

## ZAGADNIENIA DO ĆWICZEŃ LABORATORYJNYCH Z OPTYKI GEOMETRYCZNEJ

### 1. Ćwiczenie wstępne (zagadnienia obowiązujące na każdym ćwiczeniu)

Błąd pomiaru i jego źródła. Szacowanie wartości błędu pomiaru bezpośredniego: błąd systematyczny, błąd przypadkowy (rozrzut wyników pomiarów, krzywa rozkładu normalnego, odchylenie standardowe, odchylenie standardowe średniej, błąd maksymalny średniej). Zasady zapisu wartości błędu pomiaru i wielkości zmierzonej, cyfry znaczące. Szacowanie błędu pomiaru wielkości złożonej. Graficzne opracowywanie wyników pomiarów: sporządzanie wykresów, prostokąty błędów, linie trendu, krzywe ufności.

### 2. Wyznaczanie ogniskowej zwierciadeł sferycznych wklęsłych na podstawie relacji pomiędzy położeniem przedmiotu i obrazu.

Prawo odbicia. Zasady konstrukcji obrazów przy odbiciu od powierzchni płaskich. Konwencja znaków stosowana przy rozwiązywaniu zagadnień optycznych. Ognisko i ogniskowa zwierciadła sferycznych. Równanie zwierciadła sferycznego. Powiększenie liniowe (poprzeczne). Przykładowe obliczenia i konstrukcje obrazów tworzonych przez zwierciadła sferyczne wklęsłe i wypukłe. Klasyfikacja obrazów (pozorne/rzeczywiste, proste/odwrócone, powiększone/pomniejszone) na podstawie wyników obliczeń. Wykresy przedstawiające zależność pomiędzy położeniem przedmiotu i jego obrazu i ich interpretacja.

### 3. Wyznaczanie ogniskowej soczewki na podstawie równania soczewki

Konwencja znaków. Ognisko, ogniskowa i moc optyczna powierzchni sferycznej. Moc sferometryczna – wzór szlifierzy soczewek. Równanie soczewki. Powiększenie liniowe (poprzeczne). Przykładowe obliczenia oraz konstrukcje geometryczne wyznaczania położenia obrazu w zależności od położenia przedmiotu dla soczewek cienkich. Charakterystyka obrazów tworzonych przez soczewki skupiające (dodatnie) i rozpraszające (ujemne). Wykresy przedstawiające zależność pomiędzy położeniem przedmiotu i jego obrazu oraz ich interpretacja.

### 4. Wyznaczanie ogniskowej soczewki metodą Bessela, wyznaczanie mocy soczewek ujemnych

Konwencja znaków. Ognisko, ogniskowa i moc optyczna powierzchni sferycznej. Moc sferometryczna – wzór szlifierzy soczewek. Równanie soczewki. Powiększenie liniowe (poprzeczne). Przykładowe obliczenia oraz konstrukcje geometryczne wyznaczania położenia obrazu w zależności od położenia przedmiotu.

Charakterystyka obrazów tworzonych przez soczewki skupiające (dodatnie) i rozpraszające (ujemne)

Wykresy przedstawiające zależność pomiędzy położeniem przedmiotu i jego obrazu oraz ich interpretacja. Opis metody Bessela. Moc właściwa układu soczewek.

### 5. Badanie soczewek

Pomiar promieni krzywizny powierzchni załamujących soczewki. Moc optyczna powierzchni sferycznej. Wyznaczenie mocy sferometrycznej, mocy właściwej, mocy czołowej oraz odległości zbiegowej czołowej. Płaszczyzny główne oraz punkty kardynalne soczewki. Zasady konstrukcji obrazu z zastosowaniem płaszczyzn głównych i punktów kardynalnych dla soczewek skupiających i rozpraszających. Równanie soczewki. Powiększenie liniowe (poprzeczne).

### 6. Badanie układów soczewek – wyznaczanie położenia ognisk oraz płaszczyzn głównych układu soczewek

Równanie soczewkowe. Powiększenie liniowe (poprzeczne). Moc optyczna (właściwa) układu soczewek. Płaszczyzny główne układu soczewek oraz punkty kardynalne. Zasady konstrukcji obrazu z zastosowaniem płaszczyzn głównych i punktów kardynalnych dla soczewek skupiających i rozpraszających. Badanie układu soczewek: wyznaczanie położenia płaszczyzn głównych oraz ogniskowych układu soczewek, obliczanie powiększenia układu.

### 7. Wyznaczanie współczynnika załamania metodą pomiaru kąta najmniejszego odchylenia przez pryzmat oraz z użyciem tarczy Kolbego – sprawdzanie prawa Snelliusa

Załamanie światła na granicy ośrodków; współczynnik załamania. Prawo załamania światła na granicy ośrodków – prawo Snelliusa. Dyspersja współczynnika załamania (liczba Abbego). Całkowite wewnętrzne odbicie, kąt graniczny. Przejście światła przez pryzmat. Kąt najmniejszego odchylenia. Wyznaczanie współczynnika załamania metodą pomiaru kąta najmniejszego odchylenia.

### **8. Pomiary fotometryczne: Prawo odwrotnych kwadratów; wyznaczanie względnej światłości źródeł**

Krzywa wrażliwości widmowej oka w warunkach fotopowych i skotopowych. Kąt bryłowy. Definicje podstawowych wielkości fotometrycznych i ich jednostek (strumień świetlny, światłość, luminancja, natężenie oświetlenia). Prawo odwrotnych kwadratów. Zasada działania fotometru wizualnego.

### **9. Badanie efektu pryzmatycznego**

Przejsie światła przez pryzmat. Układ optyczny lunety Galileusza i lunety Keplera. Pryzmatyczność – moc pryzmatyczna, dioptria pryzmatyczna. Wzór Prentice'a. Forie wywołane decentracją soczewek dodatnich i ujemnych: egzo- i ezoforia. Przykładowe obliczenia wartości efektu pryzmatycznego (pryzmatyczności  $P_{pr}$ ) wywołanego złym wycen-trowaniem soczewek sferycznych dodatnich i ujemnych.

### **10. Budowa i zasada działania dioptrymiera**

Przyrządy optyczne: kolimator, luneta Keplera, luneta Galileusza. Schemat budowy dioptrymiera. Wyznaczanie mocy soczewek dodatnich i ujemnych (bieg promieni) za pomocą zbudowanego dioptrymiera. Równanie dioptrymiera. Równanie soczewki.

### **11. Aberracje: aberracja sferyczna i astygmatyzm wiązki skośnej**

Opis aberracji sferycznej. Aberracja sferyczna podłużna (ASL) i poprzeczna (AST). Sposoby redukcji aberracji sferycznej. Aberracja chromatyczna. Aberracja chromatyczna położenia i aberracja sferyczna powiększenia. Astygmatyzm. Przejsie światła przez soczewki cylindryczne. Cechy soczewki astygmatycznej. Astygmatyzm wiązki skośnej; obrazy tangencjalny i sagitalny. Metoda Bessela wyznaczania ogniskowej soczewki. Równanie soczewkowe.

### **12. Badanie wpływu wielkości średnicy źrenicy wejściowej na głębię ostrości układu optycznego.**

Przystona aperturowa, źrenica wejściowa. Obiektów aparatu fotograficznego: jasność obiektu, otwór względny, liczba przystony. Jasność obrazu (natężenie oświetlenia ekranu lub matrycy światłoczułej) a liczba przystony. Definicja pojęcia głębi ostrości obrazowej. Czynniki decydujące o głębi ostrości obrazowej.

### **13. Polaryzacja światła: sprawdzanie prawa Malusa**

Światło jako poprzeczna fala elektromagnetyczna. Energia fotonu. Natężenie fali świetlnej (ujęcie falowe i korpuskularne) Światło niespolaryzowane i spolaryzowane; płaszczyzna polaryzacji. Prawo Malusa. Sposoby polaryzacji światła. Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne (wzór Einsteina).

### **14. Budowa i zasada działania mikroskopu; wyznaczanie rozmiarów mikro-objektów za pomocą mikroskopu**

Prawo załamania światła, współczynnik załamania światła, dyspersja współczynnika załamania światła. Powstawanie obrazu w soczewkach. Równanie soczewki. Budowa i zasada działania mikroskopu – bieg promieni. Zdolność rozdzielcza mikroskopu oraz czynniki wpływające na jej wartość. Powiększenie oraz powiększenie użyteczne mikroskopu. Zjawisko immersja. Wyznaczanie rozmiarów mikro-objektów za pomocą okularu mikrometrycznego.

### **15. Skioskopia: wyznaczanie wad refrakcji oka**

Podstawowe prawa optyki geometrycznej: prawo odbicia światła, prawo załamania światła (prawo Snelliusa); współczynnik załamania; zależność współczynnika załamania światła od długości fali. Soczewki: klasyfikacja rodzajów soczewek (skupiające, rozpraszające, toryczne). Tworzenie obrazów przez soczewki skupiające i rozpraszające, wzór szlifierzy soczewek, równanie soczewki cienkiej. Zdolność skupiająca układu soczewek. Wady układów optycznych: aberracje sferyczna i chromatyczna, astygmatyzm. Budowa układu optycznego oka. Punkt daleki i refrakcja oka – definicje. Akomodacja oka, punkt bliski, amplituda akomodacji. Wady refrakcji oka i zasady ich korekcji. Wyznaczanie refrakcji oka metodą skioskopii. Budowa i zasada działania refraktometru.

### **Literatura**

(A) Marek Zajęc, Optyka w zadaniach dla optometrystów, DWE Wrocław 2011

(B) Marek Zajęc, Optyka okularowa, DWE Wrocław 2007

(C) Szczepan Szczeniowski, Fizyka Doświadczalna, część IV, Optyka, PWN Warszawa 1983

(D) Introduction to classical and modern optics, Jurgen R. Meyer-Arendt, 4-th edition, Prentice Hall, 1995