

# Dopplerův jev

H. Lancová, M. Strachota, M. Holeček  
MOG Bruntál, Gymnázium Zábřeh, Jiráskovo Gymnázium Náchod

## 1 Úvod

Psal se rok 1842, když Christian Doppler učinil objev, který mu zajistil nehynoucí slávu. Jaký? Všimnul si, že v binárním hvězdném systému se mění barva a tím i frekvence záření které pozoroval. Protože dvojhvězdy kolem sebe rotují, oba hvězdní partneři se střídavě k Zemi přibližují nebo od ní vzdalují. Doppler zjistil, že délka vlny světla u vzdalující se hvězdy se zvětšuje (posuv k červenému konci spektra) a u přibližující se hvězdy se zmenšuje (posuv k modrému konci spektra). Tento jev vysvětlil matematicky. Jak tento jev ale funguje v reálné situaci? Můžeme se s ním v běžném životě vůbec někde setkat? Na tyto otázky se právě teď pokusíme odpovědět.

## 2 Tělo příspěvku

Určitě jste se s tím již někdy setkaly. Nejprve vysoký kvílivý zvuk sanitního vozu, poté jste zahlédli vlastní vůz, který se obrovskou rychlostí prohnal kolem vás. A se zvukem, který vydával se něco stalo. Už to nebyl ten vysoký jekot, který každého nutí uhnout se z cesty. Nyní byl takový nižší. Jak to??? Všichni víme (tedy aspoň doufám), že světlo i zvuk má povahu vlnění o určité vlnové délce, které se šíří určitou, pevně danou, rychlostí. Z toho vyplývá, že jakýmkoli bodem na dráze, který je v klidu, projde za určitou dobu přesný a neměnný počet kmitů. Co se ovšem stane, když se zdroj začne pohybovat třeba k tomuto bodu. Rychlost s jakou se vlnění šíří, by měla vzrůst. To je ovšem nemožné. Příroda si proto pomohla šalamounským řešením. Nezvyší se rychlost, nýbrž frekvence vlnění. Tím pádem ovšem projde bodem více kmitů, než když je zdroj v klidu a to se projeví změnou (zvýší se zvuk, u světla dojde k dodatečnému posuvu k UV konci spektra-zmodrá). To samé, akorát s opačným výsledkem se stane, pokud se bude zdroj pohybovat od pozorovatele. Frekvence se sníží, zvuk také a světlo zčervená. Podobné to je, pokud se bod pohybuje směrem ke zdroji. Frekvence je sice stejná, ale bodem nyní prochází více kmitů, než když byl v klidu, takže mu připadá, že se opět zvýšila. Výsledky jsou proto podobné jako když se zdroj pohyboval k bodu. A co se stane, když se bod pohybuje od zdroje si každý určitě domyslí sám.

Nyní tedy máme vyřešenou poslední otázku, kterou jsme si položily v úvodu (Můžeme se s tímto jevem setkat v běžném životě?) i jeho podstatu, takže přistoupíme k druhé (vlastně první) otázce. K jejímu zodpovězení nám poslouží jednoduchý pokus.

Pokus: Co k němu budeme potřebovat? Nejprve je nutné sehnat nějaký předmět, který je schopen pohybovat se konstantní rychlostí na kterém bude připevněn přijímač zvukových vln.

Takovým předmětem je např. malý vagónek na vlastní pohon, připevněný na kolejnicích (kůli rovnosti dráhy), který má na vršku připojenou snímací aparaturu. Další věcí je vysílač zvukových vln (zvukové mají oproti světelným mnohem nižší frekvenci která se snáze zobrazuje) a něco, co bude schopno alespoň zaznamenat (a ještě lépe i vyhodnotit) výsledky (nejlépe osciloskop). Když tohle všechno propojíte dohromady, získáte aparaturu se kterou můžete na vámi zvolené vlnové délce (doporučuji ultrazvuk abyste nerušily okolí) měřit změny frekvence pokud se přijímač přibližuje ke zdroji nebo se od něj naopak vzdaluje

Blíží-li se přijímač ke zdroji rychlostí  $v$ , je zdánlivá frekvence  $f' = f(c+v)/c$  kde  $c$  je rychlost zvuku a  $f$  původní frekvence.

Při dosažení  $c=330\text{m/s}$  a  $f=40800\text{ Hz}$

měření	naměřené frekvence		
	pokus 1	pokus 2	pokus 3
1	41100 Hz	41400 Hz	40800 Hz
2	41400 Hz	41400 Hz	40500 Hz
3	41100 Hz	41700 Hz	40800 Hz
4	41100 Hz	x	39900 Hz
5	40800 Hz	x	40500 Hz
<b>průměr rychlost vozičku</b>	41100 Hz	41500 Hz	40500 Hz
<b>vypočítané frekvence</b>	0,189 m/s	0,492 m/s	0,492 m/s
	40823	40860	40740

Jak je tedy vidět z měření, výsledky se rámcově "trochu" odchyľují od teorie (holt nikdo není dokonalý a my teprve ne). Ovšem pokud chcete opravdu vidět, že dochází k Dopplerovu jevu, je to velice dobře patrné na osciloskopu z tzv. interference vln.

### 3 Shrnutí

Jak je tedy vidět, Dopplerův jev je věc, se kterou se často setkáváme i v běžném životě aniž bychom si to často vůbec uvědomili, na jehož principu jsou založeny nesčetné přístroje (např. policejní radary), ale který není v laboratorních podmínkách zrovna lehké prokázat.

### Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat ČVUT za pomoc a podporu, která nám byla při této práci poskytnuta i za to, že umožnila akci, na které se tento projekt uskutečnil

### Reference:

O'Connor, E.F. Robertson: Doppler [www-gap.dcs.stand.ac.uk/history/mathematicians/Doppler.html](http://www-gap.dcs.stand.ac.uk/history/mathematicians/Doppler.html)  
 Jack Williams: The USA TODAY Weather Book  
 Martin Macháček: Encyklopedie fyziky