

Zjawisko Dopplera

OPRACOWANIE

Zjawisko Dopplera

Każdy z nas był świadkiem lub chociaż widział dzięki programom edukacyjnym zjawisko zwane efektem Dopplera. Polega ono na względnej zmianie częstotliwości fali odbieranej przez przyrządy rejestrujące, w stosunku do częstotliwości fali wysyłanej ze źródła, która występuje wówczas, gdy źródło i przyrządy poruszają się względem siebie.

Gdy zbliża się do nas jadąca szybko na sygnale karetka pogotowia lub gdy na stacji kolejowej mija nas z włączoną syreną pociąg ekspresowy, wtedy sygnał dźwiękowy (sygnał lub syrena) wydaje się wyższy, niż wtedy gdy mijają nas te pojazdy i oddalają się od nas. Zjawisko to pierwszy zbadał i teoretycznie uzasadnił australijski uczyony, Christian Johan Doppler i od jego to nazwiska zjawisko nosi swoją nazwę.

Doświadczenie wykazuje że mierzona przez obserwatora częstość ν fal akustycznych jest równa częstości ν_0 drgań źródła fal tylko w tym przypadku, gdy obserwator i źródło są nieruchome względem ośrodka sprężystego (powietrze), w którym rozchodzą się fale.

We wszystkich innych przypadkach ν nie równa się ν_0 .

Rozpatrzmy trzy przypadki:

- źródło jest nieruchome, a przyrząd zbliża się do niego z prędkością ν ,
- przyrząd rejestrujący spoczywa, a źródło zbliża się do niego z prędkością u
- przyrząd i źródło zbliżają się do siebie z prędkościami odpowiednio równymi ν i u .

Zakładamy przy tym, że prędkość fali w danym ośrodku wynosi c .

Przypadek a)

Źródło wysyła falę o częstotliwości

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

ponieważ prędkość fali względem poruszającego się przyrządu jest, zgodnie z prawem dodawania prędkości, równa sumie prędkości fali i przyrządu, więc częstotliwość rejestrowana przez ten przyrząd jest równa

$$\nu' = \frac{c + \nu}{\lambda} = \left(\frac{c + \nu}{c} \right) \nu = \left(1 + \frac{\nu}{c} \right) \nu$$

widać więc, że $\nu' > \nu$, gdy $\nu > 0$. Oznacza to, że gdy przyrząd zbliża się do źródła fali, częstotliwość fali rejestrowanej przez przyrząd jest większa od częstotliwości fali wysyłanej przez źródło. Gdy przyrząd oddala się od źródła fali, częstotliwość fali rejestrowanej przez przyrząd jest mniejsza od częstotliwości fali wysyłanej przez źródło.

Przypadek b)

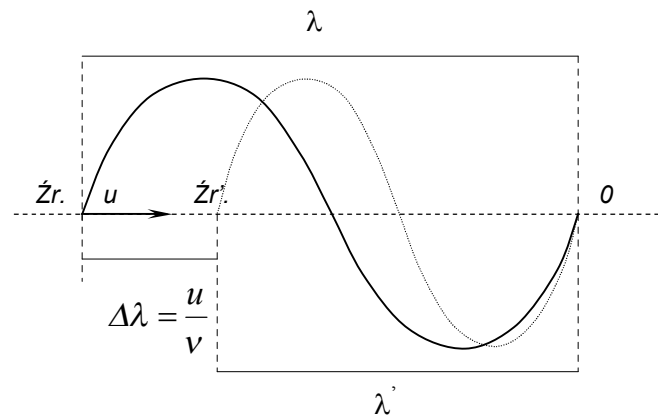
Źródło wysyła falę o częstotliwości

$$v = \frac{c}{\lambda}$$

Ponieważ źródło to porusza się teraz w kierunku przyrządu, więc zanim ta fala dotrze do przyrządu, źródło już się przesunie o pewną odległość w kierunku tego przyrządu.

Wywoła to wzrost liczby drgań, które w jednostce czasu dotrą do przyrządu. Efekt ten jest równoznaczny ze skróceniem długości fali zachodzącym w ciągu jednego okresu drgań w wyniku ruchu źródła (patrz rys. 1). W tym przypadku częstotliwość rejestrowana przez przyrząd wynosi

$$v' = \frac{c}{\lambda'} = \frac{c}{\lambda - \frac{u}{v}} = \frac{c}{c - u} v = \left(\frac{1}{1 - \frac{u}{c}} \right) v$$



Rys. 1. Skrócenie fali przy efekcie Dopplera.

Z wyjaśnienia wzoru wynika więc, że $v' > v$, gdy $u > 0$. Oznacza to, że gdy źródło zbliża się do przyrządu, częstotliwość fali rejestrowanej przez przyrząd jest większa od częstotliwości fali w źródle. Gdy źródło oddala się od przyrządu, częstotliwość fali rejestrowanej przez przyrząd będzie mniejsza od częstotliwości fali w źródle.

Przypadek c)

Jak można wnioskować przypadek ten łączy dwa poprzednie przypadki dając w wyniku następujący wzór określający częstotliwość rejestrowaną przez przyrząd

$$v' = \left(\frac{c + v}{c - u} \right) v$$

Chociaż przedstawione tu przypadki są banalne to należy zauważyć, że zjawisko Dopplera ma bardzo duże znaczenie w wielu dziedzinach, chociażby w astronomii. Obserwuje się bowiem zmianę długości fali świetlnej odległych od nas Galaktyk. Jest to tzw. „przesunięcie ku czerwieni”, które zdaniem badaczy Wszechświata świadczy o ucieczce galaktyk.