

# Zadania

Podstawy fizyki IV - ćwiczenia 20  
Radek Chrapkiewicz

08.05.2013

1. Pokaż, że fala sferyczna spełnia skalarne równanie Helmholtza.
2. Na podstawie zasady Huygensa i korzystając z wyników poprzedniego zadania wyprowadź wzór na pole elektryczne po przepropagowaniu się na odległość  $L$  za otworem w płaszczyźnie  $z = 0$ . Załóż, że znasz postać pola w tej płaszczyźnie:  $E(x, y, 0)$ .
3. Znajdź stałą normalizacyjną w całce Fresnela wyprowadzonej w poprzednim zadaniu. Skorzystaj z faktu, że dyfrakcja na nieskończonym otworze jest równoważna propagacji fali płaskiej.
4. Znajdź pole elektryczne i natężenie światła na osi za dyskiem o średnicy  $a$  korzystając z przybliżenia Fresnela przy oświetleniu płaską monochromatyczną falą. Wykonując ten rachunek w najprostszy sposób przekonasz się o pochodzeniu słynnej *plamki Arago*.
5. Wykorzystując rachunki z poprzedniego zadania podaj pole elektryczne na osi za *otworem* kołowym o średnicy  $a$ . Podaj pole w funkcji odległości od środka otworu  $L$ .
6. Pokaż, że dla otworka o małej średnicy natężenie światła maleje proporcjonalnie do  $1/L^2$ , identycznie jak w fali sferycznej.
7. Przeanalizuj jak będzie się zmieniać pole na osi lub w konkretnym punkcie osi, w funkcji wielkości średnicy otworka. Zobacz, że poszerzanie otworu dodaje nam kolejne strefy Fresnela, z których fale kolejno dodają się w fazie i odejmują, tworząc minima i maksima natężenia światła.
8. W prosty sposób możemy dopuścić tylko te strefy Fresnela, z których światło będzie interferowało konstruktywnie w określonym punkcie. Przykładowo, przez nadrukowanie na kawałek folii odpowiedniej maski, można przepuszczać światło tylko z wąskich promieni o kolejnych promieniach  $r_n$ . Taka maska nazywa się płytką strefową Fresnela i może działać jak soczewka. Jeżeli interferencja konstruktywna przy oświetleniu monochromatycznym ma zajść w odległości  $f$  od płytki strefowej, jakie będą promienie kolejnych pierścieni  $r_n$ ? Więcej o płytkach m.in. na wikipedii: [http://pl.wikipedia.org/wiki/P%C5%82ytka\\_strefowa](http://pl.wikipedia.org/wiki/P%C5%82ytka_strefowa) i dalej w zadaniach domowych.

## Zadania domowe

1. Przed dyskiem o promieniu  $a$ , w odległości  $D$  umieszczono źródło fali sferycznej o długości fali  $\lambda$ . Znajdź pole i natężenie światła na osi za dyskiem.
2. Na ćwiczeniach obliczyliśmy, że kolejne pierścienie w płytce strefowej Fresnela powinny mieć promienie:  $r_n \simeq \sqrt{n\lambda f}$ . Czy warunek interferencji konstruktywnej na osi zajdzie tylko w odległości  $f$  od płytki? Jeżeli nie, to w jakich innych odległościach nastąpi ogniskowanie?
3. Tworzenie płytki z wąskich pierścieni jest bardzo nieefektywne ponieważ tracimy bardzo dużo światła. Zaproponuj jaką szerokość powinny mieć pierścienie płytki strefowej by działała efektywnie? Zaproponuj sensowne kryterium efektywności.
4. Znajdź pole na osi za maską o amplitudowym współczynniku transmisji  $t(r) = \cos(kr^2)$ .

## Literatura

Poniżej ciekawe artykuły na temat płytek strefowych, które powstały po warsztatach licealistów z KFnRD w minionych latach:

1. [http://ultrafast.fuw.edu.pl/publications/ajp\\_2008.pdf](http://ultrafast.fuw.edu.pl/publications/ajp_2008.pdf)
2. <http://mimuw.edu.pl/delta/artykuly/delta2010-05/2010-05-swiatlo.pdf>