

# Podstawy fizyki III — Egzamin

3.02.2014

Egzamin składa się z części testowej i zadań obliczeniowych, zadania zostały posortowane wg stopnia trudności (w subiektywnym 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 i staraj się pisać wyraźnie.

Na egzaminie możesz korzystać z jednej kartki A4 z własnoręcznymi notatkami, kalkulatora. Możesz mieć też 2 kartki z notatkami, które przygotowałeś na kolokwia. 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. Odpowiedzi bez uzasadnienia nie będą brane pod uwagę!

1. Białe światło przeszło przez otwór kołowy i oświetliło ekran. Na ekranie pojawiła się biała okrągła plama z kolorową obwódką. Narysuj jakościowo położenia, w których pojawią się kolory zielony, niebieski i czerwony.
2. Podaj stan polaryzacji światła po przejściu przez płytkę półfalową w funkcji kąta obrotu osi płytki, jeżeli na płytkę falową pada światło o polaryzacji kołowej prawoskrętnej.
3. Wyjaśnij dlaczego płyta CD może być odczytana w napędzie DVD, a płyta DVD nie może być odczytana przez napęd CD. Podaj fizyczny powód.
4. Skrzyżowano dwie wiązki laserowe pod niewielkim kątem. Za przecięciem wiązek umieszczono pewien układ optyczny. Jaki warunek musi spełniać macierz ABCD tego układu aby wiązki z lasera zaraz po wyjściu z tego układu były również na pewno skrzyżowane?
5. Na folii nadrukowano gęsto pewien wzór a następnie oświetlono go światłem z lasera. Na ekranie daleko od folii pokazał się pewien układ plamek. Jak zmieni się ten układ plamek, jeżeli nadrukujemy na folii identyczny wzór, ale powiększony dwukrotnie?
6. Pomiędzy dwa skrzyżowane pod kątem  $90^\circ$  stopni polaryzatory wstawiono kryształ dwójłomny o osi równoległej do kierunku osi drugiego polaryzatora. Narysuj widmo transmisji natężeniowej układu.
7. 5 fal o tej samej częstotliwości zinterferuje konstruktywnie, gdy różnice faz pomiędzy falami będą całkowitymi wielokrotnościami  $2\pi$ . Jakie muszą być względne fazy pomiędzy tymi falami, by zaszła całkowita interferencja destrukcyjna. Podaj jeden konkretny przykład.
8. Nowoczesne aparaty fotograficzne wyposażone są w optyczną stabilizację obrazu, która kompensuje drżenie ręki. Jeżeli aparat w twojej ręce obróci się trochę w lewo, układ optyczny przesunie obraz na matrycy tak, że jego położenie pozostanie takie samo względem matrycy. Stabilizację tą najczęściej uzyskuje się poprzez szybkie ruchy jedną z soczewek obiektywu. Czy te ruchy to: a) pochylanie soczewki b) przesuwanie soczewki prostopadle do osi aparatu c) przesuwanie soczewki równoległe do osi aparatu? Uzasadnij odpowiedź.

9. Z kryształu dwójłomnego wycięto dwa kawałki i ustawiono jak na rysunku. Narysuj dalszy bieg promieni światła w układzie jak na Rys. 1. Załóż, że współczynniki załamania są tak dobrane, że nie może zajść zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia.
10. Obrazowód to pęk światłowodów blisko siebie, jeden obok drugiego, które biegną równolegle a jego dwa końce są płasko wypolerowane. Gdy zbliżymy bardzo blisko jeden koniec obrazowodu do jasno oświetlonej powierzchni zdjęcia to na drugim jego końcu zobaczymy fragment tego zdjęcia. Gdy oddalimy końcówkę obrazowodu od zdjęcia obraz na drugim końcu bardzo szybko się rozmaże i będzie nieczytelny. Wyjaśnij dlaczego tak się dzieje.

**Zadanie 1 (10 pkt)** Galwanometr lustrzany to bardzo popularny sposób na szybkie odchylenie wiązki laserowej pod dowolnym kątem używany np. w pokazach laserowych albo w mikroskopii. Jest to lustro, które bardzo szybko można pochylać w jednej lub w dwóch osiach. W tym zadaniu dla uproszczenia rozważ sytuację dwuwymiarową, gdzie lustro można pochylać tylko w jednej osi.

- (a) Narysuj jak za pomocą lasera, soczewki o ogniskowej  $f$  i galwanometru lustrzanego zrobić skaner laserowy, który będzie oświetlał różne punkty przedmiotu skanowanego, ale za każdym razem będzie emitował wiązkę równoległą do poprzedniej. Patrz rysunek 2.
- (b) Znajdź macierz ABCD przejścia promieni od lustra do skanowanego przedmiotu, jeżeli przedmiot znajduje się w odległości  $D$  od lustra.
- (c) Lustro można obracać z maksymalną prędkością kątową  $\Omega_{max} = d\theta/dt$ . Oblicz maksymalną prędkość liniową plamki na ekranie  $v_{max} = dx/dt$ .

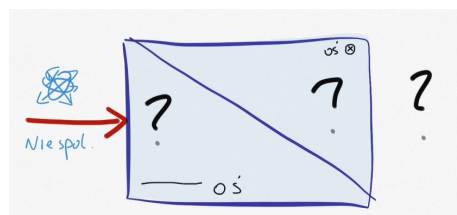
**Zadanie 2 (10 pkt)** Do generacji supercontinuum zazwyczaj używa się specjalnych światłowodów o małej średnicy rdzenia w których materiał światłowodu dobrano tak, że jego dyspersja II rzędu wynosi zero, dzięki czemu impuls nie wydłuża się w czasie propagując się z tym samym maksymalnym natężeniem szczytowym. Impuls gausowski o amplitudzie spektralnej  $\tilde{A}(\omega) = A_0 \exp(-(\omega - \omega_0)^2/2\Delta\omega^2)$  i o dużym natężeniu przeszedł przez kawałek takiego światłowodu o długości  $L$ . W światłowodzie dominują efekty nieliniowe trzeciego rzędu. Równanie propagacji wolno zmiennej obwiedni impulsu w układzie poruszającym się z jego prędkością grupową można opisać równaniem:

$$\frac{\partial A(t)}{\partial z} = i\gamma|A(t)|^2 A(t)$$

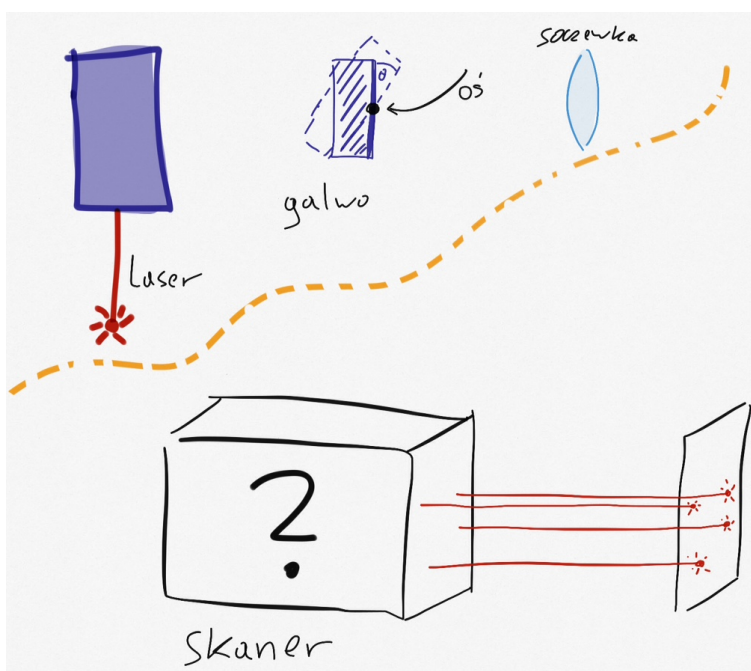
Oblicz o ile poszerzy się widmo impulsu w tym światłowodzie.

**Wskazówki:** Odpowiedz na pytanie: jaka zależność fazy od czasu będzie powodowała poszerzenie widma? Zastosuj następujące przybliżenia: przyjmij, że  $|A(t)|^2$  nie zmienia się podczas propagacji – to przybliżenie szalenie uprości równanie. Rozwiąż to równanie różniczkowe. Następnie dokonaj rozwinięcia  $|A(t)|^2$  w szereg Taylora aż do tego rzędu który jako pierwszy będzie powodował efekt poszerzenia widma, a kolejne, wyższe rzędy rozwinięcia szeregu pomiń.

**Zadanie 3 (10 pkt)** Wskaźniki laserowe można często kupić z różnymi nakładkami. Świecąc na ścianę, zamiast zwykłej pojedynczej plamki można wyświetlić różne kształty a nawet napisy. Po nałożeniu pewnej nakładki na zielony laser o długości fali 532 nm, na ekranie w odległości 30 cm wokół centralnej jasnej plamki pojawiło się 34 ciemniejszych plamek równo rozłożonych na okręgu o promieniu 4 cm. Poza tymi w sumie 35 plamkami ekran jest ciemny. (a) Wiedząc, że nakładka jest siatką, która moduluje tylko amplitudę fali, bez modulacji fazy, wyznacz przestrzenny rozkład transmisji amplitudowej siatki  $t(x, y)$ . (b) Znajdź stosunek natężenia plamki centralnej do natężenia jednej z plamek na okręgu. (c) Jeżeli zamiast 34 plamek chciałbyś stworzyć siatkę, która wyprodukuje ciągły okrąg, to jaki będzie rozkład transmisji siatki?



Rysunek 1: Test zad. 9. Zaznaczono kierunek osi dwóch kawałków kryształu dwójłomnego. Na wejściu światło niespolaryzowane.



Rysunek 2: Skaner laserowy, zadanie 1.