

Podstawy fizyki IV — Kolokwium I

25.03.2013

Kolokwium składa się z części testowej i zadań obliczeniowych. 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. W zadaniach obliczeniowych 1 i 2 oprócz wzorów podaj wartości liczbowe.

Na kolokwium możesz korzystać z jednej kartki A4 z własnoręcznymi notatkami oraz kalkulatora. 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. Pod jakim kątem należy zaświecić wskaźnikiem laserowym w płasko-równoległą szybę ($n = 1.5$), żeby światło uległo całkowitemu wewnętrznemu odbiciu na granicy szkło-powietrze? Szyba ma dużą powierzchnię, wskaźnikiem świecimy w okolicy jej środka, z dala od krawędzi.
2. Słaby impuls laserowy po przejściu przez szkło wydłużył się w czasie pięciokrotnie. Jak zmieniło się widmo $|\tilde{E}(\omega)|^2$ jeżeli wydłużenie nastąpiło tylko w wyniku liniowych efektów dyspersyjnych.
3. Trzy wiązki laserowe: czerwoną, zieloną i niebieską skierowano na pryzmat wykonany ze szkła o normalnej dyspersji. Po przejściu przez pryzmat wiązki nałożyły się tworząc biały promień światła. Narysuj opisaną sytuację i podpisz kolejność laserów.
4. Fala elektromagnetyczna o polu $E(t)$ pada na ośrodek, którego dyspersja opisana jest modelem Lorentza. O ile w fazie będzie przesunięta polaryzacja elektryczna $P(t)$ jeżeli fala padająca jest a) w rezonansie z ośrodkiem b) jest odstrojona daleko od rezonansu?
5. W ośrodku liniowym polaryzacja dla fali o określonej częstotliwości ω jest proporcjonalna do pola elektrycznego $\tilde{P}(\omega) = \epsilon_0 \tilde{\chi}(\omega) \tilde{E}(\omega)$. Ile wynosi podatność elektryczna $\chi(t)$ w dziedzinie czasu dla $t < 0$?
6. Rozważmy falę elektromagnetyczną propagującą się w próżni wzdłuż osi Z . W pewnym punkcie w przestrzeni z_0 pole elektryczne fali elektromagnetycznej wynosi $E(z_0, t) = E_0 \cos \omega_0 t$. Następnie na drodze propagacji fali (czyli w obszarze $z < z_0$) umieszczono ośrodek absorbujący, który zaabsorbował połowę natężenia fali i przepuścił połowę natężenia fali padającej. Podaj pole elektryczne $E_P(z_0, t)$ wyemitowane przez sam ośrodek absorbujący w punkcie z_0 .
7. Przekonałiśmy się, że im krótszy sygnał jest w czasie tym szersze posiada widmo (np. femtosekundowe impulsy światła mają szerokość widma rzędu 10 nm). Dlaczego zatem światło słoneczne, którego szerokość widmowa jest rzędu $1 \mu\text{m}$ nie jest emitowana w postaci krótkich błysków tylko w sposób ciągły? Podaj jakościowe wyjaśnienie nawiązując do odwrotnej transformaty Fouriera.
8. Przestrzeń wypełniona jest materiałem o współczynniku załamania n_1 dla $|z| > a$ oraz materiałem o współczynniku załamania $n_2 > n_1$ dla $|z| < a$. Ośrodek ten zachowuje się jak światłowód planarny i dla pewnej długości fali λ mogą się w nim propagować dwa mody światła. Ile modów będzie światłowodzonych w analogicznej konfiguracji z odwrotnymi współczynnikami załamania (tj. dla $|z| > a$ współczynnik załamania wynosi n_2 , a dla $|z| < a$ współczynnik załamania $n_1 < n_2$).
9. Podaj przykład sytuacji w której zobaczysz pełen okrąg tęczy (opisz położenie słońca, obserwatora i tęczy).
10. Podaj jednowymiarowe równanie falowe dla na wolno zmienną obwiednię pola $A(z, t)$ w próżni. Zastosuj przybliżenie wolno zmiennej amplitudy zarówno w czasie i przestrzeni, zakładając, że pole elektryczne ma postać: $E(z, t) = A(z, t)e^{i(k_0 z - \omega_0 t)}$, gdzie $\omega_0/k_0 = c$.

Zadania obliczeniowe

Zadanie 1 (10 pkt) Wiązka laserowa o mocy $P_{tot} = 1$ mW pada prostopadle na powierzchnię rozpraszającą, zanurzoną w wodzie ($n = 1.33$) o głębokości $d = 1$ cm.

Oblicz natężenie oświetlenia powierzchni pod wodą (w jednostkach W/cm^2). Podaj i naszkicuj zależność $I(R)$ natężenia od odległości od plamki lasera. Oblicz maksymalne natężenie oświetlenia $I_{max} = I(R_{max})$ oraz odległość R_{max} .

Załącz, że punkt w który świeci laser rozprasza jednorodnie światło w połowę kąta bryłowego. Całkowita moc światła rozpraszanego to połowa mocy wiązki padającej czyli 0.5 mW. W obliczeniach pomiń odbicia inne niż całkowite. Załącz, że plamka z lasera jest bardzo mała (nie musisz podawać w tym miejscu oświetlenia), laser jest niespolaryzowany.

Zadanie 2 (10 pkt) Podaj sposób na zmierzenie grubości płasko - równoległej płytki szklanej za pomocą impulsu laserowego i przy użyciu spektrometru.

Narysuj konfigurację w przestrzeni: wiązka laserowa, płytka szklana, spektrometr. Podaj wzór na zmierzone widmo przez spektrometr i formułę na grubość płytki d , obliczoną na podstawie tego widma. Oszacuj maksymalną i minimalną grubość płytki jesteś w stanie zmierzyć przy założeniu, że spektrometr mierzy widmo w zakresie 600 nm – 1000 nm a jego rozdzielczość wynosi $\delta\lambda = 0.5$ nm.

Założenia: Współczynnik załamania płytki $n = 1.5$, zaniedbaj dyspersję materiału płytki oraz wielokrotne odbicia od płytki (amplitudowy współczynnik odbicia jest dużo mniejszy od jedynki, zaniedbaj człony proporcjonalne do kwadratu i wyższych potęg tego współczynnika). W powietrzu załącz gaussowski impuls laserowy: $E(t) = E_0 e^{-t^2/2\tau^2} \cos \omega_0 t$, $\omega_0 = 2\pi c/\lambda_0$, $\lambda_0 = 800$ nm, $\tau = 10$ fs. Przyjmij, że spektrometr mierzy widmo sygnału: $|\tilde{E}(\omega)|^2$, ale jak każde urządzenie fizyczne ma pewien poziom szumów, które w tym przypadku uniemożliwiają odczyt wartości sygnału poniżej $e^{-4} \approx 2\%$ wartości maksymalnego odczytu.

Zadanie 3 (10 pkt) Udowodnij, że w idealnym przewodniku iloczyn prędkości fazowej v_f i grupowej v_g fali elektromagnetycznej jest stała i w szczególności nie zależy od częstości fali ω oraz koncentracji nośników w przewodniku. Podaj ile wynosi ta stała.