

# Podstawy fizyki IV — Egzamin

11.06.2013

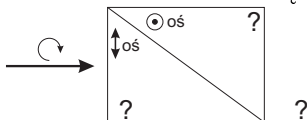
Egzamin składa się z części testowej i zadań obliczeniowych, zadania zostały posortowane wg stopnia trudności (w odczuciu prowadzącego). W sumie możesz uzyskać 40 punktów. Na rozwiązanie zadań i testu masz 3.5 h. Test oraz każde z zadań obliczeniowych oddawaj na osobnych kartkach. Formułuj klarowne odpowiedzi.

Na egzaminie możesz korzystać z jednej kartki A4 z własnoręcznymi notatkami, kalkulatora i i dwóch kartek z notatkami z poprzednich kolokwii. W przypadku wszelkich wątpliwości co do znaczenia treści zadań pytaj prowadzącego.

## Test (10 pkt)

Udziel krótkiej odpowiedzi wraz z uzasadnieniem. Za każde z zadań możesz dostać 1 pkt.

1. Co można powiedzieć o długości sygnału w czasie jeżeli a) jego widmo jest bardzo wąskie b) jego widmo jest bardzo szerokie?
2. Masz do dyspozycji wskaźnik laserowy i wszystko co znajdziesz w tej sali z wyjątkiem rzeczy osobistych. W jaki sposób określisz kierunek polaryzacji wskaźnika laserowego?
3. Czy bardzo cienkie szklane włókno, ale o jednorodnym współczynniku załamania może być światłowodem? Nie zależnie od odpowiedzi, uzasadnij.
4. Nałożono na siebie dwie fale płaskie o tej samej polaryzacji liniowej i tej samej długości fali o wektorach falowych pod niewielkim kątem. Na ekranie zaobserwowano prążki interferencyjne. Następnie jednej z wiązek obrócono polaryzację o  $90^\circ$ . Co zaobserwowano na ekranie?
5. Światło ma pewną polaryzację eliptyczną (nie liniową i nie kołową). Czy i jak za pomocą płytki ćwierćfalowej można przetransformować tę polaryzację eliptyczną na polaryzację kołową? Podaj transformację na sferze Poincare, która pokaże, że taka transformacja jest możliwa lub argument za tym, że jest niemożliwa.
6. Na kryształ dwójłomny składający się z dwóch kawałków o prostopadłych osiach optycznych pada promień światła o polaryzacji kołowej tak jak na rysunku poniżej. Narysuj dalszy bieg promieni oddając jakościowo kierunki rozchodzenia się światła. Pomiń odbicia na granicach ośrodków.



7. Jak za pomocą szklanej płytki płaskorównoległej o znanym współczynniku załamania, spektromentru i krótkiego impulsu laserowego wyznaczyć grubość płytki?
8. Do interferometru Michelsona-Morleya o równej długości ramion, wpuszczono pojedynczy foton. Którędy foton wyjdzie z interferometru? (Zrób rysunek i uzasadnij).
9. Jak zmieni się natężenie światła II harmonicznej jeżeli dwukrotnie wydłużymy ośrodek nieliniowy a) w przypadku gdy zachodzi warunek dopasowania fazowego (ilościowo) b) gdy warunek dopasowania fazowego nie jest spełniony (jakościowo)?
10. Zaproponuj dowolne (ale realistyczne) doświadczenie w którym można stwierdzić, czy światło jest spolaryzowane prawoskrętnie lub lewoskrętnie.

## Zadania obliczeniowe

**Zadanie 1 (10 pkt)** W odległości  $d$  umieszczono równoległe dwie końcówki światłowodów jednomodowych. Z obu światłowodów wychodzi monochromatyczne światło o częstotliwości  $\omega_0$  w podstawowym modzie przestrzennym, które w przekroju poprzecznym można opisać funkcją Gaussa:  $E(\rho) = E_0 e^{-\rho^2/2a^2}$ , gdzie  $\rho$  to odległość od osi światłowodu. W odległości  $D \gg d$  od światłowodów umieszczono ekran. Znajdź natężenie światła na ekranie.

**Zadanie 2 (10 pkt)** W odległości  $D = 3$  m od Ciebie stoi nieznośny dzieciak z sąsiedztwa, który próbuje zaświecić Ci laserem w oko. Niestety najprawdopodobniej mu się to uda. Jedyne co możesz zrobić, to wiedząc jak działa oko i jak propaguje się wiązka gaussowska zmienić ogniskową soczewki oka (np. poprzez ostre spojrzenie na obiekt w pewnej znanej odległości) by zminimalizować zniszczenia siatkówki. W kolejnych podpunktach zadania opracujesz strategię obrony<sup>1</sup>.

a) Na początku oblicz w jakiej odległości od dzieciaka z sąsiedztwa średnica plamki z lasera wzroście o czynnik  $\sqrt{2}$ ? Laser dzieciaka ma średnicę odpowiadającą parametrowi  $w_0 = 3$  mm w przewężeniu które znajduje się w wyjściu ze wskaźnika. Laser jest zielony i ma długość fali  $\lambda = 532$  nm.

b) Dla jakiej odległości patrzenia zniszczenia w Twoim oku trafionym przez laser w odległości  $D = 3$  m będą największe? Oszacuj natężenie na siatkówce oka (w jednostkach  $\text{mW}/\text{cm}^2$ ), jeżeli moc lasera wynosi  $P = 5$  mW. Uprość maksymalnie obliczenia stosując odpowiednie przybliżenia.

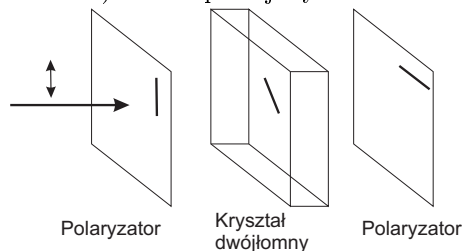
a) Zaproponuj, na jak daleki obiekt powinieneś spojrzeć, żeby zniszczenia w Twoim oku były jak najmniejsze? Oblicz minimalne natężenie światła na siatkówce przy odpowiednio dobranej akomodacji oka.

Oko ludzkie posiada soczewkę, która zmienia swą ogniskową umożliwiając ostre widzenie w zakresie od 25 cm do  $\infty$ . Przyjmij prosty model w którym oko to soczewka o zmiennej ogniskowej za którą w odległości 2 cm znajduje się siatkówka.

**Zadanie 3 (10 pkt)** Pomiedzy dwa prostopadle skrzyżowane polaryzatory wstawiono ośrodek dwójłomny o osi pod kątem  $45^\circ$  do obu polaryzatorów (patrzy rysunek poniżej). Ośrodek dwójłomny ma grubość  $d$  i posiada współczynniki załamania  $n_o$  i  $n_e$  odpowiednio dla dwóch polaryzacji promienia zwyczajnego i nadzwyczajnego.

a) Oblicz widmo transmisji natężeniowej takiego układu  $T(\omega)$  dla niespolaryzowanego światła padającego.

b) Przez układ przepuszczono impuls laserowy o polu elektrycznym  $E(t) = E_0 \text{rect}(t, \tau) e^{i\omega_0 t}$  o polaryzacji równoległej do osi pierwszego polaryzatora. Funkcja  $\text{rect}(t, \tau)$  to funkcja która przyjmuje wartość 1 dla  $t \in (0, \tau)$  i 0 w przeciwnym przypadku. Znajdź pole elektryczne w czasie na wyjściu z układu, narysuj wykres obwiedni w czasie (jakościowo) i zinterpretuj wynik.



<sup>1</sup>Trywialne odpowiedzi typu: zamykam oczy lub odwracam się, nie będą uznawane.