

---

# Objev, který nestál skoro nic

---

## Objev, který nestál skoro nic

Nejméně třikrát bylo už naše hlavní město zapsáno do místopisného rejstříku největších fyzikálních objevů novověkých dějin. Zasloužil se o to i salcburský rodák Christian Doppler..

## Objev, který nestál skoro nic

O Nobelových cenách za fyziku rozhodují lidé, při posuzování historické významnosti fyzikálních objevů je nejvyšším a konečným rozhodčím čas. Díky jeho svědectví už nikdo nezpochybní, že právě v Praze přála šťastná náhoda Johannu Keplerovi, Christianu Dopplerovi a Friedrichu Reinitzerovi. Kepler za svého pražského pobytu napsal dílo *Astronomia nova* obsahující první dva zákony pohybu planet, chemik a biolog Reinitzer v Praze objevil kapalně krystaly a Doppler zde došel k závěru, že "kmitočet vln, které vysílá zdroj pohybující se vzhledem k pozorovateli, se mění v závislosti na rychlosti tohoto pohybu". Každý z těchto činů byl zakončením příběhu s předem neznámým scénářem. O Dopplerově efektu se dokonce traduje, že je výsledkem nepřesného řešení neskutečného problému. Přesto může být počítán k největším přínosům, které daly přírodní vědy lidstvu. Od narození Christiana Dopplera uplynula právě dvě století.

Brzy po příchodu do Prahy získal ochránce a patrona v Bernardu Bolzanovi, měl možnost publikovat v *Pojednáních královské společnosti nauk* a jako člen Společnosti (od roku 1840 mimořádný, o tři roky později už řádný) prezentovat své myšlenky kolegům i odpůrcům. Během dvanáctiletého pražského pobytu Doppler uveřejnil 35 fyzikálních a matematických prací, tj. více než polovinu celého svého vědeckého díla. I když se ani sám nepočítal k experimentátorům, jeho invence v oblasti konstrukčních úprav přístrojů a zdokonalování měřicích metod byla obdivuhodná. Představu o nápadech, s nimiž přicházel, ale nikdy je neuskutečnil, mohou dát názvy některých článků: Popis nového přístroje (cyklografu) ke spojitému rýsování kruhových oblouků libovolného poloměru. O některých zdokonaleních měřického stolu. Optický diastemometr, přístroj, který umožňuje okamžité určení vzdálenosti předmětů pouhým zaměřením. O způsobu, jak zviditelnit a určit periodické pohyby mimořádně velkých rychlostí. O omatogoniometru aneb přístroji k měření zorného úhlu. O katoptrickém zařízení k vytyčování tzv. železničních a jiných křivek. Metoda k určení rychlosti molekul vzduchu při zvukových kmitech.

Stejně spekulativně jako otázkami pozemskými se zabýval i astronomickou problematikou; své závěry nemohl podložit ani vlastními pokusy, ani údaji z literatury. Není tedy divu, že úvahy o tom, zda je možné pozorovat stálice zakryté jádrem komety, nebo tvrzení, že Měsíc má hustou a průzračnou atmosféru, žádnou pozornost nezbudily. A přesto je Doppler považován za zakladatele astrofyziky. Historikové přírodních věd mají v tomto případě snadnou úlohu. Znají spolehlivě jak místo, tak i čas, kdy dějiny tohoto odvětví fyziky začaly.

## Zpochybněte Dopplera

O objevu, který později ovlivnil vývoj mnoha vědních oborů i medicíny, se jako první dověděli členové přírodovědné sekce Královské společnosti nauk, přítomní 25. května 1842 na schůzi v dnešním Vlasteneckém sále Karolina. Zasedání se zúčastnili matematik a filozof Bernard Bolzano, matematik a fyzik Ferdinand Hessler, přírodovědec Jan Svatopluk Presl, lékař Josef Redtenbacher, syn učitele dvojhvězdy, z nichž jedna se od Země vzdaluje a druhá k ní přibližuje, svítí v doplňkových barvách; světelné vlny blížíci se hvězdy se zkracují, její světlo modrá, světlo druhé hvězdy naopak rudne. I když pro změnu kmitočtu, kterou se měl vzájemný pohyb zdroje a pozorovatele (pohybující

se zdroj, klidný pozorovatel a opačně) projevit, odvodil vzorce, nemohl je prakticky ověřit. Doufal, že postačí logické argumenty: "Víme ze všeobecné zkušenosti, že loď s malým ponorem pohybující se proti mořským vlnám se musí střetnout s větším počtem vln a s větším nárazem než loď, která se nepohybuje, nebo pluje ve směru šíření vln. Proč by to, co platí pro vodní vlny, nemělo s nezbytnými modifikacemi platit i pro vlny vzduchu nebo éteru?" Ukázalo se, že své současníky přecenil. A nejenom je. Za zpochybnění Dopplerových úvah byla Belgickou akademií vypáána zvláštní cena ještě v roce 1879!

Dnes už Dopplerův jev nikdo neodmítá. Ani laikovi nemůže totiž ujít, že zvuk motoru je vyšší, pokud se auto nebo letadlo k nám přibližuje, a od okamžiku míjení začne naopak výška zvuku klesat. Protože v prvním případě počet vln dopadajících na náš ušní bubínek za jednotku času vzrůstá, vnímáme vyšší kmitočet. Při vzdalování motoru je situace opačná. Akustický jev se podařilo dokázat ještě za Dopplerova života na železnicích v Nizozemsku, Belgii a Skotsku. V experimentu účinkovali především hudebníci. Jedni troubili na plošně vagónu rychle jedoucího vlaku, druzí stáli u trati a sledovali změnu výšky tónů. Světelný jev byl poprvé pozorován až po Dopplerově smrti. Ne však na světě barevných dvojhvězd, protože v této oblasti Dopplerův princip neplatí, ale na jednotlivých čarách hvězdných spekter. Objev, který nestál skoro nic

I geniální myšlenky mají různý osud. Některé bez povšimnutí zapadnou, protože pro ně ještě nedozrál čas, nebyly aplikovány ve vhodném oboru nebo na vhodné objekty. U Dopplerova objevu se naštěstí včas poznalo, kam se nehodí, a naopak, kde může být užitečný. Celková bilance jeho úspěchů v medicíně, přírodních i technických vědách je neobyčejně bohatá. Umožnil změřit rychlost pohybu Země kolem Slunce, rychlosti rotace Slunce, planet i některých hvězd, zjistit závislost rychlosti pohybu galaxií na jejich vzdálenosti, zkoumat rychlosti slunečních erupcí, pohyb hmoty uvolňované při výbuchu nov a supernov, měřit teplotu plynů a hvězd; počítat s ním musí nejen astrofyzika, ale i fyzika jaderná a reaktorová.

Mnoho technických aplikací využívá existenci Dopplerova jevu pozorovaného u vln odražených od pohybujícího se předmětu. Na tomto principu je založeno nejen měření rychlosti vozidel pomocí mikrovlnného radaru, ale i letecká, námořní a kosmická navigace. Současné radiolokátory vysílají krátkovlnné impulsy na kmitočtech až do 35 GHz. Mikroelektronické obvody jsou schopné rozdílit mezi vysláním signálu a přijatou ozvěnou odečítat v miliardách sekund. Jestliže se sledovaný objekt pohybuje, můžeme ze změněného kmitočtu zjistit jeho rychlost. Dopplerův jev slouží i univerzální záchranné službě KOSPAS-SARSAT.

V leteckém a strojírenském průmyslu našel efekt uplatnění při měření rychlosti výtoku plynů z trysek, obtékání profilů křídel letadel, rychlosti rotujících strojních součástí aj.

Významnou úlohu hraje také v lékařské ultrazvukové diagnostice. Díky němu se dají měřit rychlosti pohybu srdečních chlopní, žaludečních stahů a podle odrazu ultrazvuku od červených krvinek také rychlost proudění krve v cévách. Stal se základem metod spolehlivé a bezbolestné indikace trombózy, je prostředkem k získání informací o zúžení mozkových cév, umožňuje předcházet jak mozkovým mrtvicím, tak kardiovaskulárním onemocněním.

Dopplerův objev patří k těm úspěchům fyziky, které jsou spíše darem šťastné intuice než výsledkem racionálního myšlení. Nebyly na něj nárokovány žádné finanční prostředky, nemusely být podávány zprávy, jak řešitel plní časový harmonogram výzkumu a jestli se přibližuje k vytyčenému cíli. Dopplerovy současníky nestál vlastně vůbec nic