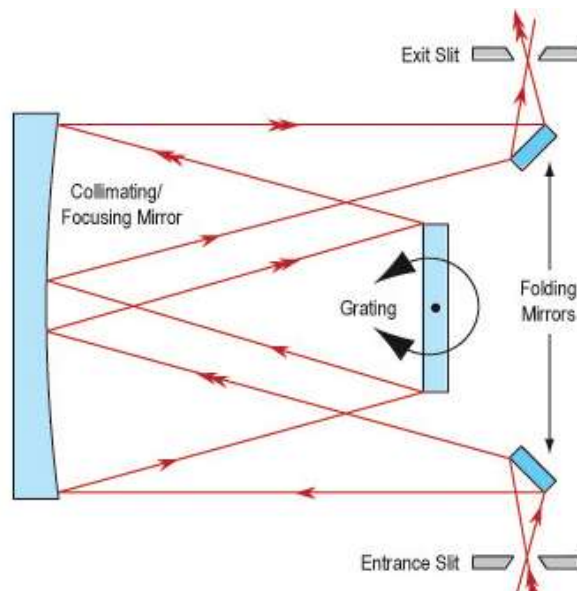


Fig. 5 Schema monocromatorului Fastie - Ebert

3. Desfășurarea lucrării

Se montează sursa de lumină, diafragma, tamburul cu filtre, monocromatorul și ecranul în dispozitive de susținere, care se fixează în masa bancului optic astfel încât să fie asigurată alinierea optică a sistemului.

Se poziționează în calea fluxului luminos filtrul cu numărul 1 prin rotirea indexată a tamburului cu filtre. Se fixează lungimea de undă de start a monocromatorului la 350 nm. Afișarea lungimilor de undă se realizează cu ajutorul unui mecanism de tip contor (cu trenuri de roți dințate având rapoarte de transmitere consecutive egale cu 10). Mecanismul permite citirea lungimilor de undă în domeniul UVB – VIS – NIR, cu trei cifre semnificative și o zecimală. Se acționează butonul de modificarea a lungimii de undă a monocromatorului, urmărindu-se momentul apariției imaginii colorate a fantei acestuia, pe ecran. Se deplasează suportul ecranului prin intermediul mecanismului roată – cremalieră, astfel încât imaginea dreptunghiulară a fantei monocromatorului să se vadă clar. Se notează lungimea de undă de la care începe să se perceapă culoare pe ecran.

Se rotește butonul de modificare a lungimii de undă până în momentul în care nu se mai distinge imaginea fantei colorate pe

ecran și se notează valoarea acestei lungimi de undă.

Se repetă aceleași operații pentru celelalte cinci filtre fixate în tambur.

4. Prelucrarea datelor

Datele citite se înscriu în tabelul 1.

Tabelul 1

Nr. filtru	Culoare filtru	Lungime de undă inferioară [nm]	Lungime de undă superioară [nm]
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Se trasează curbele de transmitanță $\tau(\lambda)$ ale celor șase filtre.

LUCRAREA NR. 16

DETERMINAREA ACUITĂȚII VIZUALE CU AJUTORUL PROIECTORULUI DE TABELE OPTOMETRICE

1. Prezentarea lucrării

Măsurarea acuității vizuale reprezintă cea mai comună investigație clinică a funcției vizuale, care caracterizează capacitatea regiunii maculare a retinei de a percepe obiecte de dimensiuni mici.

Din punct de vedere practic, acuitatea vizuală este o măsură cantitativă a capacității de identificare de către un subiect a unor simboluri de culoare neagră pe fond alb de la distanțe standardizate (20 picioare, în sistemul de unități de măsură anglo-saxon și 6 metri, în SI). Numeric, acuitatea vizuală se exprimă printr-un raport. Numărătorul reprezintă distanța subiectului față de mira test (20 feet sau 6 m), distanță aleasă astfel încât să reprezinte limita spațială de la care un observator normal (cu ochi emetrop) distinge două obiecte sub un unghi de 1 minut de arc. Numitorul exprimă distanța de la care un subiect cu vedere normală ar distinge două obiecte aflate la limita percepției unui subiect cu ochi ametrop (cu defecte de vedere). Din punct de vedere optic, 20 feet sau 6 metri reprezintă o distanță echivalentă cu infinitul (necesarul de acomodare a ochiului pentru infinit este de numai ~ 0.16 dpt.).

Astfel, o acuitate vizuală de 20/20 sau 6/6 este considerată normală și a fost determinată statistic prin măsurări pe loturi mari de subiecți cu ochi emetrop. Pentru un subiect cu defect de vedere la distanță, o acuitate vizuală de 20/40 sau 6/3, reprezintă calitativ jumătate din acuitatea vizuală normală. Practic, raportul 6/3 arată că un subiect cu ochi normal ar vedea clar de la 6 metri ceea ce distinge clar de la 3 metri un subiect cu defect de vedere. Există persoane cu acuitate vizuală superioară celei medii statistic. De exemplu 20/10 sau 6/3 caracterizează o acuitate vizuală dublă față

de cea normală (și reprezintă o valoare maximă măsurată pentru subiecți umani).

Prescrierea lentilelor de corecție a defectelor de vedere urmăresc atingerea acuității vizuale unitare (și nu un raport 20/x mai mare decât 1). Din punct de vedere al acuității vizuale ochiul uman nu este cel mai performant. Unele animale au o vedere mult mai bună (de exemplu, vulturul are acuitatea vizuală 20/2).

Determinarea acuității vizuale se face cu ajutorul optotipilor (tabelelor optometrice). Tabelele optometrice sunt formate din rânduri de semne, litere, cifre sau imagini de mărime descrescândă. Lângă fiecare rând este specificată distanța de la care imaginile respective pot fi percepute de un ochi emetrop sau direct valoarea acuității vizuale corespunzătoare rândului.

În tabelul 1 sunt redate echivalențele între indicațiile atașate diferitelor chart-uri cu optotipi.

Tabelul 1

Scări de acuitate vizuală			
Feet	Metri	Zecimal	LogMAR
20/200	6/60	0.10	1.00
20/160	6/48	0.13	0.90
20/120	6/36	0.17	0.78
20/100	6/30	0.20	0.70
20/80	6/24	0.25	0.60
20/60	6/18	0.33	0.48
20/50	6/15	0.40	0.40
20/40	6/12	0.50	0.30
20/30	6/9	0.63	0.18
20/25	6/7.5	0.80	0.10
20/20	6/6	1.00	0.00
20/16	6/4.8	1.25	-0.10
20/12	6/3.6	1.67	-0.22
20/10	6/3	2.00	-0.30

Primele două coloane exprimă acuitatea vizuală în sistemul anglo-saxon și metric, prin fracții simple. Scara LogMAR conține logaritmi în baza 10, cu semn schimbat ai valorilor din scara zecimală. Această scară are avantajul unei aproximative liniarități. De asemenea, ea atribuie valoarea nulă vederii normale. Valorile

pozitive caracterizează defecte de vedere, iar cele negative o acuitate vizuală superioară celei normale.

Toate tabelele optometrice au la bază principiile definite în 1862 de către oftalmologul olandez Herman Snellen. Tabela Snellen este prezentat în figura 1.

E	1	20/200
F P	2	20/100
T O Z	3	20/70
L P E D	4	20/50
P E C F D	5	20/40
E D F C Z P	6	20/30
F E L O P Z D	7	20/25
D E F P O T E C	8	20/20
L E F O D P C T	9	
F E P L Y C H O	10	
F E R O L U F T S	11	

Fig. 1 Tabela Snellen

Optotipii tablei tradiționale Snellen sunt litere, a căror geometrie respectă următoarele reguli:

- grosimea liniilor unei litere este egală cu grosimea spațiului alb dintre ele
- înălțimea și lățimea optotipului este de cinci ori mai mare decât grosimea liniei literei
- pe tabela Snellen apar numai literele C, D, E, F, L, N, O, P, T, Z.

Pacienții cu diferite defecte de vedere pot citi literele până la un anumit rând, corespunzător acuității lor vizuale. Dacă nu poate fi citit nici cel mai mare optotip se micșorează distanța de citire. Dacă subiectul nu poate distinge de la nicio distanță litera “E”, de pe

primul rând se trece la testele înscrise în tabelul 2, pentru stabilirea gradului de cecitate (orbire).

Tabelul 2

Numele testului	Scopul testului
Numărarea degetelor	Stabilirea capacității de numărare a degetelor de la o anumită distanță
Mișcarea mâinii	Stabilirea capacității de a distinge mișcarea mâinii medicului în apropierea feței pacientului
Percepția luminii	Stabilirea gradului de percepție a luminii
Absența percepției de lumină	Stabilirea incapacității de a percepe lumină, echivalentă cu orbirea totală

Cecitatea este clasificată pe mai multe niveluri, care diferă de la țară la țară. În Statele Unite, de exemplu o persoană, care și purtând cei mai buni ochelari posibili nu poate atinge acuitatea vizuală de 20/200 (6/60) este declarată oarbă din punct de vedere legal.

Rezultatele investigației acuității vizuale cu o tabelă optometrică trebuie să conțină următoarele date:

- distanța până la panoul cu tabela (simbol D pentru evaluarea vederii la distanța standard de 6 metri sau simbol N pentru verificarea vederii aproape la distanța de 40 centimetri)
- ochiul evaluat (OD – oculus dexter – pentru ochiul drept, OS – oculus sinister – pentru ochiul stâng și OU – oculi uterque – pentru ambii ochi). În general, în vederea stereoscopică, acuitatea vizuală este mai mare decât pentru fiecare ochi separat
- utilizarea ochelarilor în timpul testării (cc – cum corectore – pentru ochelari sau lentile de contact și sc – sine corectore – pentru ochiul liber),

De exemplu, DscOD 20/60 indică testarea pentru vederea la distanță a ochiului drept, fără ochelari, pentru care a rezultat o acuitate vizuală de 20/60. Este diagnosticat astfel un ochi miop.

2. Instalația experimentală

Instalația experimentală utilizează un proiector de tabele optometrice Rodavist Rodenstock (fig. 2). Acesta proiectează pe un

ecran table optometrice populate cu diverse tipuri de optotipi și afișează acuitatea vizuală pe scara zecimală. Tabela care se dorește a fi proiectată sau un set de table staocate sub forma unui program de investigație sunt comandate de către medic de la distanță, cu ajutorul unei telecomenzi specializate (fig. 3).



Fig. 2 Proiector de table optometrice Rodavist Rodenstock



Fig. 3 Telecomnda de selectare și proiecție a tablelor optometrice

Aparatul poate proiecta mai multe tipuri de tabele optometrice:

- testul Lea (fig. 4), destinat copiilor preșcolari, care conține imagini ale unor obiecte comune, accesibile vârstei mici (floare, casă, mașină, copil etc.)
- tabela Snellen modificată, care conține un număr mai mare de litere decât în forma inițială a tabelului (fig. 5)
- o formă alternativă a Snellen cu cifre (fig. 6)
- tabela „E” (fig. 7) destinată copiilor sau persoanelor analfabete
- tabela Landlot Cs (fig. 8), cu destinație similară tabelii „E”

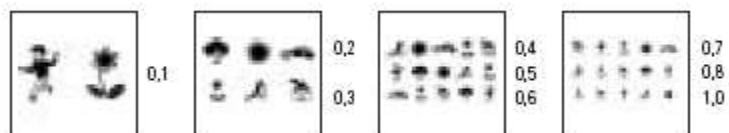


Fig. 4 Testul Lea



Fig. 5. Tabela Snellen modificată

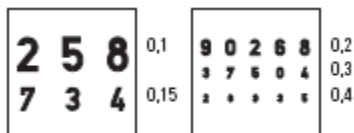


Fig. 6. Tabela Snellen modificată, cu cifre



Fig. 7 Tabela „E”

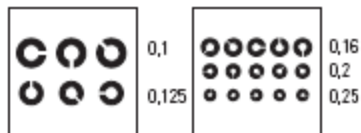


Fig. 8 Tabela Landlot Cs

Optotipii de pe toate tabelele îndeplinesc condițiile de geometrie statuate de Snellen.

O serie de mire suplimentare pot fi utilizate în scopul depistării dicromaziilor (la care lipsește elementul sensibil la una dintre culorile primare – roșu, verde și albastru). În tabelul 3 sunt sintetizate informații despre cele mai importante dicromazii.

Tabelul 3

Boala	Cauza	Efect	Exemplu de percepție	Incidență
Ochi normal	-	-		-
Protanopia	absența fotoreceptorului retinal pentru roșu	roșul apare întunecat		(1...1.3)% la bărbați 0.02% la femei
Deuteranopia	absența fotoreceptorului retinal pentru verde	afectează discriminarea roșu-verde		(1...1.2)% la bărbați 0.01% la femei
Tritanopia	absența fotoreceptorului retinal pentru albastru	afectează discriminarea tuturor culorilor		0.001% la bărbați 0.03% la femei

Defectele de percepție a culorii afectează preponderent populația albă, cu precădere masculină. Cea mai frecventă este deuteranopia, care prezintă o incidență de (7...8)% printre bărbații din rasa albă. În figura 9 sunt prezentate două mire de verificare primară a sensibilității spectrale a ochiului.



Fig. 9 Mire pentru depistarea dicromaziei

Mira clasică pentru verificarea vederii în culori este testul Ishihara (fig. 10).

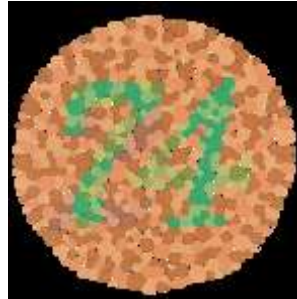


Fig. 10. Testul Ishihara

Pentru desfășurarea lucrării mai sunt necesare un luxmetru pentru măsurarea iluminării ambientale și un obturator ocular pentru efectuarea verificărilor monoculare.

3. Desfășurarea lucrării

Pentru efectuarea investigării acuității vizuale a unui subiect se parcurg următoarele etape:

- se plasează ecranul de proiecție la 6 metri de locul subiectului investigat și se verifică iluminarea ecranului, care conform standardelor trebuie să fie de 480 lx
- dacă subiectul este purtător de ochelari de corecție aceștia se păstrează în timpul investigației
- subiectul plasează obturatorul ocular astfel încât să vadă numai cu un singur ochi (în general, cel cu vederea mai slabă)
- se proiectează pe rând tabelele optometrice din setul Snellen și subiectul este pus să citească șirurile de litere în ordinea descrescătoare a mărimii acestora, până la limita la care nu mai poate citi
- se notează acuitatea vizuală pentru ochiul investigat
- se schimbă poziția obturatorului ocular pentru măsurarea acuității vizuale a celuilalt ochi
- se repetă evaluările cu tabele Snellen modificate pentru vederea de aproape.

4. Prelucrarea datelor

Se notează rezultatele investigării conform simbolisticii standard și se interpretează caracteristicile de acuitate vizuală ale subiectului.

LUCRAREA NR. 17

CALCULUL ȘI CONSTRUCȚIA LUNETEI KEPLER

1. Prezentarea lucrării

Luneta este un instrument optic care are rolul de a mări unghiul sub care se vede un obiect îndepărtat, astfel încât să se distingă mai multe detalii ale acestuia.

Luneta este un sistem optic afocal sau telescopic, având distanța focală infinită. De asemenea, obiectul se află la infinit, iar imaginea se formează tot la infinit.

Luneta este compusă din două subansambluri optice de bază: obiectivul și ocularul. Acestea sunt montate astfel încât focarul imagine al obiectivului să coincidă cu focarul obiect al ocularului, fiind îndeplinită astfel condiția de sistem afocal.

În funcție de caracteristicile optice ale componentelor, există două tipuri de lunete: luneta astronomică (Kepler), având convergente atât obiectivul, cât și ocularul și luneta terestră (Galilei), având obiectivul convergent și ocularul divergent.

Schema optică a lunetei Kepler este prezentată în figura 1. Acest tip de lunetă formează la infinit imagini virtuale, răsturnate, ale obiectelor situate la infinit.

În schemă este figurat traseul razelor marginale dintr-un fascicul paralel cu axa optică, traseul razei pupilare principale (2) și al razelor marginale (1) și (3), dintr-un fascicul incident înclinat cu unghiul ω față de axa optică.

Diafragma de deschidere D_d a aparatului este montura obiectivului, care devine și pupila de intrare P_i . Imaginea reală a acesteia este dată de ocular și reprezintă pupila de ieșire P_e , care în majoritatea aplicațiilor se materializează printr-o diafragmă de mărime fixă D' .

Cele trei raze trasate în fasciculul înclinat, se intersectează în planul focal comun, al imaginii intermediare y'_{ob} . Mărimea câmpului

obiect $2y'_{ob}$ este determinată de deschiderea diafragmei de câmp D_c .

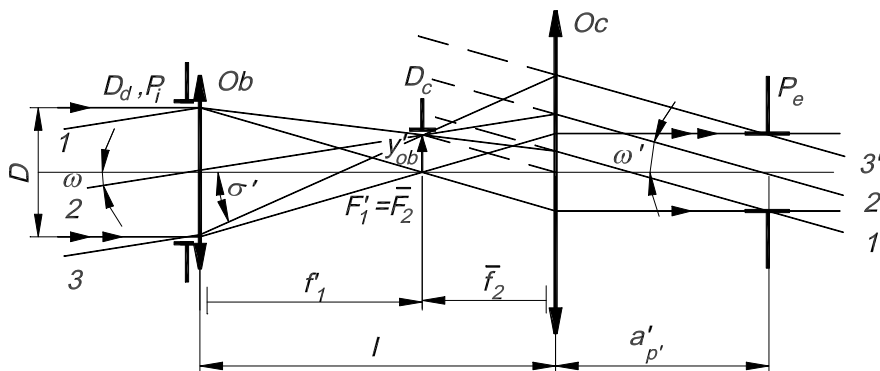


Fig. 1 Schema optică a lunetei Kepler

Notatii:

D	diametrul pupilei de intrare
ω	semiunghiul de câmp obiect
ω'	semiunghiul de câmp imagine
D_d	diafragma de deschidere (apertură)
P_i	pupila de intrare
Ob	obiectiv
σ'	unghiul razei emergente la ieșirea din obiectiv
f_1	distanța focală a obiectivului
\bar{f}_2	distanța focală obiect a ocularului
l	distanța dintre obiectiv și ocular (lungimea lunetei)
y'_{ob}	mărimea imaginii intermediare
D_c	(diametrul) diafragmei de câmp
Oc	ocular
P_e	pupila de ieșire
D'	diametrul pupilei de ieșire
$a'_{p'}$	depărtarea pupilei de ieșire de la planul principal imagine al ocularului
1,3	raze marginale
2	raza pupilară principală

Calculul de gabarit al unui sistem optic este un algoritm bazat pe optica geometrică și are ca scop determinarea puterii (sau distanței focale), a diametrului util și a poziției pe axa optică a

subansamblurilor componente. Totodată rezultă poziția și mărimea difragmelor de deschidere și de câmp, respectiv a pupilelor și lucarnelor. În calculul de gabarit, subansamblurile se consideră infinit subțiri. Proiectarea unei lunete Kepler presupune cunoașterea următoarelor date:

- grosimentul lunetei, Γ
- semiunghiul de câmp, ω
- diametrul pupilei de ieșire, D'
- depărtarea minimă a pupilei de ieșire, $s'_{P'}$
- lungimea aproximativă a lunetei, l .

Calculul de gabarit conține mai multe etape etape, din care rezultă:

1. distanța focală a obiectivului:

$$f'_{ob} = \frac{1 \cdot \Gamma}{\Gamma + 1} \quad (1)$$

2. distanța focală a ocularului:

$$f'_{oc} = \frac{1}{\Gamma + 1} \quad (2)$$

3. semiunghiul de câmp imagine:

$$\omega' = \arctg(\Gamma \cdot \tg\omega) \quad (3)$$

4. diametrul util al obiectivului

$$D = \Gamma \cdot D' \quad (4)$$

5. diametrul diafragmei de câmp:

$$D_{DC} = 2 \cdot f'_{ob} \cdot \tg\omega \quad (5)$$

6. unghiul dintre raza marginală și axa optică după refracția pe obiectiv:

$$\sigma' = \arctg\left(\frac{D}{2 \cdot f'_{ob}} + \tg\omega\right) \quad (6)$$

7. diametrul util al ocularului:

$$D_{uoc} = 2 \cdot \left(1 \cdot \tg\sigma' - \frac{D}{2}\right) \quad (7)$$

8. depărtarea reală a pupilei de ieșire:

$$s'_{P'} = s'_{F'_{oc}} + \frac{f'_{ob}}{\Gamma^2} \quad (8)$$

2. Instalația experimentală

Pentru subansamblurile obiectiv și ocular se utilizează componente din trusa de dublete acromate (fig. 2), având caracteristicile din tabelul 1.



Fig. 2 Trusa cu dublete acromate

Tabelul 1

f'(mm)	s'F'(mm)	d(mm)	t(mm)	sticla1	sticla2
30.0	22.23	14.04	9.30	BaF10	FD10
35.0	27.55	13.50	9.47	BaF11	SF10
40.0	33.26	11.75	8.54	BaF11	SF10
45.0	39.28	10.89	7.08	SK11	SF5
50.0	43.53	11.50	8.79	BaF11	SF11
60.0	52.23	11.40	8.81	SSKN8	SF10
75.0	70.39	9.50	6.97	BK7	SF5
85.0	81.12	8.01	6.06	SK11	SF5
100.0	95.92	8.50	6.61	BK7	SF5
125.0	120.89	8.40	6.90	BK7	SF5
150.0	146.10	7.90	6.60	BK7	SF5
175.0	170.84	9.00	7.90	BK7	SF5
200.0	194.14	12.50	11.56	BK7	SF5
225.0	222.69	5.50	4.66	BK7	SF5
250.0	243.63	7.50	6.75	BK7	SF5
300.0	297.73	5.50	4.89	BK7	SF5
400.0	397.73	5.50	4.89	BK7	SF5

Componentele optice se montează în monturi adecvate. Monturile, diafragma și tuburile mecanice se aleg din trusa de componente mecanice (fig. 3).

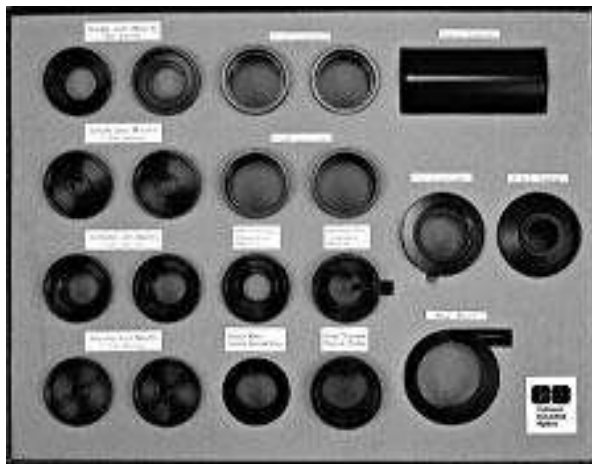


Fig. 3 Trusa de componente mecanice

3. Desfășurarea lucrării

Se proiectează, apoi se execută montajul pentru o lunetă Kepler având următoarele date de intrare:

- grosimentul lunetei, $\Gamma = 3X$
- semiunghiul de câmp, $\omega = 2.5^\circ$
- diametrul pupilei de ieșire, $D' = 6 \text{ mm}$
- depărtarea minimă a pupilei de ieșire, $s'_{p'} = 15 \text{ mm}$
- lungimea aproximativă a lunetei, $l \sim 160 \text{ mm}$.

Se efectuează calculul de gabarit al lunetei aplicând relațiile (1)...(8). Se alege dubletele cu puteri corespunzătoare celor rezultate din calcul pentru obiectiv și ocular. Din trusa de componente mecanice se selectează monturile pentru piesele optice, diafragma de câmp și tuburile mecanice conform datelor rezultate din calculul de gabarit. Se montează instrumentul și se verifică funcționalitatea acestuia.

4. Prelucrarea datelor

Rezultatele calculelor se înscriu în tabelul 2.

Tabelul 2

f_{ob} [mm]	f_{oc} [mm]	ω' [°]	D [mm]	D_{DC} [mm]	σ' [°]	D_{uoc} [mm]	$s'_{p'}$ [mm]

Se trasează schema optică, la scară, a lunetei calculate și realizate.

LUCRAREA NR. 18

MĂSURAREA PUTERII LENTILELOR OFTALMICE

1. Prezentarea lucrării

Ochiul normal se numește emetrop și are capacitatea de a forma imagini clare, micșorate și răsturnate, în planul retinei, ale obiectelor situate la orice distanță între 250 mm și infinit. În planul retinei, la intersecția cu axa optică se află focarul imagine al ochiului. Ochiul cu defecte de vedere se numește ametrop, iar defectele de vedere sunt clasificate ca ametropii. Cele mai frecvente ametropii sunt:

- miopia (incapacitatea de acomodare la distanță)
- hipermetropia (incapacitatea de acomodare aproape)
- astigmatismul (formarea unor imagini distorsionate, care nu sunt asemenea cu obiectul).

Lentilele oftalmice mai corectează și efectele altor defecte de vedere, printre care:

- presbitismul (scăderea capacității de acomodare la orice distanță, datorită vârstei, când mușchii ciliari își pierd elasticitatea și nu mai acționează eficient asupra cristalinului)
- strabismul (incapacitatea de percepere a unei imagini unice, spațiale, datorită unor defecte de coordonare a mușchilor care rotesc globul ocular).

Lentilele oftalmice se pot clasifica în două mari categorii:

- lentile de ochelari (montate în rame și purtate la distanță de ochi)
- lentile de contact (aplicate direct pe globul ocular).

O clasificare bazată pe forma dioptrilor, efectul optic și utilitatea lentilelor de ochelari este prezentată în tabelul 1.

Tabelul 1

Lentile de ochelari	- axosimetrice (dioptri sferici)	- convergente	- hipermetropia - presbitismul
		- divergente	- miopia - presbitismul
	- astigmatice (un dioptru sferic, un dioptru toric)		- astigmatismul
	- cu acțiuni multiple	- convergente	- presbitismul
		- divergente	- presbitismul
	- prismatice		- strabismul
- de protecție	- colorate (selective spectral) - neselective		

Lentilele axosimetrice se prezintă sub forma unor meniscuri convergente sau divergente și sunt destinate corectării hipermetropiei, respectiv miopiei. Principala caracteristică optică a lentilelor de ochelari este puterea frontifocală, definită ca invers al distanței frontifocale imagine:

$$\phi = \frac{1}{s_{F'}}. \quad (1)$$

Puterea se măsoară în dioptrii, iar relația (1) este valabilă pentru distanța frontifocală exprimată în metri. Descrierea completă a lentilei poate fi dedusă din figura 1, pe care sunt marcate toate punctele și distanțele caracteristice.

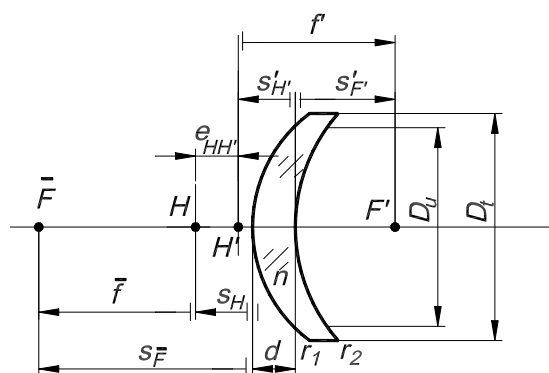


Fig. 1 Caracteristicile optice ale lentilelor de ochelari axosimetrice

Lentilele de ochelari axosimetrice se produc în serie de masă pentru gama de dioptrii (0...±20)dpt, cu pasul ±0.25 dpt în intervalul (0...±3) dpt, ±0.5 dpt în intervalul (±3...±6) dpt și ±1 dpt pe restul domeniului. Gabaritul radial al lentilelor depinde de putere și efect optic (convergent-divergent) și se încadrează într-un domeniu de diametre cuprinse între 50 și 75 mm.

Lentilele astigmatice sunt lentile menisc asferice sfero-torice și sunt destinate corectării astigmatismului (care se manifestă atunci când corneea nu are curbura constantă, ci în cazul cel mai bun prezintă două plane de simetrie). Lentilele astigmatice au putere variabilă, care rezultă prin asocierea unui dioptru toric (convex la lentilele convergente și concav la cele divergente) și un dioptru sferic. Ele prezintă două secțiuni principale în care puterile au valorile minimă (secțiunea principală I) și respectiv maximă (secțiunea principală II). Valorile se evaluează algebric. Planul secțiunii principale I se marchează pe lentilă cu trei puncte coliniare. Diferența algebrică dintre puterea maximă și minimă reprezintă puterea cilindrică sau diferența astigmatică (care rezultă totdeauna pozitivă).

Lentilele astigmatice se indică pe rețeta de ochelari prin următoarele elemente: simbolul sf urmat de valoarea puterii minime, simbolul cyl urmat de valoarea diferenței astigmatice și simbolul ax urmat de valoarea unghiului dintre planul secțiunii principale I și planul sagital. De exemplu, o lentilă sfero-torică cu puterea sferică de +3 dpt, puterea cilindrică +2 dpt și unghiul planului puterii minime de 45° se simbolizează după cum urmează:

sf +3.00 dpt, cyl +2.00 dpt, ax 45°.

Lentilele prismatice sunt utilizate pentru corectarea strabismului, un defect de vedere care se manifestă atunci când axele ochilor nu se pot roti astfel încât să fie convergente pe obiectul privit.

Efectul optic se apreciază prin puterea prismatică, măsurată în dioptrii prismatice. O dioptrie prismatică este puterea unei lentile prismatice care introduce o deviație de 1 cm la distanța de 1 m.

Practic, lentilele nu conțin suprafețe plane înclinate unele față de altele, ci provin din lentile cu suprafețe sferice. Lentilele prismatice rezultă printr-o decupare din lentila sferică astfel încât axa geometrică să nu se suprapună cu cea optică (fig.2).

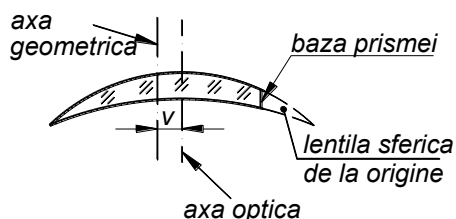


Fig. 2 Lentila prismatică

Lentilele cu acțiuni multiple corectează atât vederea de aproape, cât și vederea departe, fiind destinate compensării incapacității de acomodare introduse de presbitism. Se deosebesc lentilele bi, tri și multifocale. Lentilele bifocale au două zone distincte cu puteri diferite, utilizate pentru asigurarea vederii corecte departe, respectiv aproape. Există tipuri constructive variate de lentile bifocale, care, în principiu, sunt alcătuite dintr-o lentilă de bază, proiectată pentru vederea departe și o pastilă lipită pe lentila de bază, pentru vederea de aproape (fig. 3).

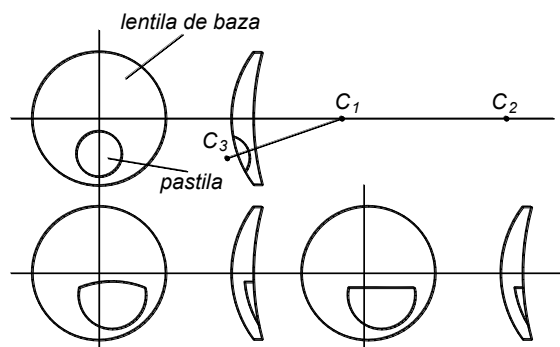


Fig.3 Lentile bifocale cu pastile de diferite forme

Diferența algebrică dintre puterea din zona pastilei și restul lentilei de bază reprezintă puterea adițională, care pe rețeta de ochelari se indică prin simbolul add.

În ultimul timp s-au dezvoltat tehnologii de execuție a lentilelor multifocale sau progresive, care sunt prelucrate pe zone asferice diferite și alăturate, astfel încât o singură componentă să permită, teoretic, acomodarea la orice distanță. Asimetria suprafeței concave impune ca tehnologie de execuție numai injectarea.

În prezent, lentilele progresive se pot executa din sticlă minerală

sau organică, transparentă sau colorată și pot corecta, pe lângă presbiopie, și astigmatismul sau/și strabismul. Materialele cu indice de refracție ridicat au permis elaborarea unor soluții estetice, cu grosime la centru redusă pentru deschideri mari, egale cu cele practicate pentru lentilele axosimetrice.

Pentru îmbunătățirea eficienței lentilelor progresive s-a urmărit optimizarea în repartiția, mărimea și forma zonelor active. Au rezultat astfel modele îmbunătățite, cum ar fi lentila multigresivă produsă de firma Rodenstock (fig. 4). Această lentilă are aberațiile din zona intermediară mult reduse și un echilibru mai bun în repartiția efectelor optice.

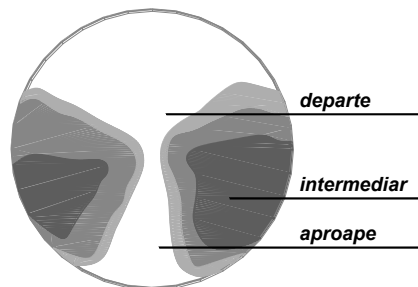


Fig. 4 Lentila multigresivă Rodenstock

2. Instalația experimentală

Pentru măsurarea diferitelor tipuri de lentile oftalmice se utilizează un lensmetru digital tip AL4600 (fig. 5).



Fig. 5 Lensmetru AL4600 Rodenstock și detalii ale funcțiilor sale

Se măsoară lentile din setul complet care conține toate tipurile de lentile oftalmice.

3. Desfășurarea lucrării

Se pregătește pentru măsurare lensmetrul (punerea în funcțiune a dispozitivului de iluminare, reglarea poziției opritorului mecanic funcție de diametrul exterior al lentilelor măsurate, ridicarea sistemului mecanic de fixare a lentilelor prin deplasare pe verticală.

Pentru măsurarea puterii unei lentile, aceasta se aduce în calea fasciculului luminos și prin mișcări fine în plan orizontal se aliniază optic cu sistemul aparatului. Alinierea optică este realizată atunci când mira în formă de cruce de pe ecran se oprește într-o poziție fixă, iar liniile firelor reticulare se îngroașă. Lentila se fixează mecanic prin coborârea a trei brațe verticale. Prin apăsarea butonului „hold” modulul soft al aparatului este inițiat pentru măsurare. Pentru fiecare tip de lentilă se apelează funcția adecvată prin activare touch-screen.

Se măsoară lentile axosimetrice convergente și divergente, lentile astigmatice, prismatice, progresive și de protecție.

4. Prelucrarea datelor

Rezultatele măsurărilor și observațiilor se înscriu în tabelul 2.

Tabelul 2

Nr.crt.	Tipul lentilei	Culoarea lentilei	Putere sferică	Putere cilindrică	Putere prismatică
1					
2					
.					
.					
.					

BIBLIOGRAFIE

1. Bass, M., ș.a., *Handbook of Optics, Fundamentals, Techniques, Design*, vol.I, II, McGraw-Hill, New York, 1995
2. Dodoc, P., *Calculul și construcția aparatelor optice*, E.D.P., București, 1983
3. Gruescu, C., *Elemente de optică tehnică și aparate optice*, Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara, 2000
4. Gruescu, C., Zsivanov, D., *Aparate spectrale și fotometrice*, Lito UTT, 1997
5. Gruescu, C., Pommersheim, A., *Optica tehnică*, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 1999
6. Hecht, E., *Optics 3rd ed.*, Eddison Wesley Longman, Inc., NY, 1998
7. Hütte *Manualul inginerului, Fundamente*, E.T., București, 1995
8. Luca, E., ș.a., *Fizica generală*, E.D.P., București, 1981
9. Mihalca, I., *Optică, partea I*, Lito IPT, 1981
10. Moisil, G., Curatu, E., *Optică, Teorie și aplicații*, E.T., București, 1986
11. Naumann, A., Schroder, G., *Bauelemente der Optik. Taschenbuch der technischen Optik*, Carl Hanser Verlag München Wien, 1992
12. Nicoară, I., *Calculul și construcția aparatelor optice*, vol.I, II, Lito I.P.T., 1987
13. Nicoară, I., ș.a., *Calculul și construcția aparatelor optice*, Îndrumător de proiectare, Lito IPTVT, 1984
14. Nicoară, I., ș.a., *Aparate optice, Tehnici de laborator*, Ed. Mirton, Timișoara, 1996
15. Nicoară, I., Gruescu, C., Atițoaiei, V., Duma, V., *Aparate optice*, vol I, Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara, 2000
16. O'Shea, D.C., *Elements of Modern Optical Design*, John Wiley&Sons, New York, 1985

17. Pommersheim, A., *Optica tehnică*, curs pentru subingineri, vol.I, Lito I.P.T., 1989
18. Pommersheim, A. ș.a., *Optica tehnică*, Lucrări de laborator, Lito UTT, 1995
19. Schröder, G., *Technische Optik. Grundlagen und Anwendungen*. Vogel Buchverlag Würzburg. 1990
20. Smith, W.J., *Modern Optical Engineering*, 3rd ed., McGraw Hill, NY, 2000
21. Sterian, P., Stan., M., *Fizica*, E.D.P., București, 1985
22. STAS 3003-79 *Optica geometrică. Terminologie și simboluri*

<http://www.aig->

[imaging.com/mm5/PDF/USAF%201951%20Test%20Target%20T-20_v1-04.pdf](http://www.aig-imaging.com/mm5/PDF/USAF%201951%20Test%20Target%20T-20_v1-04.pdf)

<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/opticalmicroscopy.html>

http://en.wikipedia.org/wiki/Visual_acuity

<http://www.mdsupport.org/library/acuity.html>

<http://www.ndt->

[ed.org/EducationResources/CommunityCollege/PenetrantTest/Introduction/visualacuity.htm](http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/PenetrantTest/Introduction/visualacuity.htm)

http://en.wikipedia.org/wiki/Snellen_chart

<http://en.wikipedia.org/wiki/Daltonism>