

Poprzeczny efekt Dopplera i zjawisko aberracji dla fal mechanicznych

Kazimierz Turzyniecki

Kolegium KSW, Warszawa

Zjawisko aberracji położenia gwiazd odkrył w roku 1725 James Bradley. Zjawisko zmiany częstotliwości odbieranych fal w stosunku do częstotliwości fal wytwarzanych przez źródło odkrył w roku 1842 Christian Doppler. Doppler pierwszy zdał sobie sprawę z powiązania obu tych zjawisk. „Wydaje się pewne, że niniejszy wywód, pod warunkiem, że jest poprawny, tworzy podstawy teorii, w której słynna Bradley’owska nauka o aberracji, dotycząca tylko zmiany kierunku, stanowi jej integralną część”. [1] Jednak w swojej pracy z 1842 roku Doppler nie rozpatrywał zjawiska Bradleya. Ograniczył się jedynie do opisu szczególnych przypadków odkrytego przez siebie zjawiska. „Jeśli obserwator i źródło fali zbliżają się do siebie lub od siebie oddalają, to kierunek ich ruchu, o ile jest prostoliniowy, można połączyć w jedną linię albo też kierunek ich ruchu tworzy kąt z kierunkiem odbieranych fal. Ostatniego punktu nie bierzemy pod uwagę w naszej bieżącej analizie”. [1] Choć Doppler odkrył zjawisko dla fal wodnych, był przekonany, że dotyczy ono także fal akustycznych i fal świetlnych.

W 1886 roku Lorentz rozpoczął wyjaśnianie optycznego zjawiska Dopplera i związanego z nim zjawiska aberracji położenia gwiazd tworząc teorię, która zawierała elementy teorii Fresnela i Stokes’a. Metoda Lorentza była oparta na założeniu, że faza fali miała tę samą wartość liczbową w każdym układzie odniesienia.

„W sąsiedztwie Ziemi, ale w odległości jeszcze wystarczająco dużej, by eter mógł być uważany za nieruchomy, fale świetlne wysyłane przez gwiazdę ilustruje równanie

$$\omega = a \cos 2\pi N \left[t - \frac{x' \cos \alpha + y' \cos \beta + z' \cos \gamma}{A} + \delta \right], \quad (1)$$

gdzie ω jest wielkością, która opisuje rozchodzące się drgania, N jest liczbą drgań na jednostkę czasu, natomiast α , β , γ są kątami kierunkowymi fali w układzie gwiazdy. Rozchodzenie się tej fali w układzie Ziemi można także przedstawić za pomocą równania

$$\omega = a \cos 2\pi N' \left[t - \frac{xc \cos \alpha + yc \cos \beta + zc \cos \gamma}{A'} + \delta \right], \quad (2)$$

jeśli do tego równania wstawimy

$$N' = N \left(1 - \frac{gc \cos \alpha}{A} \right) \text{ i } A' = A - gc \cos \alpha.$$

Stąd wynika, że przez punkt o współrzędnych x , y , z , poruszający się wraz z Ziemią, kolejne fale przebiegają nie N razy na sekundę, lecz N' razy. Właśnie taką zmianę częstotliwości fal przewiduje zasada Dopplera. Wielkość A' jest prędkością względną fal świetlnych określoną w układzie Ziemi”. [2] Wynik zasugerowany przez Lorentza wykluczał poprzeczny efekt Dopplera, tak dla fal świetlnych, jak i dla fal mechanicznych.

Mimo że zjawisko Dopplera dla fal mechanicznych zostało odkryte 175 lat temu, to do dzisiaj opracowania podręcznikowe [3] i encyklopedyczne [4] nie uwzględniają aberracji i nie przewidują poprzecznego efektu Dopplera dla tych fal.

W prezentacji zostanie przedstawione ogólne rozwiązanie problemu dla wszystkich kierunków odbieranych przez odbiornik fal, nie tylko fal odbieranych pod kątami 0° i 180° , uwzględniające zjawisko aberracji. Rozwiązanie to przewiduje poprzeczny efekt Dopplera dla fal mechanicznych. Zostanie zaprezentowana nowa metoda rozwiązania problemu.

[1] Ch. Doppler, O barwnym świetle gwiazd podwójnych, Abh. Königl. Böhm. Ges. Wiss. 2, Prag (1842) 465

[2] H. Lorentz, O wpływie ruchu Ziemi na zjawiska świetlne, Versl. Kon. Akad. Wet. Amsterdam, 2. (1886)

[3] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, Podstawy Fizyki. Tom 2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015

[4] B. Jaworski, A. Dietlaf, Fizyka – poradnik encyklopedyczny, Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2004