

ZESTAW 12

ELEKTROMAGNETYZM I OPTYKA FISIS-FT-1 S2 GR. 1

Kontakt: Radosław Strzałka, pok. 315/D10, mail: strzalka@fis.agh.edu.pl

Zestawy dostępne pod adresem: http://galaxy.agh.edu.pl/~strzalka/#dydaktyka#eio_ft

Tematyka: Fale e-m w ośrodku, współczynnik załamania światła, współczynnik transmisji i odbicia; prawo załamania; wzory Fresnela; polaryzacja; soczewki; zwierciadła.

- [por. Griffiths R.9.3.1] Zapisz równania Maxwella w ośrodku materialnym (liniowym i jednorodnym, tzn. o stałych w czasie ϵ_r i μ_r) bez swobodnych ładunków i prądów.
 - Jaka jest definicja współczynnika załamania ośrodka materialnego?
 - Na płaską granicę rozdziału dwóch izotropowych ośrodków materialnych o współczynnikach załamania n_1 i n_2 pada prostopadłe fala elektromagnetyczna płaska. Wyznaczyć współczynnik odbicia R i współczynnik transmisji T dla tej fali, tj. stosunek odpowiednich natężeń fali (odbitej / przechodzącej do padającej). Pokazać, że $R + T = 1$. Obliczyć R i T dla fali padającej z powietrza ($n_1 = 1$) na szkło ($n_2 = 1,52$).
 - Ile wynoszą R i T dla dwóch ośrodków o względnych przenikalnościach elektrycznych i magnetycznych równych $\epsilon_1 = 2$, $\epsilon_2 = 8$, $\mu_1 = \mu_2 = 1$? (*Komentarz. Dla większości ośrodków przezroczystych $\mu_r \approx 1$, stąd $n \approx \sqrt{\epsilon_r}$.*)
- [por. Griffiths R.9.3.2] Rozważyć falę padającą na granicę dwóch ośrodków materialnych ukośnie (np. pod kątem θ_i). Na podstawie warunków brzegowych (ciągłość składowych równoległych i prostopadłych) wyprowadzić 3 podstawowe prawa optyki geometrycznej: (I) promień padający, odbity i załamany leżą w jednej płaszczyźnie, (II) kąt padania θ_i jest równy kątowi odbicia θ_r , (III) prawo załamania (prawo Snella): $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$.
- [por. ODI 2022/23-I-5] Promień światła wpada z powietrza do kulistej kropli wody pod kątem α i wychodzi z niej po jednokrotnym odbiciu. Proszę znaleźć zależność kąta θ odchylenia promienia wychodzącego z kropli od kierunku promienia padającego oraz wykreślić zależność $\theta(\alpha)$. Ustalić dla jakiego kąta padania, kąt odchylenia ma wartość maksymalną i ile one wynoszą dla wody. Następnie, dla dwóch wartości $n = 1,331$ oraz $n = 1,343$ (odpowiadających barwom czerwonej i fioletowej) określić szerokość kątową tęczy.
- [por. Griffiths R.9.33.] Zapisać wzory (równania) Fresnela na amplitudy fali odbitej i przechodzącej jako funkcji amplitudy fali padającej pod kątem θ_i przy polaryzacji w płaszczyźnie padania. Pokazać jak wzory te redukują się dla padania prostopadłego ($\theta_i = 0^\circ$) i prawie stycznego ($\theta_i \approx 90^\circ$). Znaleźć wyrażenie na kąt Brewstera (kąt całkowitej polaryzacji wiązki odbitej - fala odbita jest wtedy wygaszona). Ile wynosi kąt Brewstera dla szkła? (*) Wyprowadź wzory Fresnela.
- Wyprowadź zależność amplitudy i natężenia fali przechodzącej przez polaryzator w dwóch przypadkach: (i) fala padająca jest spolaryzowana, a kąt między kierunkiem polaryzacji fali i polaryzatora jest φ , (ii) fala padająca jest niespolaryzowana. Następnie rozwiąż zadanie: 3 polaryzatory ustawione są jeden za drugim tak, że kierunki polaryzacji sąsiednich polaryzatorów skrócone są o 45° . Jaki ułamek natężenia padającej wiązki światła niespolaryzowanego będzie stanowić natężenie światła po przejściu przez ten układ? Jak zmieni się wynik, jeśli usuniemy środkowy polaryzator?
- [por. openstax.pl T.3 Z1.92, HRW 34.53] Jaki musi być co najmniej współczynnik załamania dla materiału światłowodowego? Chcemy, aby światło wpadające do światłowodu z próżni przez podstawę nie opuściło go przez żadną ze ścian bocznych.
- [HRW 34.51] Monochromatyczna wiązka światła pada na pryzmat o kącie łamiącym ϕ pod kątem α i opuszcza pryzmat pod takim samym kątem α . Pokaż, że współczynnik załamania szkła, z którego wykonano pryzmat, wynosi $n = \frac{\sin \frac{1}{2}(\theta + \phi)}{\sin \frac{1}{2}\phi}$, gdzie θ jest kątem odchylenia pryzmatu. Ponadto pokaż, że kąt odchylenia θ jest najmniejszy możliwy właśnie przy takim symetrycznym przebiegu promienia padającego i przechodzącego.
- Masz do dyspozycji bryłki szkła o $n = 1,52$ i maszynę do szlifowania soczewek, która umożliwi otrzymanie powierzchni (wypukłej lub wklęsłej) o promieniach krzywizny 40 cm lub 60 cm. Ile różnych soczewek możesz wykonać? Ile wynoszą ogniskowe tych soczewek?

9. Dysponujesz soczewką płasko-wypukłą o nieznannej ogniskowej. Zmierzyłeś, że grubość soczewki (w najszerszym miejscu) wynosi d , a jej średnica h . Szacujesz, że szkło, z którego wykonano tę soczewkę, ma współczynnik załamania $n = 1,52$. Ile wynosi ogniskowa tej soczewki w powietrzu, a ile w oleju ($n = 1,49$)?
10. Wzór szlifierzy soczewek dla soczewek grubych w powietrzu ma poprawkę $\frac{(n-1)d}{nR_1R_2}$ w drugim nawiasie. Na ile jest ona istotna? Zbadaj wpływ grubości soczewki dwuwypukłej d na błąd w oznaczeniu ogniskowej z i bez tej poprawki.
11. [por. HRW 35.12] Wzdłuż osi optycznej zwierciadła sferycznego o promieniu krzywizny r do zwierciadła zbliża się z prędkością v_P świecący przedmiot. Pokaż, że obraz tego przedmiotu porusza się z prędkością $v_O = -\left(\frac{r}{2p-r}\right)^2 v_P$, gdzie p jest chwilową odległością świecącego przedmiotu od zwierciadła. Następnie wykreśl zależność $v_O(p)$ i przedyskutuj, jak zmienia się prędkość obrazu w miarę zbliżania się i przechodzenia przedmiotu przez ognisko oraz dalszego zbliżania do zwierciadła.
12. [HRW 35.31] Odległość między świecącym przedmiotem i ekranem wynosi D . Pomiędzy ustawiamy soczewkę skupiającą o ogniskowej f . Obraz rzeczywisty powstaje dla dwóch położeń soczewki.
- (a) Wykaż, że odległość między tymi położeniami wynosi $d = \sqrt{D(D-4f)}$.
- (b) Wykaż, że stosunek wysokości tych dwóch obrazów jest równy $\left(\frac{D-d}{D+d}\right)^2$.
- Uwaga. Obserwacja ta stanowi podstawę metody Bessela wyznaczania ogniskowej soczewki, co jest tematem ćw. 53 na I Pracowni fizycznej.*
13. Zastosuj metodę konstrukcji biegu promieni, aby utworzyć ostateczny obraz przedmiotu ustawionego daleko od soczewki skupiającej ($x > 2f$), za którą ustawiono zwierciadło wklęsłe (środek krzywizny zwierciadła znajduje się w odległości $d > \text{kilka } f$). Potwierdź konstrukcję rachunkiem dla $z = \frac{1}{f} = 2 D$, $x = 150$ cm, $d = 100$ cm i promienia krzywizny zwierciadła $r = 10$ cm. Jak zmieniają się wyniki, jeśli zamienimy soczewkę na wklęsłą o $z = -2 D$?
14. W jakiej odległości od soczewki skupiającej o ogniskowej f należy umieścić przedmiot, aby uzyskać powiększenie $p = 3$, a w jakiej, by powiększenie było $p = 1/3$? Gdzie trzeba by ustawić przedmiot przed soczewką rozpraszającą o ogniskowej $-f'$, aby powiększenie było $p' = 1/3$?
15. Pokaż, że równanie soczewkowe Gaussa: $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$ jest równoważne równaniu soczewkowemu Newtona: $x'y' = f^2$ (x'/y' są odległościami przedmiotu/obrazu od ognisk soczewki).