

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Diplomová práce

2018

Šárka Pavlíková

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta filozofická

Diplomová práce

Pražský spor o světlo

Šárka Pavlíková

Plzeň 2018

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Katedra filozofie

Studijní program Humanitní studia

Studijní obor Evropská kulturní studia

Diplomová práce

Pražský spor o světlo

Šárka Pavlíková

Vedoucí práce:

Mgr. Marie Větrovcová, Ph.D.

Katedra filozofie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2018

Prohlašuji, že jsem práci zpracovala samostatně a použila jen uvedených pramenů a literatury.

Plzeň, duben 2018

.....

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí této diplomové práce, Mgr. Marie Větrovcové, Ph.D. za její rady a čas, který mi věnovala při zpracování daného tématu. Zároveň bych ráda poděkovala i Mgr. Daniela Blahutkové, Ph.D., za její čas a rady věnované k překladu.

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	CHRISTIAN DOPPLER	4
	2.1 Kamenická tradice rodu Dopplerů – dobový a kulturní kontext	4
	2.2 Život Christiana Dopplera	6
	2.2.1 Christian Doppler v Praze.....	10
	2.2.2 Přechod do Vídně.....	14
3	PŘEKLAD	16
	3.1 Komentář k překladu	43
	3.1.1 Styl textu.....	45
	3.1.2 Osobnosti zmíněné v textu	46
4	REAKCE NA DOPPLERŮV TEXT	52
	4.1 Bernard Bolzano	52
	4.1.1 Život.....	52
	4.1.2 Dílo	56
	4.1.3 Christian Doppler, Bolzanův přítel	56
	4.1.4 Reakce na Dopplerův spis.....	58
	4.2 Karl Kreil	69
	4.3 František Josef Studnička	71
5	DOPPLERŮV JEV DNES	72
	5.1 Zvukové kmity	72
	5.2 Změny v barevném spektru	74
6	MODERNÍ UŽITÍ DOPPLEROVA JEVU	76

6.1 Doprava.....	76
6.2 Medicína/Zdravotnictví	79
7 ZÁVĚR	81
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ	83
8.1 Tištěné prameny	83
8.2 Internetové zdroje	86
9 RESUMÉ	91
10 PŘÍLOHY	93

1 ÚVOD

19. století lze popsat jako dobu přehlcenou událostmi. Ať se jedná o politické boje, kdy se do čela francouzské vlády dostává roku 1804 Napoleon Bonaparte, který vede bitvy s rakouským císařem Františkem II. či ruským carem Alexandrem, anebo o změny v životě obyvatelstva s příchodem průmyslové revoluce, ve které se začaly ve velkém využívat parní stroje jako nejvýznamnější zdroj energie jak v průmyslu, tak pro dopravu, což má za následek nejčastější pojmenování této doby – století páry.¹

V českých zemích zrovna probíhá období národního obrození, především v oblasti kultury, kde se jednak objevují jména jako je například Josef Jungmann, Jan Kollár, Pavel Josef Šafařík či František Ladislav Čelakovský. K nakladatelství Česká expedice se roku 1831 přidává Matice česká, kde se objevuje jméno František Palacký. Přesto se projeví reakce na Napoleonské války, po roce 1813, kdy se uskutečnila bitva u Chlumce, neboť se ze strany císaře Františka I. a kancléře Klemense Metternicha přitvrdilo v absolutistické vládě. Od poloviny století se národní obrození modeluje i v politické sféře.

Ve světě vědy a vynálezů se však jedná o dobu plnou velkých objevů v mnoha oblastech vědních oborů. Z oblasti elektromechaniky se zde objevuje Michael Faraday s vynálezem dynama, nebo Thomas Alva Edison s filmovou kamerou a žárovkou. Louis Paster v této době pokládá základy pro oblast mikrobiologie a imunologie. V chemii Dmitrij Ivanovič Mendělev vytváří periodický zákon.

V oblasti astronomie se profiluje Friedrich Georg Wilhelm von Struve se svým čtrnáctiměsíčním měřením hvězdy Vegy, které prováděl v letech 1838-1839. Friedrich Bessel změřil paralaxi² hvězdy 6 Cygni,

¹ SCHNITZLER, Norbert. Století páry

² úhel, o který se nebeské těleso posune z pohledu krajových bodů zvolené základny.

kteřá je také dnes nazývána Besselovou, či Letící hvězdou.³ Podobným úspěchem se o několik let později pochlubil i Alexandr Henderson, který provedl měření paralaxe hvězdy α Centauri.⁴

Jedním často opomíjeným a přesto bez pochyby významným fyzikem a matematikem, který se svými teoretickými spisy posunul chápání jím zkoumaných jevů, byl vědec rakouského původu, který většinu života strávil jako pedagog v Praze, Christian Doppler, jehož fyzikální přínos nás v dnešní době doprovází na každém kroku. Podobně jako německý astronom, astrolog, matematik, optik a teolog Johannes Kepler či dánský astronom, astrolog a alchymista Tycho Brahe, strávil i Christian Doppler nejplodnější léta své vědecké kariéry v Praze, kde jednak vyučoval a jednak bádál v oblasti astronomie či optiky. Stává se tím nedílnou součástí české historie.

Cílem této práce je tedy nalezení dobového kontextu a seznámení se s klíčovým textem obsahující popis později zvaného Dopplerova jevu. Pro nalezení těchto souvislostí však práce neřeší pouze jeho teorii, ale začíná úvodem o Dopplerově původu, který vysvětluje nejen jeho rodinné zázemí a osudy, ale také důvody, proč si vybral svou kariéru intelektuála, místo aby pokračoval v rodinném podniku, který byl v jeho mládí prosperující. Jeho životopis má také poukázat na sociální a ekonomická skutečnost 1. poloviny 19. století, stejně tak nám umožňuje nahlédnout do zákulisí vzdělávacího systému dané doby.

Dále zde bude představeno jeho nejvýznamnější dílo zabývající se oblastí vlnění, speciálně pak vlnění zvukového a světelného, nesoucí název *Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer gestirne des Himmels*. Jelikož tento text nebyl doposud přeložen, nachází

³ dvojhvězda nacházející se v souhvězdí Labutě. Jedná se o první hvězdu, u které byla zjištěna paralaxe a vzdálenost od Slunce.

⁴ trojhvězda, která je považována za nejbližší hvězdný systém.

se zde překlad jeho teorie, která je doplněná o úvodní slovo od doktora Františka Josefa Studničky, který se zasloužil o nové vydání jeho díla ku příležitosti oslavy stého výročí narozenin Christiana Dopplera, jež mělo za cíl rozšířit povědomí o významu jeho díla. Překlad je následovně doplněn o krátké představení osobností, které byly v jednotlivých paragrafech zmíněné a stručný komentář k překladu.

Po zveřejnění této teorie se ozvala řada reakcí, z nichž je zde zmíněna reakce dalšího pražského fyzika Bernarda Bolzana, který byl Dopplerovým kolegou a přítelem. I Bolzano zde má sepsaný životopis, aby bylo možné si dokreslit dobové sociální kontexty. Své profesionální reakce napsal do několika článků, které byly otisknuty v periodiku *Annalen der Physik und Chemie* a které jsou zde popisovány spolu s vybranými ukázkami přeložených úryvků textů. Další dobovou reakcí lze zmínit sepsání článku o Dopplerově myšlenkách od ředitele pražské hvězdárny, Karla Kreila, dalšího blízkého fyzika, který se snažil podporovat svého kolegu. Oba fyzici sice pochybovali o určitých pasážích (především o těch týkajících se rychlosti hvězd a změn jejich barev), nedá se však říci, že by nepocítili potenciál, který byl obsažen v jeho teorii.

Dále je zde nastíněn vývoj teorie šíření vln, která byla rozdělena na zvukovou teorii šíření vln, která byla přijata a světelnou teorii šíření vln, hlavně na případu hvězd a jejich pohybu, která byla oproti první části dobovými kritiky zavrhnuta, ovšem postupem času nastalo její znovuobjevení, poupravení a znovu pod pojmem červený posuv byla představena světu.

V poslední části se nachází příklady praktického využití Dopplerova jevu v dnešní době. Jelikož existuje mnoho způsobů, jak teorii uplatnit, byly nakonec vybrány příklady ze zdravotnictví a cestování, jenž má ukázat aplikaci u moderních zařízení, která jsou užívána celosvětově.

2 CHRISTIAN DOPPLER

2.1 Kamenická tradice rodu Dopplerů – dobový a kulturní kontext

Nejstarší evidence o rodu Dopplerů pochází ze začátku 17. století. Uvádí, že rodina původně pochází z obce Gmain (dnešní Großgmain), ležící na rakousko-bavorských hranicích zhruba patnáct kilometrů od Salzburgu. Zdroj spravuje o Leonhartovi Topplerovi, farmáři. Důležitější se však stal jeho vnuk, Andreas, který se po smrti svých rodičů, prarodičů a všech sourozenců, kteří umřeli na mor, rozhodl přestěhovat na samotu Viehausenu a změnit zaměření rodu z farmařů na kameníky. Zde otevřel svou dílnu a založil rodinu s Marií Ramblerin.

S narozením druhé dcery (1675) se rodina navrátila k blízkosti Salzburgu, když se přestěhovali do Himmelreichu, čtvrti na kraji města, kde si postavili dům a dílnu.⁵ Tady započala kamenická tradice Dopplerů, která byla postupně předávána po tři generace.

Existují záznamy, že se v jejich dílně pracovalo s drahými materiály (bílý, růžový či vícebarevný mramor, ze kterých vytvářely oltáře, náhrobky, portály apod.)⁶ Důkazem úspěšného hospodaření je i růst rodinného domu, do jehož finální podoby se nastěhoval až Johann Evangelista Doppler v roce 1792.⁷ V tomto roce se také oženil s Theresií Seeleuthnerovou před oltářem, který vyrobil se svým dědou Georgem.

⁵ SCHUSTER, Peter Maria. TRANSL. BY LILY WILMES. *Moving the stars Christian Doppler*, s. 14. Za všemi odkazy bude muset být tečka.

⁶ SCHUSTER, Peter Maria. TRANSL. BY LILY WILMES. *Moving the stars Christian Doppler*, s. 15

⁷ SCHUSTER, Peter Maria. TRANSL. BY LILY WILMES. *Moving the stars Christian Doppler*, s. 15

O jedenáct let později, 29. listopadu 1803 v 11 hodin, se jim narodil druhý syn, Christian Doppler.⁸

Po celou dobu své existence zanechávaly Dopplerovy dílny umělecká díla na každém kroku. V kostele v Großmainu je vidět práce rovnou tří generací. Andreas Doppler vytvořil rám do sakristie z bílého mramoru, datující se do roku 1675. Na barokní fontáně před kostelem s motivem Madonny od Johanna Schwaigera je dozdobena ovocem, cheruby a mísou s podstavcem vytvořenými Andreasem Dopplerem v roce 1693. Georg vytvořil v období od 10. let po 40. léta 18. století pro kostel tři oltáře a podlahu ze žlutého a červeného mramoru.⁹ Johann Evangelista získal roku 1792 ocenění Vídeňské akademie umění a pracoval jak na mnoha zakázkách, tak na dodávkách mramoru pro paláce a další budovy krále Ludvíka Bavorského. Časem otevřel další dílnu v Griesgrassu, která byla vidět přes řeku.¹⁰

⁸ EDEN, Alec. *The Search for Christian Doppler*, s. 8

⁹ SCHUSTER, Peter Maria. TRANSL. BY LILY WILMES. *Moving the stars Christian Doppler*, s. 16

¹⁰ EDEN, Alec. *The Search for Christian Doppler*, s. 13

2.2 Život Christiana Dopplera

Christian, narozen jedenáct let po svatbě svých rodičů jako druhý syn, však neměl tělesnou stavbu ani zdraví potřebné k vykonávání kamenické profese. Navíc se očekávalo, že dílnu převezme o devět let starší syn Johann.¹¹ O Christianově mládí se však dochováno pouze málo záznamů. K jejich dochování přispěl jednak jeho vnuk Adolf, dále pak Vídeňská akademie věd při psaní Dopplerova nekrologu.¹²

Jak zmiňuje Hiebl, o počátcích Christianova vzdělání se lze pouze domnívat¹³, že v letech 1816-1819 navštěvoval školu v Salzburku a v letech 1820-1821 školu v Linci. Také je zde možná skutečnost, že v letech 181-1822 úspěšně dokončil obchodní učení. Doložená skutečnost je, že roku 1822 nastoupil Doppler na Polytechnický institut ve Vídni, kam se nejspíše dostal na doporučení svého profesora matematiky a geodeta, Simona Stamfera. Zde získal praktické informace a dovednosti pro úspěšné obchodníky a techniky.¹⁴

Pokračování ve studiu v dospělosti bylo pro druhorozené syny ze střední společenské vrstvy v této době zcela normální. Tento jev prokazuje studie vytvořená na Filozofické fakultě salzburské univerzity z první poloviny 19. století, která uvádí, že více jak polovina studentů patřila do zmiňované třídy, neboť se jednalo o syny řemeslníků, obchodníků, sedláků, nižších úředníků či učitelů. Navíc pokračování ve

¹¹ HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 36

¹² Christian Doppler Biography. *Biography*; HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 36

¹³ EDEN, Alec. Po stopách Christiana Dopplera. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, s. 195; HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 36

¹⁴ HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 36; VESELÝ, Josef. 932. schůzka: Efekt Christiana Andrese Dopplera

studiu značilo přípravu na další kariéru, která se mladším sourozencům tímto směrem otevírala.¹⁵

Rok 1823 byl pro Christiana jedním z přelomových let. V této době mu zemřel otec. Mladý student se tedy stal finančně závislý na své matce, která zdělila po manželovi 1 000 guilders, čímž mohla svého druhého syna i nadále podporovat ve studiu až do roku 1829, kdy nastoupil jako asistent na Polytechnický institut ve Vídni.¹⁶

23. května 1826 ukončuje Christian třetí ročník svých studií se známkami chvalitebný z náboženství, latiny a řečtiny a výborná z matematiky, zeměpisu a dějepisu. Stále je však závislý na matce. Svou finanční situaci se snaží podpořit doučováním z matematiky a fyziky. O pobírání stipendia či jiných příspěvků od školy či donátorů nejsou dochované údaje. Pouze je známo, že byl od 18. května 1829 oprostěn od placení studijních poplatků stejně tak jako polovina jeho kolegů studentů.¹⁷

V roce 1828 se úředně pokusil změnit svůj studentský statut, aby mohl složit závěrečné zkoušky předčasně. Podporu získal od ředitele školy. Autority v Linci však došly k závěru, že jsou jeho důvody nedostatečné, a žádost zamítly. Dne 14. června 1829 složil své závěrečné zkoušky s poznámkou „em“, což značí, eminente, výjimečný.

¹⁵ HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 38

¹⁶ EDEN, Alec. Po stopách Christiana Dopplera. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, s.196; HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 37

¹⁷ HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 37

Christian Doppler tedy ve věku 26 let podal přihlášku na pozici asistenta profesora Adama Burga do Polytechnického institutu ve Vídni.¹⁸ Do té doby ho během studií ovlivnilo mnoho významných matematiků a fyziků té doby, mezi které patřil například Andreas von Ettingshausen, Andreas Baumgartner či Josef Johann Littrow.¹⁹

U profesora Burga strávil Christian tři roky, kdy publikoval svá první díla, která se zabývala aktuálními otázkami matematiky. Příkladem je studie věnována teorii rovnoběžek a pátému Eukleidovu postulátu, studie konvergence logaritmických řad a řetězových odmocnin.²⁰ V této době poprvé zažil finanční nezávislost, a s tím také oproštění od názorů své rodiny. Roku 1833 však s touto činností skončil a s velikou pokorou se navrátil zpět domů, do Salzburku, odkud začal hledat nové možné pozice a vhodné místo pro pokračování ve své činnosti. Podal mnoho přihlášek na učitelské posty v různých regionech habsburské říše, ke kterým si i doplňoval potřebné znalosti a skládal zkoušky. Například se hlásil do Lublaně, Linci či Salzburku. Úspěšně byl přijat teprve v roce 1835, kdy 11. března prošel přijímací pohovorem a získal místo učitele v Praze.²¹

Přelomovým obdobím se pro Dopplera stal rok 1839, kdy se opět 11. března oženil s dvacetičtyřletou Mathildou Sturm, dívkou pocházející ze třetího sňatku zlatníka Franze Sturma a jeho ženy Anny, původem z Mnichova. Za jakých okolností se seznámili, se nezachovala žádná zmínka. Ví se pouze, že se jednal o klasický sňatek zástupců střední

¹⁸ HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 38

¹⁹ ŠTOLL Ivan; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Život a dílo badatele Dopplera Vol. 38 (1993), No. 5, s. 262

²⁰ ŠTOLL, Ivan; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Život a dílo badatele Dopplera Vol. 38 (1993), No. 5, s. 262

²¹ KRAUS, Ivo a Štefan ZAJAC. *Fyzika za první republiky*, s.151; HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 40

vrstvy z rodin kameníků a zlatníků.²² Méně šťastná událost se udála 11. černa, kdy zesnula Christianova matka, Theresa. V tu chvíli se rozpadl majetek rodu Dopplerů mezi všechny syny a dcery. V srpnu vykonal Christian poslední oficiálně dokázanou cestu do Salzburku, aby svým podpisem oficiálně stvrdil dědické řízení.²³

Ze soukromého života Christianovy rodiny se dochovalo málo nejasných informací. Jedna z mála zmínek, které se nám zachovaly, praví, že se Christianovi a Mathildě narodilo pět dětí.

²² HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 40

²³ HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 41

2.2.1 Christian Doppler v Praze

Je zajímavé, že si Doppler na začátek své kariéry vybral právě Prahu, neboť to bylo nejspíše jediné místo ze všech nám známých přihlášek, které nemělo primárně německé pozadí, nýbrž se jednalo území s různými národnostmi. Při hlubším zkoumání lze zjistit, že Praha ovšem byla v té době na dosti vysoké úrovni. Měla dobré veřejné osvětlení (od roku 1847 plynové), vydlážděné ulice, počet doktorů, lékáren a nemocnic²⁴ mohl být považován za dostatečný, bylo zde na úrovni řešení vody i kanalizace. V rámci habsburské vlády se zde postupně prosazovala většina věcí bilingválně²⁵: divadla, noviny, školy. Vyšší střední vrstvy a intelektuálové aktivně užívali úřední německý jazyk. Nově budované vlakové spojení Praha-Vídeň²⁶ bylo na dobré úrovni a mnohem kratší, než spojení Vídeň-Bern, kde měl Doppler také možnost vyučovat. Měl zde zjevný cíl: získání statutu a jmění a poté přejít zpět na školu ve Vídni.²⁷ Spolu se svou manželkou se tedy přestěhoval do Prahy, kde si pronajali byt v domě číslo popisné 22 na dnešní Jungmannově třídě.²⁸

Při pohovoru na Pražskou stavovskou reálku v Praze patřil Doppler mezi dva nejslibnější kandidáty. Největším konkurentem z dalších čtrnácti adeptů byl Josef John, kterého lze oproti Dopplerovi, který se považoval za vědce, považovat za pedagoga. Zjevně byl také považován za

²⁴ roku 1848 bylo v Čechách evidováno 215 lékáren, na Moravě a Slezku poté bylo dalších 101 lékáren. Všude se mluvilo, jak česky, tak německy (počet obyvatel se dá v té době odhadovat na množství mezi 3,5 – 5 miliony.)

²⁵ tento jev se také dá definovat jako důsledek národního obrození.

²⁶ ve 30. letech 19. století probíhala výstavba trati Vídeň-Brno. Roku 1839 se zavedla pravidelná linka Brno-Vídeň

²⁷ HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 49-50

²⁸ Schuster, Peter M. *Weltbewegend – Unbekannt: Des physikers Christian Doppler und die Welt Danach*, s. 41

vhodného kandidáta do doby, než byl nařknut z polemiky proti náboženské výuce, opilectví a přivydělávání v rámci soukromých hodin, což bylo proti regulím. Na pozici profesora byl tudíž vybrán Christian, který měl z Vídně více než kladné hodnocení. Jeho výuka byla ve Vídni shledána jako objektivní, dobře strukturovaná, dostatečně hlasitá a s dobrou artikulací.²⁹ John se stal jeho náhradníkem, který ochotně odučil hodiny v případě nemoci či jiné absence. Od roku 1841 byl tedy Doppler oficiálně jmenován profesorem matematiky a geometrie na (z reálky nově vzniklém) pražském Polytechnickém institutu. Od té doby do roku 1843 sepsal dvě rozsáhlá pojednání o analytické geometrii, která byla vytištěna v *Pojednáních Královské české společnosti nauk*.³⁰

Do kolektivu ovšem Doppler nebyl kvůli Johnově stavu, o kterém nejspíše netušil, přijat příliš vřele. Časem si však získal sympatie kolegů, mezi něž patřil například Franz Schweider, vyučující náboženská studie, či Josef Wenzing, který vyučoval německý jazyk a geografii. Je velice pravděpodobné, že právě díky nim se seznámil s Bernardem Bolzanem.³¹ V té době však pro Christiana byla nejdůležitější přízeň a ochrana ředitele institutu Johanna Freiherra Henningera von Ebeck, který mu byl po dlouhá léta oporou a který mu navíc poskytl možnost postupného vylepšení kvalifikace z učitele reálky na profesora pražské polytechniky.

Přestože tato práce nebyla finančně dobře odměňována, přinášela určité klady, kterých Christian využíval. Mezi ně patřil například statut vyšší střední vrstvy, možnost výzkumu v knihovnách, které měly

²⁹ HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 49

³⁰ ŠTOLL, Ivan; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Život a dílo badatele Dopplera Vol. 38 (1993), No. 5, s. 262

³¹ HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 49

k dispozici mnoho významných svazků zabývajících se matematikou a fyzikou, či užívání bohatě vybavených laboratoří.³²

Stal se tedy velice vytíženým člověkem. Jednak se snažil věnovat své výzkumné činnosti, ale především učil (například v roce 1843 ústně vyzkoušel 256 studentů během sedmnácti dní). Hiebl také zmiňuje, že byl v rámci praktických cvičení předmětu geodézie pravidelně vídán již kolem páté hodiny ranní, jak se svými studenty provádí na terénních procházkách po Praze.³³ Vedle toho psal také o fyzikálních vlastnostech elektrického fluida, které mělo mít podle dobových tendencí aplikaci v elektro- a magnetoléčbě. Jeho práce ovšem byly pouze teoretické, protože nebyly podloženy experimentálně.³⁴

Významná léta v rámci Dopplerovy badatelské práce jsou ta, která strávil v Praze. Nejvýznamnějším dnem pro něj byl 25. květen 1842, kdy na zasedání přírodovědecké sekce Královské české společnosti nauk v pražském Karolinu představil své stěžejní dílo popisující přírodní světelný jev, který je později pojmenován jako Dopplerův efekt, nesoucí název *O barevném světle dvojhvězd a některých jiných hvězd na nebi*. Na tomto zasedání byli přítomni B. Bolzano, F. Hessler, J. Redtenbacher, J. A. Ryba, A. Spirk, a předsedající J. S. Presl.³⁵

Jeho vysoká fyzická aktivita vedla ke stavu přepracování, které se ovšem projevilo nejen na tělesném, ale i psychickém zdraví. Roku 1844 na něj a jeho stav přišlo udání. Doppler byl nucen opustit školu v polovině

³² HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 51

³³ HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 51

³⁴ ŠTOLL, Ivan; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Život a dílo badatele Dopplera Vol. 38 (1993), No. 5, 265

³⁵ SCHUSTER, Peter Maria. TRANSL. BY LILY WILMES. *Moving the stars Christian Doppler*, s. 63; KRAUS, Ivo a Štefan ZAJAC. *Fyzika za první republiky*, s.152

semestru, na jehož konci studenti psali pouze písemný test. Po dlouhé tahanici s vyššími orgány školy získal Doppler roční dovolenou od učení, kterou zcela zasvětil dalšímu bádání. V roce 1846 se k vyučování vrátil. Ovšem vyhlídka na 440 studentů, které měl ústně a písemně vyzkoušet, vedla k dalšímu prudkému zdravotnímu přetížení. Začal se tedy poohlížet po jiném pracovišti.³⁶ Později, v době, kdy se počet jeho studentů zvýšil na 800, byl vyzván svým lékařem Johannem von Oppolzerem, aby přestal s přednáškami, což nakonec i učinil, neboť mu tuberkulóza znemožnila mluvit.³⁷

³⁶ ŠTOLL, Ivan; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Život a dílo badatele Dopplera Vol. 38 (1993), No. 5, S. 265

³⁷ EDEN, Alec. Po stopách Christiana Dopplera. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, s 197

2.2.2 Přejít do Vídně

Roku 1847 přišlo Dopplerovi pozvání na místo profesora na Banské lesnické akademii v Banské Stiaivnici, které přijal, a opustil Prahu.³⁸ V porovnání s Prahou byly na novém pracovišti lepší podmínky pro vědeckou činnost, tudíž se v prosinci tohoto roku spolu se svou rodinou stěhuje a nechává za sebou dvanáct let strávených v Praze.³⁹

Od prosince 1843 postupně získal celou řadu titulů. Stal se řádným členem Královské české společnosti nauk, na který roku 1848 navazuje členství v Císařské akademii věd ve Vídni a čestný doktorát pražské univerzity.⁴⁰

V Banské Stiaivnici se Doppler rychle seznámil s novým prostředím, začal přednášet i předměty týkající se hutnictví jako byl například předmět důlní měřičství. Zde objevuje možnosti pro studování změn zemského magnetismu pomocí map zachycujících změny v lokalitě v reálném čase. Na toto téma sepsal několik prací. Tento poklidný život ovšem narušila revoluce, která probíhala na jaře roku 1848 v Praze, Vídni a Budapešti. Přitěžující skutečnost byla, že právě lokalita, kde se Christian se svou rodinou nacházel, se stala střetem zájmů. Nezbyvalo jim totiž nic jiného, než se na jaře 1849 přestěhovat do Vídně.⁴¹

Následně Doppler učí nějaký čas na vídeňské polytechnice, posléze se stává prvním ředitelem nově vzniklého Fyzikálního institutu na

³⁸ HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications*, s. 52

³⁹ ŠTOLL, Ivan; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Život a dílo badatele Dopplera Vol. 38 (1993), No. 5, s. 265

⁴⁰ ŠTOLL, Ivan; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Život a dílo badatele Dopplera Vol. 38 (1993), No. 5, S. 266

⁴¹ ŠTOLL, Ivan; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Život a dílo badatele Dopplera Vol. 38 (1993), No. 5, 268

vídeňské univerzitě, založeném císařem František Josefem I. roku 1850.⁴² Postupně zakládá a buduje prostory pro úspěšné fungování institutu. Setkává se ovšem i s lidmi, kteří nesouhlasí s jeho teoriemi, jako byl například Josef Maxmilián Petzval. Pracovní a psychické vypětí sil opět doléhá na Dopplera, který se svým přítelem Franzem Exnerem odjíždí do Itálie. Dne 17. března 1853 zde ve věku 49 let umírá v Benátkách na tuberkulózu hrtanu.⁴³

⁴² ŠTOLL Ivan; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Život a dílo badatele Dopplera Vol. 38 (1993), No. 5, s. 267

⁴³ ŠTOLL Ivan; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Život a dílo badatele Dopplera Vol. 38 (1993), No. 5, s. 268; KRAUS, Ivo a Štefan ZAJAC. *Fyzika za první republiky*, s.153

3 PŘEKLAD

Následující kapitola obsahuje překlad Dopplerovy eseje pojednávající o zvukové vlnové teorii a světelné vlnové teorii aplikované na různé druhy hvězd. Text je doplněn o úvodní slovo Františka Josefa Studničky, neboť se jedná o otisk vydaný ku příležitosti výročí stých narozenin Christiana Dopplera.

O
barevném světle dvojhvězd

a některých jiných
hvězd na nebi

Pokus o obecnější teorii zahrnující Bredleyho teorii aberace jako
své nedílné součásti

od

Christiana Dopplera,

profesora matematiky a praktické geometrie Technického institutu a
mimořádného člena Královské české společnosti nauk

ku příležitosti

oslavy stého výročí narození

jako první zveřejnění po něm nazvaného

fyzikálního principu

nově vydává

Dr. F. J. Studnička,

královský a císařský radní, profesor matematiky Univerzity Karlovy
(s Dopplerovým portrétem)

Praha 1903

Nakladatelství Královské české společnosti nauk

Dr. Ed. Grégr a syn, tiskárna v Praze

Předmluva

Jak víme, obsahují akta Královské české společnosti věd, vydaná před 60 lety (V. řada, II. díl), první stylizaci později proslaveného, pro moderní astrofyziku zcela zásadního pojednání, známého dnes jako Dopplerův princip.

Jelikož na 29. listopadu připadá sté výročí narození tohoto slavného autora, rozhodla se jmenovaná společnost oslavit tuto událost na základě mého podnětu. Dostalo se mi ctěného úkolu přichystat doslovné opětovné vydání Dopplerova pojednání, jež vešlo do dějin fyziky, aby bylo zpřístupněno všem, kdo se zajímají o původ významného principu, a zároveň udržet naživu památku jeho objevitele, který během svého bohužel krátkého života musel o mnohé bojovat – vzpomeňme zde na prof. *Petzvala*, který usiloval dokonce o uznání jeho „Principu zachování doby kmitu“.

Kromě toho nechť je zde uvedeno, že městská rada královského hlavního města Prahy, kde Christian Doppler strávil svá nejlepší léta jako profesor matematiky a praktické geometrie na státní polytechnice a zde na univerzitě byl promován čestným doktorem filozofie, rozhodla o mém návrhu uctít jeho památku umístěním pamětní desky na domě, kde Doppler svůj princip formuloval. Zároveň doufáme, že nová ulice, která by měla spojit budoucí budovy přírodovědných ústavů univerzity, ponese proslavené Dopplerovo jméno, adekvátně postupu, jímž předloni tatáž městská rada před tak ctihodně a prostě upevnila vzpomínku na pražský pobyt *Tychona* o *Keplera* tak vznešeně a napořád.

Na okraj si dovoluji podotknout, že jsem se snažil přispět k oslavě tohoto stého výročí rovněž tím, že jsem mu věnoval třetí vydání svých všemi schvalovaných astronomických poznámek, nazvaných „Až na

konec světa“, kde jsou pečlivě diskutovány astrofyzikální důsledky Dopplerova principu.

Doufejme, že si všimne tohoto výročí i tak půvabné, na břehu divoké řeky Salzachu se zvedající město Mozartovo, a hrdé na svého rodáka, který zde přišel na svět před sto lety, rovněž zasvětil stálý památník této události, obzvláště bylo-li mnou již v roce 1897 na tyto sté narozeniny upozorněno.

V Praze 1. ledna 1903

Dr. F. J. Studnička

O barevném světle dvojhvězdy a některých dalších nebeských tělesech

(Přečteno Královskou českou společností nauk v Praze, oddělením přírodních věd, 24. května 1842)

§1

Teorie šíření světla, kterou Euler s Huygensem prvně stanovili a velmi bystře hájili proti největším odpůrcům, narazila během dalšího vývoje na problémy, které později přiměly významné učence jako Younga, Fresnera, Cauchyho a další, aby opustili původní, jak se zdá, přirozené a jednoduché předpoklady sférického či podélného éterického kmitání a přešli k teorii pouhého příčného kmitu. Skvělé úspěchy těchto nových předpokladů také alespoň víceméně uklidnily, pokud přímo nepřesvědčily, některé fyziky, kteří nový pohled na povahu světla přijímali od samého začátku nanejvýš neradi a s viditelným odporem. A tak se nyní tento nový pohled, vedoucí k více či méně šťastným výsledkům, stává základem nejjemnějších analytických zkoumání, a zároveň se tím rezignuje na zkoumání a jakoukoliv diskusi o přípustnosti a vnitřní pravděpodobnosti této nové hypotézy. Zdá se, že máme laskavě vyčkat kompletního a úplného vysvětlení doposud známých světelných jevů podle tohoto principu, dojde-li k němu vůbec, a teprve poté zkoušet, zda se s těmito novými předpoklady lze ztotožnit s opravdovým přesvědčením.

Zatím existuje mnoho vědců, kteří ačkoliv oceňují hodnotu analytických výsledků v celém rozsahu, zároveň stále velmi pochybují o zcela šťastných úspěších a právě upozorňují na potíže, kterým přichází

tato nová teorie v rostoucí míře vstříc.⁴⁴ – *Laplace a Poisson*, kterým jako posledním tolik vděčíme za teorii světla, byli známi tím, že do posledního okamžiku stáli proti této nové modifikaci teorie vlnění, a s otevřeností a bez jakékoliv zdrženlivosti vyslovili toto své přesvědčení, kdykoliv se vyskytla příležitost. Také *Herschel* ml. považuje tento náhled na povahu světla (více o jeho práci o světle na s. 540⁴⁵) ne za naprosto správný a pravdivý, a vypadá to, že jej pouze dočasně spíše snáší, než aby jej obraňoval a zabýval se jím. Tohoto názoru se zdá být i *Brandes* a mnoho dalších vysoce vážených fyziků této doby a je vlastně otázkou, zda si i původní obhájci příčného kmitání nemusí přiznat, nehledě ke šťastným výsledkům svých výpočtů, že do svého předpokladu museli vnést určitou, docela silnou víru [Glauben]. Není zde však na čase diskutovat o tom, jak cenná je vysoká hodnota některých, nebo i mnoha ze zkušeností správně se shodujících výsledků výpočtů oproti domněnce, která, jak se alespoň autoru těchto řádků jeví, nese charakter velké vnitřní nepravděpodobnosti. Jakkoli ale tato rozepře v budoucnu dopadne, nemůže se za stávajících podmínek snad nikdo cítit zvláště vyzván,

⁴⁴ Ch.D.: Jev aberace může být v dnešních dnech, kde se jeví být dokázán do nejmenších detailů, považován za stejně vysvětlený jako ostatní další jevy v oblasti světelné nauky. Za předpokladu podélných kmitů éteru nenabízí vysvětlení žádnou obtíž, ba vyplývá s nutností ze složení z éterických vln a vlastního postupného pohybu Země. To samé se ale nedá tvrdit o předpokladu příčných kmitů. *Fresnel*, spoluzakladatel nové nauky vlnění, toto sám uznal. Ale nejen tak nemůžeme tento fenomén za tohoto předpokladu vysvětlit; nýbrž to dokonce vypadá, že stojí s novou vlnovou naukou v otevřeném a přímém rozporu. Neleží-li tu pro vlastní zástupce této nauky velmi určitá výzva, aby vyzkoušela dostatečnost jejího principu především na vysvětlení tohoto jevu? – Avšak do doby, než se tak stane, snad sotva zůstane bez oprávněné pozornosti a zkoumání též náš současný pokus o vysvětlení.

⁴⁵ pozn. překladatele: původně byla tato esej zveřejněna ve sborníku *Abhandlungen der k. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften* (V. Folge, Bd. 2, S. 465-482), kde tedy bylo možno odkazovat se na další články.

aby vysvětlil nějaký optický přírodní jev právě podle principu laterálních oscilací⁴⁶.

§2

Podle původní hypotézy o kmitání je zřejmý barevný vjem okamžitého sledu pravidelných po sobě jdoucích pulsací nebo vlnových nárazů éteru v určitých časových intervalech. Oproti tomu intenzita barevného světla závisí pouze na velikosti exkurze každé samostatné částičky éteru nebo eventuálně na těch částiček éteru, které se bezprostředně dotýkají sítnice. Vše, co se změní podle intervalu času, který uplyne mezi jednotlivými nárazy éteru, provádí nutnou změnu barvy podle sebe, a každá okolnost, která způsobuje, že jednotlivé nárazy vln následují se zvýšenou či sníženou energií, mění stupeň intenzity barevného a bílého světla. To druhé opět souvisí s tím, že se v tomto případě mění velikost exkurze, kterou musí každá částička éteru proletět. Co je zde řečeno a tvrzeno o světelných vlnách, platí přirozeně také v plné míře pro vlny zvukové, a proto byla také odjakživa snaha k výše popsaným okamžikům různých světelných fenoménů a z těchto zvuků pomocí analogie vysvětlit. – Zdá se mi ale nanejvýš pozoruhodné, že jak v nauce o světelných a zvukových vlnách, tak jako ve všeobecné nauce o vlnách, pokud je mi známo, nebyl brán ohled přinejmenším na jeden možný druh velmi dobře se vyskytující okolností! Zdá se totiž, že se nechalo bez povšimnutí, že pokud se mluví o světelných a zvukových vlnách jako o příčině světelných a zvukových vjemů a ne pouze jako o objektivních procesech, musíme se ptát, v jakém časovém období a s jakým stupněm intenzity se vlny samy o sobě generují, - spíše než po tom, v jakých časových intervalech a s jakou silou jsou tyto éterické nebo vzdušné vibrace okem nebo uchem nějakého pozorovatele přijímány

⁴⁶ pozn. překladatele: boční, postranní kmit

a pociťovány. Barva a intenzita světelného vjemu nebo výška tónu a síla nějakého zvuku závisí pouze na tomto čistě subjektivním určení, ne na objektivní okolnosti. Stane-li se tedy nějak, že dojde k numerickému rozdílu mezi objektivním procesem a subjektivními výsledky: pak se nepochybně musíme držet subjektivního určení. Na první pohled se ovšem může zdát, jako by řečené bylo spíše jen učenou distinkcí než poznámkou s důležitými praktickými důsledky. Avšak o tom může ctěný čtenář sám rozhodnout, jakmile zhodnotí následující řádky této úvahy. – Dokud se totiž předpokládá, že jak pozorovatel, tak zdroj vlnění zachovávají své počáteční místo neměnné, není samozřejmě dalších pochyb o tom, že bude subjektivní závěr zcela souhlasit s vyčíslitelným objektivním určením. Pokud ovšem změníme polohu pozorovatele, zdroje vlnění, či obě pozice zároveň, pokud se od sebe vzdálí, nebo se navzájem přiblíží, a to sice rychlostí, která s každým, podle toho, jak vlny pokračují dál, by dorazily v nějakém srovnání, dalo by se počítat i v takovémto případě s takovou shodou? Stěží věřím, že by čtenář mohl cítit ochotně s touto otázkou přímo souhlasit bez předchozího zkoumání! Jak ale, pokud změníme polohu pozorovatele, zdroje vlnění, či obě pozice zároveň, pokud se od sebe vzdálí, nebo se navzájem přiblíží, a sice rychlostí srovnatelnou s tou, se kterou postupují vlny? Dalo by se počítat i v takovémto případě s takovou shodou? Stěží věřím, že by čtenář mohl cítit ochotu s tímto souhlasit bez předchozího zkoumání! – Není opravdu nic pochopitelnějšího, než že se dráha a vzdálenost dvou po sobě jdoucích vlnových rázů pro pozorovatele musí zkrátit, když se k vlně přibližuje, a prodloužit, když se od vlny vzdaluje, a že zároveň v prvním případě se intenzita vlnových rázů zvyšuje, v případě druhém se oproti tomu nutně snižuje. Při pohybu zdroje vlnění jako takového přirozeně dochází k podobné změně ve stejném smyslu. Vždyť i dle obecné zkušenosti loď, která pluje jen o něco hlouběji a míří proti dorážejícím vlnám, za stejnou dobu trpí mnohem četnějšími a silnějšími

nárazy vln, než loď, která je v klidu nebo se dokonce pohybuje po vlnách, v jejich směru. Proč by však to, co platí pro vlny na vodě, nemohlo být přijato s potřebnými modifikacemi také pro vzdušné a éterické vlny? Zdá se, že by se proti tomu dalo stěžít něco významného vyslovit! – Za těchto okolností se jeví účelné stanovit podle již řečeného zcela jednoduché vzorce, a tím, že se je pokusíme užít na zvukové vlny, prokážeme nejspíš také malou službu akustice.

§3

Pokud se pozorovatel a zdroj vlnění k sobě navzájem přibližují, nebo se oddalují, může být směr jejich pohybu, pokud je přímou rovnoběžku, spadají směry do jedné spojovací linie, anebo jejich směry svírají mezi sebou nějaký úhel. Vše, co se během tohoto pohybu může změnit, je doba mezi po sobě jdoucími zvukovými vlnami, jejich intenzita a směr, ve kterých se dostávají k pozorovateli. Poslední bod nepřichází v našem aktuálním zkoumání na zřetel, a je mimo to považován již v Bradleyho teorii aberace za vyřešený. K pozorování nám tudíž zbývá pouze první případ přímého přibližování nebo oddalování, kde otázka směru nebude diskutována. Tento existující případ oproti tomu musíme zkoumat na základě dvojího předpokladu; jeden nastává, když se pohybuje pozorovatel a zdroj je v klidu, jiný když je tomu opačně.

Případ 1. Necht' je rychlost, kterou se vlny pohybují, značena a . O a A (obrázek 1 a 2) značí začátek a konec úseku, který vlna urazí, Q oproti tomu značí zdroj vlny jako takové, n značí množství sekund, kterou vlna potřebuje, aby se dostala z bodu A do bodu Q , to znamená, nějakou vlnovou délku, kterou vlna projde, a x'' je čas, který je potřeba, k cestě zpět nebo čas, za který přejde pozorovatel z bodu A do bodu O . Pro tento případ přiblížení stejně tak jako vzdálení pozorovatele od a ke zdroji vlnění značí n množství sekund, které vlna potřebuje, aby se dostala

z bodu A do bodu O , to znamená, vzdálenost, kterou vlna projde, a x'' je čas, který je potřeba k uražení vzdálenosti z bodu A do místa pozorovatele O nebo zpět. Pro tento případ přiblížení stejně tak jako vzdálení pozorovatele od a ke zdroji vlnění platí:

$$ax'' \pm \alpha x = an''; \quad 1, \quad x'' = \frac{an''}{a \pm \alpha};$$

nebo také

$$\alpha = \pm \left(1 - \frac{n''}{x''} \right) a.$$

Případ 2. Oproti tomu, pokud pozorovatel zůstane nehybný, se zdroj pohybuje rychlostí α k nebo od pozorovatele: pak v tomto případě se musí brát na zřetel vliv pohybu zdroje na další vlnu, kterou zdroj vytvoří, poněvadž by se, samostatně vznikající vlny, které obrázky 3 a 4 znázorňují, šířily a rozšiřovaly úplně stejným způsobem až ke vzdálenému pozorovateli v bodě O . Mezitím co tedy první vlna dosáhne z bodu Q do bodu A , přičemž urazí vzdálenost an , urazí sám zdroj vzdálenost z bodu Q do bodu Q' , přičemž urazí dráhu αn , a druhá vlna potřebuje stejné množství času, jako je nutné k průběhu vlny po dráze $O'A$. Proto u obou případů platí, že

$$an'' \pm \alpha n'' = ax'', \quad 2, \quad x = \left(\frac{Q \pm \alpha}{a} \right) n;$$

nebo také

$$\alpha = \pm \left(\frac{x}{n} - 1 \right) a.$$

Z rozdílnosti obou vzorců (1) a (2) je viditelné, že za stejných podmínek není jedno, jestli se pohybuje zdroj nebo pozorovatel. – Vzhledem ke změně intenzity se musíme spokojit s již stanoveným všeobecným podotknutím, poněvadž jsme si doposud nestanovili rychlost kmitů jednotlivých atomů.

§4

Vzdaluje-li se pozorovatel od objektů vyzařujících zvuk nebo světlo rovnoměrnou rychlostí, zjišťujeme, že pro vzorec (1), musí platit následující, $x=\infty$, to znamená, že jednotlivé zvukové vlny nikdy nedosáhnou na místo pozorovatele, a tvorba zvuku, ačkoliv sama o sobě existující, není pozorovatelem v podstatě vnímána. Vzdaluje-li se oproti tomu zdroj zvuku toutéž rychlostí od pozorovatele, zjistíme (protože ve vzorci (2) musí platit následující) $x=2n$; což znamená, že pozorovatel postřehne hlubší oktávy toho tónu, které zdroj tvoří. – připusťme tedy, že se zdroj přibližuje k pozorovateli rychlostí, která odpovídá rychlosti následujících vln, poté platí ve vzorci (2) následující, pro $a=\alpha$, $x=0 \cdot n/a = 0$, to znamená, že se jednotlivé vlnové rázy setkají v tentýž okamžik u pozorovatele, anebo, což je stejné, naráží ve velmi krátkých intervalech, při jejich působení vzniká nekonečně vysoký tón, který již není slyšitelný. – Abychom přistoupili ke zcela speciálním numerickým příkladům, budeme předpokládat, že rychlost zvukových vln při teplotě 10° Reaumur⁴⁷, tj. a , je 1024 par. stop⁴⁸, a ptáme se například na rychlost α ,

⁴⁷ pozn. překladatele: Reaumur je teplotní hodnota vytvořená René Antoine Ferchault de Réaumur v první polovině 18. století. 100°C = 80°R, tj. 10°R = 12,5°C

jakou se musí pozorovatel pohybovat proti zdroji, aby vnímal takzvané vysoké C jako D , tak nám vychází:

$$n = \frac{1}{64}, x = \frac{1}{72}$$

a podle vzorce (1) $a=1024$; $\alpha=128$ ⁴⁹ jako rychlost za sekundu. Opačně tatáž formule ukazuje, že by se pozorovatel musel vzdalovat od zdroje vlnění rychlostí 114 stop za sekundu, aby vnímal D jako vysoké C . Ještě příznivější pro vnímání nějaké změny tónu jsou jiné, blízko sebe položené tóny, protože absolutně stejná rychlost šíření zvuku nabízí u sebe blízko ležící počet kmitů. Proto platí, že

$$n = \frac{1}{120}, a \quad x = \frac{1}{128} \quad a \quad a=1024$$

pouze při rychlosti $\alpha=68'$ je možné ze strany pozorovatele, aby zaslechl tón H jako C . Cvičené ucho je však schopné rozeznat rozdíly mezi tóny přesně na čtvrttóny, a potřebuje tedy jenom dle vzorce (1) rychlost α necelých $17'$ za sekundu, aby způsobil u tónu vysoké H zvýšení nebo také snížení o čtvrttón. Bereme-li nyní v potaz, že přiblížení nebo oddálení může být vzájemné, pak není nemyslitelný případ, kde při oboustranné malé rychlosti, nejvýše 8 stop za sekundu, může být pozorným pozorovatelem vnímatelná změna tónu. – Avšak, nyní se posunu blíže k mému definovanému cíli, tím, že použiji výše sestavené vzorce na fenomén světla.

⁴⁸ pozn. překladatele: par. v té době značilo latinsky „rovný“, dá se tedy usuzovat o popisu jednak rychlosti, jednak přímého způsobu šíření vln

⁴⁹ pozn. překladatele: dnes bychom řekli, že rychlost se rovná 128 par. stop za sekundu

§5

Nechť je rychlost světla $a=42000$ mílí za sekundu, a budeme se ptát, jakou rychlostí se musí bíle nebo fialově svítící objekt vzdalovat od pozorovatele, aby se mu objekt jevil zcela neviditelný, tak máme stanoveno

$$\frac{1}{n} = 727 \text{ bilionů a pro } \frac{1}{x} = 458 \text{ bilionů}$$

a zjišťujeme, že pro α ze vzorce (2) je rychlost 19000 mílí za sekundu. Při takovéto rychlosti svítícího objektu, pokud se od nás vzdaluje, by okrajové fialové světlo a o to více všechny zbývající barevné paprsky, a následně i z nich sestavené bílého světlo, bylo samo o sobě tak intenzivní, že by zcela zmizelo jakémukoliv pozorování. Vzhledem ke zbývajícím barvám stačí ostatně již menší rychlost k jejich úplnému zmizení. Vzorec (2) platí totiž pro žluté světlo o rychlosti 5007 mílí za sekundu, pro červené pouze o rychlosti 1700 mílí. U těchto zde nám známých rychlostí se vyskytuje okolnost, která je zde velmi dobře pozorovatelná, kdy dojde k odstranění vždy jedné nebo dokonce dvou prizmatických hlavních barev, a to buď z těch nižších (u vzdalování) nebo z těch horních (při přibližování) částí barevného spektra, a zbývající barevné světlo je vždy zcela homogenní. Zcela jinak se oproti tomu staví výpočet, jakmile vycházíme z předpokladu, že pozorované barevné, velmi vzdálené a homogenně vypadající světlo, je naopak smíšené s velmi bílým světlem, jehož případ je právě v tomto našem pozorování k povšimnutí. Hersehel ml. hovoří sám o tom, že vše s výjimečnou živou září a velkým takzvaným ohnivě zářícím barevným světlem je vždy smícháno s velmi mnoha bílými paprsky. V jiné části své výborné práce o světle přijímá, že lidské oko může zpozorovat rozdíly barev, které vznikají odebráním pouze stovek částíček těch červených, žlutých a modrých

paprsků, které se zbytkem skládají bílé světlo. Další, velmi pozoruhodná okolnost je následující. Totiž intenzita nebo množství světelných paprsků různých barev nestojí ve stejném poměru s počtem jejich kmitů. Modré paprsky obsažené v bílém světle překonávají červené asi trojnásobně, žluté více než desetinásobně. Dále tu jsou zrovna ty žluté paprsky, které přechází na jednu stranu v modré (při přiblížení), na druhou stranu oproti tomu v červené (při oddalování): tudíž je zřejmé, že při omezení jenom jedné setiny krajních červených nebo modrých paprsků, účinně vystoupí nejméně třikrát, v jiném případě dokonce i desetkrát větší množství barevných paprsků a způsobí již velmi znatelné zbarvení. Právě z této skutečnosti vyplývá, že červené a oranžové zbarvení je za ostatních stejných okolností intenzivnější a homogennímu stejnojmennému světlu bližší, než modré a zelené a také to, že pro zelené, oranžové nebo fialové zbarvení v žádném případě nevystupují všechny modré, červené nebo žluté paprsky, jenom se méně vyskytují, protože se zbývající paprsky znovu sjednocují do bílého světla.

To se stane za předpokladu, že je stanoveno:

$$x = \frac{1}{458} \text{ a } n = \frac{1}{485 \cdot 37}$$

při čemž tedy červené paprsky o počtu kmitů $458 \cdot 37$ bilionů snížíme na 458 bilionů, tak vypadne stá částice červeného paprsku, $\alpha = 33$ mílí za sekundu, to znamená, že když se jedna hvězda zářící bílým světlem přibližuje k pozorovateli nebo se od něj vzdaluje rychlostí 33 mílí za sekundu, tak se mu v prvním případě jeví již znatelně zelená, oproti tomu v tom druhém případě zbarvená oranžově. Tato číselná hodnota by mohla také téměř platit jako spodní hranice. Za předpokladu, že vystoupí celá desetina množství červeného nebo modrého paprsku, čímž nastávají výše zmíněné okolnosti velmi silného zbarvení, dostaneme

$$x = \frac{1}{458} \text{ a } n = \frac{1}{460}, \text{ pro } \alpha = 187 \text{ mílí za sekundu.}$$

Podle těchto předpokladů jde tedy u odstranění v bílém světle obsahujících takových paprsků, které mají delší dobou kmitu, tedy fialových a modrých. Modré paprsky přechází přes zelenou do žluté, žlutá přes oranžovou do červené, a červená konečně za rostoucí rychlosti zcela pryč, to znamená, že se paprsky stávají neviditelnými. V opačném případě, kde napřed modré paprsky vyblednou, se bílé světlo jeví zpočátku zeleně, poté modře a nakonec fialově. –

§6

Znalosti o vlivu pohybu uplatněné na světelný jev lze přehledně shrnout do následujících bodů:

- 1) Jestli že se svítící objekt, sám světlo vyzařující nebo pouze osvětlený, přibližuje s rychlostí světla v přímém směru k oku pozorovatele, nebo se vzdaluje, pak má tento pohyb nutně za následek následující změnu barvy a intenzity světla, a to:

α) Při přibližování se intenzita světla v každém případě zvyšuje, oproti tomu zbarvení přechází při zvyšování rychlosti z bílé na zelenou, dále na modrou a nakonec na fialovou.

β) Při oddalování se intenzita světla v každém případě snižuje a bílé světlo přechází postupně do žluté, oranžové a nakonec do červené. Má-li však světlo již určité zbarvení, například žluté, začíná změna od této barvy nahoru nebo dolů podle vyslovených předpokladů v α a β

γ) Je-li rychlost dostatečně veliká, pak se mohou bílé nebo barevné světlo v obou případech stát zcela neviditelnými,

tím, že je v prvním případě je časový interval mezi jednotlivými impulsy příliš krátký, ve druhém případě je příliš dlouhý, aby mohl být paprsek vnímán. Intenzita světla shodně přidává nebo ubírá na změně barvy, a přispívá tudíž k tomu, že uvedený výsledek úplného zmizení přichází značně dříve.

δ) K úplnému zmizení bílým světlem zářící hvězdy, bez ohledu na tyto jevy, stačí při příznivém snížení intenzi světla, rychlost 19000 mílí za sekundu. Pro hvězdy, které září homogenním žlutým nebo červeným světlem, je dostačující rychlostí pro zmizení již eventuálních 5007 a 1700 mílí za sekundu.

ε) Hvězdy zářící bílým světlem, vykazují již při rychlosti od 33 mílí za sekundu zřejmé zbarvení, a od rychlosti od 187 mílí velmi příznačné a nápadné zbarvení, které je však stále ještě smíchané s mnoha bílými paprsky.

ζ) Mění-li se rychlost pohybující se hvězdy, mění se i její barva a intenzita. Tak se může přece jen stát, že se hvězda v průběhu času, zabarví všemi barvami spektra.

- 2) Je-li naproti tomu zářící objekt v klidu, pozorovatel se pohybuje přímo k nebo od objektu, chápeme značně rychlým pohybem, pak následují sice všechny změny v tomtéž smyslu, to znamená odpovídající přiblížení nebo oddálení, jejich číselné hodnoty se však více či méně odchyľují od vzorce 1 a 2 uváděných případů odpovídající ustanovených předpokladů.
- 3) Neprobíhá-li přibližování nebo oddalování podle předpokladu uvedených v 1 a 2, to znamená nikoliv ve směru jejich počáteční spojovací linie, nýbrž jejich trasy svírají určitý úhel; pak se mění

kromě barvy a intenzity také ještě směr a hvězda vykáže zároveň zdánlivou změnu místa.

Bereme-li doposud sestavené základní principy za správné, pak můžeme rádi připustit, že tvoří takřka základy nové teorie, ze které slavná Bradleyho teorie aberace představuje jen pouhou část. Proto budou a priori následovná tvrzení považována za autorizovaná. Pokud připustíme to, že je přírodní barva hvězdy bílá nebo světle žlutá, a že mezi nespočetným množstvím hvězd existují takové, které se pohybují rychlostí od 33 mílí za sekundu do 1900 mílí za sekundu, pak nám musí hvězdná obloha nabídnout jevy jednotlivých hvězd každé barvy a některé z nich musí dokonce dočasně zmizet, jiné se oproti tomu zviditelnit; a obráceně. Jestli-že nám přesné pozorování nebe zcela nepochybně ukazuje opravdu takové jevy, které se dají přesně vypočítat, pak se dá vyvodit závěr, že se v nebeských souhvězdích mohou nacházet jednotlivé hvězdy, které se ve vesmíru pohybují rychlostí od 33 do 1900 mílí za sekundu. Pokud ale s jistotou pozorujeme nejen ty zmíněné nebeské jevy, nýbrž na ně hledíme skrze přesná pozorování, a z mechanických důvodů považujeme za prokázané, že některá tato nebeská tělesa opravdu mají rychlost od 33 do 19000 mílí za sekundu, ba ještě vyšší, že právě pouze na těchto rychle se pohybujících tělesech podle pravidel výše vystavěných principů se ony jevy barev a intenzity ukazují: tak by bylo vykonáno, toto opět pro správnost zde sestavené teorie a dále opět dokonce pro průběh podélných vibrací, velmi pozoruhodné a důležité svědectví. – Za těchto okolností se člověk cítí vyzván, ohlédnout se po údajích pozorované astronomií.

§7

Jak známo, přes snahy astronomů a fyziků se zatím nijak nepodařilo, alespoň částečně uspokojivým způsobem vysvětlit ten

nanejvýš zvláštní a právě záhadný jev, barevnými světly svítící takzvanou dvojitou hvězdu a některá další nebeská tělesa. Samo o sobě se může na první pohled zdát, že není důvod se podívat nad těmito barevnými stálými hvězdami, neboť na naší Zemi nacházíme tělesa zářící různými barvami. Přesnější zvážení všech nynějších okolností musí snad každou z těchto počátečních myšlenek, pokud ji obsahuje, přivést brzy zpět.

Nehledě na to, musí ještě více vynikat, že se pod touhou nesčetného množství samotných hvězd, tj. takových stálých hvězd, na kterých nevnímáme žádný pohyb, zaznamenáváme bez výjimky pouze takové, které září v bílém nebo slabě žlutém světle a pouze několik, které září narudlým světlem; naopak nezaznamenáváme žádné takové, které se nám zdají zářit modře, zeleně nebo fialově a žádné také, které jsou krásně oranžové nebo intenzivně krvavě rudé. Všechny dvojitě hvězdy oproti tomu se nechají přehledně rozdělit do dvou tříd. Do takové, u které se jedna z hvězd dokumentuje skrze její na pohled nápadně větší intenzity světla jako hlavní nebo centrální hvězda, a poté na ty, jejichž jednotlivé hvězdy mají velmi podobnou zdánlivou velikost, a které se proto také nanejvýš pravděpodobně pohybují kolem neviditelného centrálního tělesa nebo okolo jejich společného těžiště. – U dvojhvězdy prvního typu svítí hlavní hvězda vždy bílým a pouze u několika málo případech slabě žlutým světlem, a ukazuje tak úplný soulad s ostatními nepohyblivými tělesy stálých hvězd na nebi, kdežto naopak k ní patřící satelit září buďto zeleným, modrým nebo fialovým, u některých naopak intenzivně oranžovým, krásným krvavým nebo také tmavě rudým světlem. - Dvojhvězda druhé třídy se skládá oproti tomu téměř pokaždé z takových hvězd, které září rozdílnými světly, a zvláštní při tom je, že barvy tvoří buď opravdu doplňující se barevný protiklad, nebo to, že při nejmenším barva z horní části barevného spektra, odpovídá té druhé ze spodní části spektra. Sice byly pokusy, ačkoliv ne velmi šťastné, vysvětlit

zmíněné jevy z pohledu účinku kontrastu. Nehledě na to, že tato vysvětlení by mohla být použita v příznivém případě nanejvýš jen na takové dvojitě hvězdy, u kterých se vyskytují barevná světla v doplňujícím se, ale ne v jiném protikladu, jako je to v případě všech hvězd první a u mnoha případů hvězd druhé třídy, - pokusy té doby ukázaly ještě kromě toho přímé snahy o neudržitelnost těchto názorů. Tyto pokusy se vyznačovaly tím, že jednu barevnou hvězdu dvojhvězdy pozorovanou dalekohledem zcela odňali napnutým vláknem, které objekt zcela zakrylo oku. Tím údajná příčina kontrastu odpadla, to by také mělo mít vliv na to, že by se totiž nedostavilo objevení komplementární barvy. To se však nestalo a hvězda svítila stejně jako před tím se stejným barevným světlem. – Aby bylo kouzlo nechtěného úplné, prokázalo srovnání starších údajů Herschela staršího s nejnovějšími Struvenovými a dalšími, že barvy mnoha těchto dvojitých hvězd se v průběhu času značným způsobem změnily. Ti, kteří této skutečnosti nedopřivali prostor, hledali důvod této různorodosti ve vlastnostech dříve a nyní užívaných optických přístrojů. Hvězdy, které byly kdysi pozorované jako žluté, jsou dnes popisovány jako oranžové a červené a naopak, a takové, které byly popsány Herschelem jako zcela bílé, shledal Struve jako barvy zlata, červenozeleňé nebo také modrozelené! – Není se tedy čemu divit, když se nový pozorovatel (viz Mädlerův pop. Astronomie, S.493) cítí být vyzván k otázce „jestli pak se ve skutečnosti barvy dvojhvězd během posledních 50 let tak významně nezměnily?“

§8

Jiným, ne méně zajímavým a doposud právě tak nevysvětleným nebeským jevem jsou takzvané periodicky proměnné hvězdy. Dle dosavadních pozorování se celkově ustanovilo s jedinou výjimkou hvězdy

Algol v hlavě Medúzy⁵⁰ (o které bude ještě řeč později), že jsou červené barvy. Po jejich největším zazáření přešly do barvy mědi, a poté se tato barva pozvolně více a více ztmavovala, dokud se nestala zcela neviditelnou a nezmizela, pokud její periodická změna nezačala za nějaký čas znovu od začátku. Další společné usnesení je o tom, že čas jejich neviditelnosti bývá zpravidla 3- až 4 krát delší, než doba její největší záře, a posléze, že je jejich světelný přírůstek příliš rychlý a potřebuje méně času, než jejich úbytek a zmizení. Způsob světelného přírůstku a úbytku je neslučitelný s předpokladem, že toto dočasné zmizení spočívá v otočení kolem osy a v nerovnoměrném rozdělení světla na povrchu tohoto nebeského tělesa, nebo má také svůj důvod v periodickém skrytu tvořený kroužením kolem tmavých planet. – Na první pohled se zdá, že by oba uvedené, tak rozdílné jevy, totiž barevná dvojhvězda a takzvaně proměnná hvězda, mohly být jen nějak podřízeny tomu samému principiálnímu vysvětlení. Samotné pozorování nás seznámilo ještě s třetí třídou zvláštních hvězdných změn, které stojí mezi těmito dvěma jevy a kterou lze brát v úvahu jako pravého zprostředkovatele mezi těmito jevy. Jsou to zmizelé a nové hvězdy.

Sem nyní zvláště patří v roce 1572 objevená nová hvězda v souhvězdí Kassiopeia, u níž se věří, že její časový průběh, nebo-li její periodicitu změny světla, se musí rovnat zhruba 300, možná jen pouze 150 let. V době objevení byla již blízko maxima své zdánlivé velikosti a intenzita jejího světla dosahovala a přesahovala s oslňujícím bílým světlem Síria a dokonce i Venuši. Brzy na to ubrala rychle na velikosti a její světlo zároveň plynule přešlo z bílé do žluté a dále do červené, která byla stále tmavší a na konci pozorování zcela zmizela. (Richterova *Astronomie*, S. 684.) – Ještě nápadnější byly jevy zpozorované v roce

⁵⁰ pozn. překladatele: předpokládané souhvězdí. Dnes značen jako Perseus

1604, kdy Kepler objevil novou hvězdu v noze Hadonoše. Poté, co její světlo prošlo všemi barvami duhy, postupně vyhasínalo, zhruba po jednom roce zmizelo a od té doby nebyla hvězda znovu spatřena. Také autoři dřívějších dob nám připomínají podobné jevy, a o Síriovi, který nyní září oslnivě bílým světlem, by se nemělo pochybovat, že měl kdysi rudou a jinou další záři. – Tudíž tyto hvězdy měly s dvojhvězdami společnou hru barev a s největší pravděpodobností rychlý pohyb a z pravidla na staletí se počítající délku periodicity. – S takzvanými proměnnými hvězdami oproti tomu mají společné úplné zmizení a úplnou neviditelnost, stejně jako to, že jsou viditelné a neviditelné nestejnou dobu, a konečně i to, že světelný úbytek trvá delší dobu, než narůstání světla a ještě další věci. – Hledíme tedy na všechny ty jevy rozdílných nebeských objektů opravdu doložené pomocí pozorování, které jsme za předpokladu jim náležitě velkých rychlostí pohybů do detailu předpověděli. Chceme se proto ještě poohlédnout, co nás přímé pozorování a výpočet, stejně jako patrnost jejich pohybu samotného, naučily.

§9.

Rychlost planet naší sluneční soustavy, dokonce, i když se nachází v perihéliu, není až tak důležitá. Země se pohybuje rychlostí zhruba 4.7 mílí, Venušina rychlost činí 6.7 a Merkurova rychlost je 8.3 mílí za sekundu. Nelze se tedy divit, že jsme u nich nezaznamenali žádnou změnu barev a natož pak dočasné nebo úplné zmizení. Kdyby byla rychlost naší Země minimálně desetkrát větší, než ve skutečnosti je, musely by se nám jevit všechny stálé hvězdy východní oblasti ekliptiky zářící bez výjimky modrým nebo zeleným světlem, na opačné západní straně oproti tomu by zářily oranžově nebo červeně. Pomocí nápadné, pro všechny stále hvězdy stejným způsobem opakující se pravidelnosti takového fenoménu bychom zpozorněli u každé odchylky a hledali a našli příčinu v pohybu Země. Ale tam, kde se tyto jevy objevují pouze

osamoceně, pouze z důvodu zvláště rychlého pohybu jednotlivých stálých hvězd, musí být mnohem těžší, vysvětlit do nejmenšího detailu stejné, a nanejvýš patrně záměrně k tomuto účelu uspořádané řady pozorování. – Měsíce se pohybují, jak známo, chvíli pomaleji, chvíli rychleji, jako jejich planety. Může tedy zůstat nerozhodnuto, zda by zde neměly být zahrnuty některé na nich pozorované zvláštnosti? – Více významná oproti tomu je již na kometách pozorovaná rychlost jejich pohybu. Halleyova kometa má v periheliu blízko rychlosti 18 mílím za sekundu, a od roku 1680 se pohybuje blíže ke Slunci rychlostí 74 mílím za sekundu a tím je 17 krát rychlejší než naše Země. Nelze tedy pochybovat o tom, že již u dříve pozorované ale nikoliv propočítávané komety mohly dosahovat rychlosti několika tisíc mílím za sekundu. U nich je nyní jejich slabé zabarvení pravděpodobně následkem jejich rychlého pohybu, a měl by také být opravdu u stejných případů pozorován. Že se zde přihlíží ke směru pohybu a k pozici jejich trajektorií k naší Zemi, je samozřejmé, a bylo by zajímavé, kdybychom dokázali stanovit tehdejší postavení naší Země ku drahám každé komety.

Tím, že naší Zemi odebíráme schopnost, způsobovat znatelné změny barvy a intenzity na rozdílných vesmírných tělesech v důsledku jejího nepřetržitého pohybu, nechceme za žádných okolností zároveň tvrdit, že by určitým velmi znatelným vlivem nepůsobil na ty samé jevy, dřívějšího nebo pozdějšího natrefení, ale že i v případě nezbytnosti působit musel. Tím, že naší Zemi odebíráme schopnost způsobovat znatelné změny barvy a intenzity na rozdílných vesmírných tělesech v důsledku jejího nepřetržitého pohybu, nechceme za žádných okolností zároveň tvrdit, že by určitým velmi znatelným vlivem nepůsobila na dřívější nebo pozdější výskyt jevů a jejich stupeň, ale že i v případě nezbytnosti působit musí. Nanejvýš pravděpodobně mají některé sledované anomálie periodicky měnivých hvězd, o kterých bude dále

ještě řeč svá odůvodnění. – Co se týká stálých hvězd, nelze přijmout jakýkoliv důvod, že je naše Slunce všechny vesměs překonává ve hmotnosti i velikosti. Může mít spíše vliv na aktuální pohled v astronomii to, že by mohly existovat stálé hvězdy, které by mohly předčít naše Slunce v průměru možná několik set krát, hmotnostně právě mnoho milionkrát. Nyní záleží na rychlosti, se kterou se satelity pohybují kolem svých centrálních těles, za stejných okolností a stejné hmotnosti jako takové. Před tím nebyl důvod se těmito okolnostmi udivovat, když nám pozorování některých pohybů těchto nebeských těles opravdu ukázala, že jejich rychlost sama překročila rychlost světla. Ve skutečnosti jsme se na tak zvané dvojhvězdě, a nanejvýš pravděpodobně také na měnivých a nových hvězdách jako takových, seznámili s rychle pohybujícími se hvězdami. Spokojím se s tím, co jeden vážený astronom praví ve své zprávě o dvojhvězdě γ v souhvězdí Panny (viz Littreův W.d.H. str. 470.) _ zvláštní,“ praví, „ je vysoká rychlost tohoto satelitu v době svého perihélia, kdy během jednoho dne urazí vzdálenost 3490 milionů mílí a tím v jedné sekundě 40 000 mílí, a tím se pohybuje skoro stejně rychle jako světlo samo.“ V každém případě nelze v těchto speciálních případech tomuto více méně přibližnému odhadu tak velkou váhu jako údajům založeným na přesném pozorování: při nejmenším však předpokládanou rychlost mezi 33 a 19000 mílemi za sekundu, se kterou se může pohybovat jedna nebo druhá stálá hvězda, nelze považovat ani za nepravděpodobnou, ani za přehnanou.

§10.

Je zřejmě nanejvýš nápadné, že sledujeme pouze taková nebeská tělesa se zřetelnými změnami v barvě a intenzitě světla, u kterých je předpokládaná, buď na základě přímého pozorování zcela mimořádně velká rychlost jejich pohybu, anebo, u kterých tuto možnost analogií můžeme předpokládat. Kdežto u všech zbývajících nebeských hvězd,

kteřá v porovnání s nimi považuje za klidná nebo při nejmenším za pomaleji se pohybující, se tyto jevy bez výjimky nevyskytují. Člověk se cítí být tlačěn k názoru, že všechny nebeské hvězdy svítí samy o sobě bílým nebo lehce nažloutlým světlem. A dále, pokud je tomu jinak, musí pro to být důvod, který v je nějaké nanejvýš pravděpodobné, ale ne pouze náhodné souvislosti, s velkou rychlostí jejich pohybu. Účelem tohoto pojednání bylo demonstrovat ne pouze eventuelní možnost, ale nutnost tohoto vlivu neobyčejně rychlého pohybu nebeských těles na jejich barvu a na intenzitu jejich světla. Poskytuje spisovateli útěšné zadostiučinění, pokud je mu známo, že s výše sestaveným principem sám do detailu souhlasí. Mohlo by zde být uvedeno pár drobností, na nějaké zde upozorňuji. Vysvětlují se zde jednoduše:

1. Proč je z dvojhvězdy ta větší, a zároveň eventuelně patrně nepohyblivá centrální nebo hlavní hvězda skoro bez výjimky bílá, ta druhá se oproti tomu jeví zpravidla barevným světlem!
2. Proč se v případech, kde se obě hvězdy jeví stejně velké, ukazují obě barevně!
3. Pročež, v tomto posledním případě jedna svítí téměř vždy světlem, které se nachází v horní části barevného spektra (tedy zelená, modrá, fialová), ta druhá, patřící k ní oproti tomu má barvu ze spodní části spektra (tedy červená, oranžová, žlutá). Neboť u stejně velkých dvojhvězd se může eventuelně stát, zejména když se pohybují kolem společného těžiště, že se jedna pohybuje přibližovacím směrem, zatím co se druhá od nás vzdaluje.
4. Vysvětluje se tím nanejvýš jednoduše, proč se barvy dvojhvězd tak významně mění s ohledem na čas. Tak např. popsal Herschel Starší nejhezčí dvojhvězdu severu, totiž γ Leonis, která svítla krásnou bílou barvou a k tomu příslušící bíločervenou, zatímco

Strure shledával hlavní hvězdu zbarvenou dozlatova a tu vedlejší červenozelelou. Ještě nápadnější změna je u dvojhvězdy γ Delphini. U té tak nápadných a zřejmých barev, zlatožlutá a modrozelená (říká Mädler, p. Astronomii, str. 500) je zcela udivující, že je Herschel obě nazývá bílými. - Musíme ale vzhledem k našemu výkladu principu ještě přidat, že přijde čas, kdy si tato dvojhvězda dokonce svá barevná světla navzájem vymění. Dvojitá hvězda během každé její fáze projde při nejmenším stejnou částí barveného slunečního spektra.

5. Dále se vysvětluje další zvláštní chování periodicky se měnících hvězd, a proč je vlastně barva těchto hvězd červená. Neboť, buďto jsou samy o sobě pro nás neviditelnými hvězdami (možná kvůli příliš malé intenzitě nebo příliš dlouhé době kmitu), které dosahují pouze díky svému proti nám namířenému rychlému pohybu prvního stupně viditelnosti, to znamená, že se nám jeví červeným světlem. Možná ale jsou ve skutečnosti červeně zářící a přecházející do pohybu směrem od nás.
6. Také okolnost krátké doby viditelnosti v porovnání s její periodicitou nalezne v ohledu na obrázky 5 a 6 postačující vysvětlení, ba z toho plyne, že je to nutností. Přibližně během plných tří čtvrtin jejího oběhu a často mnohem více, záleží na situaci a formě elipsy vzhledem k pozorovateli, musí pouze prostřednictvím přiblížení, tedy pouze v době času perihélia nám viditelná hvězda zůstat neviditelná. To je nanejvýš nápadné, když stanovíme jako trasu elipsu významné excentricity a postavíme do trasy proti pozorovateli podle vzorce 6.
7. Dříve zmíněné jevy, že měnivé hvězdy zpravidla potřebují o mnoho kratší čas k přibývání než k ubývání světla, nalézají dostatečné

vysvětlení rovněž v obrázku 7. Do krátké chvíle před vstupem do perihélia má hvězda při již velmi významné absolutní rychlosti ještě nepříznivý směr svého pohybu tak, že se tentýž pozorovatel v místě O vůbec nebo pouze zcela málo přiblíží, dokud nedorazí do m. Najednou vstoupí do příznivého směru, ještě u blíže větší absolutní rychlosti, které je schopná dosáhnout. Ještě příznivější pro splnění této vlastnosti je eventuálně poloha, jaká je značena v obrázku 8, a poté se snadněji pochopí, jak se hvězda během několika málo hodin zviditelní a stejně tak během určitého času vybledne. Poté ale pozvolna mizí a po několika letech zmizí úplně.

8. Právě tak se tímto vysvětluje, proč prochází ty takzvané nové a zmizelé hvězdy všemi barvami duhy a s měděně červeným světlem konečně zmizí. Nanejvýš pravděpodobně by nemohlo žádné užší množství těchto hvězd, které běžně považujeme za nepohyblivé a neměnné, být podrobeno podobné změně barev a světla, ačkoliv se může zdát, že se to u těchto hvězd s ohledem na Siria bez pochyby děje
9. Konečně se můžeme nanejvýš pravděpodobně věnovat anomáliím u různých periodicky měnících se hvězd, které se dají vysvětlit pohybem naší Země. Takže například ukazuje hvězda Mira na krku Ryby chvíli periodu změny světla o rychlosti $328\frac{1}{2}$ dne, zakrátko $335\frac{1}{4}$ dne, tedy rozdílem 7 dnů. Jelikož nyní doba oběhu naší země kolem slunce činí $365\frac{1}{4}$ dne, tak se Země nachází v té době, kdy je hvězda ve své největší záři, v každém roce na jiném místě a směr jejího pohybu proti nebo od každé hvězdy je tím pádem v různých letech rozdílná. Ale jelikož pohyb Země musí mít zcela bez pochyby vliv na hvězdu vstupující do fáze její největší záře, tak se bude ta samá hvězda do této fáze dostávat někdy o něco dříve, jindy o něco později. Rozdíl v rychlosti o $9 \cdot 4$ mílí by mohla proto

urychlit zmizení nebo dosažení nejintenzivnější záře o celých 7 dní. Pokud je toto správně, tak by musela být detekovatelná tato viditelná anomálie u hvězdy Mira. Periodicita této viditelné anomálie je přibližně 12 let, pokud by se opravdu našla, bylo by to překvapivé potvrzení předložené teorie. V dílech, která jsou v současnosti k dispozici, jsem nenašel zmínku, že by byla tato anomálie periodická.

§11

Dříve, než nás Olaf Roemer seznámil s (naučil znát) rychlost světla, a ještě dlouho poté, panoval názor, že žádný pohyb na nebi a na zemi nemůže být srovnáván s rychlostí světla a při pozorování jeho rychlosti bude mít též nepatrný vliv na jeho aktivitu. Tento důmyslný výklad odchyly jevu, odporuje tímto bludu, a je zavázán neodolatelné moci pravdy teorie, jež v krátké době dosáhla všeobecného uznání. Je-li však rychlost $4 \cdot 7$ mílí za sekundu dostatečných k vychýlení směru světelného paprsku o $20''$, proč by neměla způsobit prokazatelnou rozdílnost v barvě a intenzitě světla? Nic nemůže badateli zabránit v tom, aby si kladl i další takové otázky a aby se je pokusil zodpovědět. Ponechám na rozhodnutí samotného znalce, zda jsou již provedená pozorování v takovém stadiu, aby byla na tuto otázku schopna odpovědět s nepochybnou jistotou. Zdá se však být jisté, že zde provedená úvaha může být považována za pravdivou za předpokladu, že zde teorie položila základy, ze kterých se slavná Bradleyho teorie aberace považuje pouze za součást této teorie, neboť se zaměřuje pouze na směr, kdežto zde se zaměřujeme mimo jiné i na barvu a intenzitu světelného paprsku. Je téměř jisté, že v nedaleké budoucnosti nabídne tato teorie astronomům vítaný prostředek, jak určit pohyby a vzdálenosti od těchto hvězd, u kterých doposud nebyla naděje k takovým měřením a určením kvůli svým neměřitelným vzdálenostem od nás a s tím spojenou malostí rovníkového úhlu. –

3.1 Komentář k překladu

První problematika překladu byla otázka, jak přeložit název jako takový, neboť se na tento text často odkazují další fyzikové. Při zmínkách v dalších textech se objevuje odkazování formou opisu, kde je teorie nazývána dnešním způsobem „Dopplerův princip“. Objevují se zde i příklady částečného překladu prvních částí názvu, jak je tomu například ve článku Martina Šolce v časopise Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, kde je uvádí „Ueber das farbige Licht der Doppelsterne (O barevném světle dvojhvězd)“.⁵¹ Další zmínka, tentokrát již s celým jménem, se nachází v tomtéž sborníku ze stejného roku, kdy Ivan Štoll přeložil celý název jako „O barevném světle dvojhvězd a některých jiných hvězd na nebi“.⁵² Na základě této skutečnosti se změnil název z původního překladu „O barevném světle dvojhvězd a některých dalších nebeských tělesech“ na verzi Ivana Šolla, aby bylo zřetelné, že se jedná o stejný text.

Jelikož se jedná o odborný text sepsaný v 19. století, jsou zde patrné ukázky jednak dobové němčiny a následně i košatost souvětí spojené právě s odborným stylem, které vytvářeli v překladu určitá úskalí. Mezi typické ukázky rozdílu dnešní němčiny a němčiny doby, kdy byl text napsán, je dnešní snaha o zjednodušování. Tento jev je viditelný například ve slovech Theilchen, kde se dnes nepíše první h, dnešní užívání β místo dvou písmen s (naturgemäss), či častější používání diftongu ue místo ü. Tyto změny jsou zaznamenány ve slovníčku,

⁵¹ Šolc, Martin; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Cesta Dopplerova principu zpět do astrofyziky Vol. 38 (1993), No. 5, 260--269

⁵² Štoll, Ivan; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Život a dílo badatele Dopplera Vol. 38 (1993), No. 5, 260--269

který byl vytvořen během překladu a ve kterém jsou tyto změny zaznamenány.

Pro užívání přesnější terminologie byly využité konzultace s odborníky na fyzikální jevy, které jednak poukázaly na možná vylepšení nejenom v paragrafu 3, ale zároveň poukázali na skutečnost k Dopplerově vyjadřování a to, že jeho zápis jednotek, který užívá ve svém textu, by se v dnešním světě dal považovat za nedostatečný například kvůli absenci či nedostatečnému vyjádření jednotek u uvedených veličin.

Během překladu se také přišlo na několik překlepů, které nejspíš byly způsobeny během přepisu a dalších příprav tohoto vydání. Nejzávažnější problém se objevil, když se v paragrafu 3 v případě 1 objevila u přepisu nejednoznačnost mezi užitými písmeny a a α , které jsou důležité pro pochopení teorie jako takové. Pro odstranění této nejasnosti byl vyhledán napřed jiný přepis a nakonec i naskenovaný původní text Dopplerova principu.

3.1.1 Styl textu

Překlad byl ponechán ve stejném stylu, jak byl text původně napsán. Je tedy dosti pravděpodobné, že by pro dnešní fyzikální texty, kde jsou dodržovaná detailní označení a terminologie, mohl být považován za nedostatečné. V textu se totiž, mimo jiné, zkracují užívané hodnoty. Například v paragrafu 5 se chvíli mluví o rychlosti v mílích za sekundu, poté už jsou sekundy z textu odňaty. Tento jev se poté objevuje například i v paragrafu 6, odstavci 1, bodě ϵ . Podobně tak tomu je i v tištěné reakce Bernarda Bolzana, o kterých je zmínka v následující kapitole, tudíž lze usoudit, že se jedná pro danou dobu zcela přirozený jev a text lze tedy považovat za vědecký.

Druhý případ zmatečného užívání termínu pro dnešní dobu je autorovo užívání zkratky Fig., což původně vedlo ke špatnému pochopení překladu, neboť zde tato zkratka nesla hned dva významy. První význam nesl termín vzorec, který byl na základě teorie vydefinován přímo v textu. Druhý význam měl však odkazovat na nákresy, které jsou přidány na konci textu. Navíc v textu nejsou vzorce v paragrafu 3 nijak popsány, což rovněž vede k problematické orientaci. Originální nákresy jsou k dispozici v příloze v kapitole 10 této práce.

3.1.2 Osobnosti zmíněné v textu

V překladu textu se objevuje zmínka o mnoha dalších osobnostech, které se zabývali podobnou problematikou. Jedná se o důležité propojení myšlenek a děl předchůdců a současníků Christiana Dopplera, kteří se zabývali, ať už částečně či zcela úplně, v této práci popisovanou fyzikální problematikou. Následující kapitola tedy krátce představuje zmiňované matematiky a fyziky.

Již v prvním řádku prvního paragrafu vlastního Dopplerova textu se zmiňuje o **Christiaan Huygensovi** (1629 – 1695) a **Leonhardu Eulerovi** (1707 – 1783), neboť se zabývali stejnou problematikou a již jejich spisy nesly uznání a bylo možné z nich rozvíjet další teorie. Christiaan Huygens, nizozemský fyzik, matematik a astronom, se mimo jiné zabýval vlnovou teorií světla. Ve svém díle *Pojednání o světle*⁵³ řešil otázku přímočarého vlnění světla, lom a odraz světla spolu s jejich zákonitostmi. V oblasti astronomie objevil roku 1655 měsíc Titan náležící planetě Saturn, dokázal definovat materiál, ze kterého jsou složeny jeho prstence a roku 1659 vydal o Saturnu dílo *Systema Saturnium*, kde vysvětlil pozorované změny prstenců.⁵⁴

Leonard Euler byl švýcarský matematik a fyzik. V matematice se zabýval se například teorií prvočísel, geometrií, matematickými funkcemi či diferenciální geometrií. V oblasti fyziky se poté věnoval aplikaci matematiky do mechaniky popsané v dílech *Mechanica, sive motus scientia analytice exposita* nebo *Heoria motus corporum solidorum seu rigidorum*.⁵⁵ Ve 40. letech 18. století vytvořil reinterpetaci teorii barev od Isaaca Newtona z pohledu jeho teorie světla, neboť se domníval, že se systém oka skládá ze systému achromatických čoček, čímž vstoupil

⁵³ Pozn. překladatele: původní název díla *Traité de la lumiere*

⁵⁴ BUREŠ, Jiří. Christiaan Huygens

⁵⁵ KOUTNÝ, F. Leonhard EULER

jednak do oblasti optiky, zároveň ale je to opět užití vlnové délky⁵⁶. Roku 1768 zavedl pojem vlnová délka, vztah definovaný mezi frekvencí vlnění a rychlostí šíření světla v definovaném prostředí, který se používá do dnešních dní.⁵⁷

O Britském lékaři, egyptologovi a fyzikovi **Thomasu Youngovi** (1773 – 1829), zabývajícím se mechanikou pevných těles i tekutin, akustikou a optikou, vytváří v textu zmínku, neboť právě on je považován za jednoho z prvních fyziků, který vyslovil domněnku, že existuje příčné světelné vlnění. Zároveň se jedná o obrátce Huygensovy vlnové teorie světla. Tento názor vznikl na základě dnes tak zvaného Youngova pokusu zakládající se na průchodnosti světla štěrbinami a jeho následnými vlastnostmi.⁵⁸ Francouzský fyzik zabývajícím se optikou **Augustin-Jean Fresnel** (1788 – 1827) byl další osobností, která napomohla definování vlnové teorie, ve které se specificky zabýval například interferencí světla⁵⁹ či polarizací světla. Právě u druhého jevu, kdy se zkoumá propustnost paprsků, či jejich lom, se považuje za důkaz skutečnosti, že je světlo příčné elektromagnetické vlnění a ne podélné.⁶⁰

Augustin-Louis Cauchy (1789-1857), významný francouzský matematik, jenž byl již od mládí v okruhu významných učenců Josepha-Louise Lagrangeho⁶¹ a Claude Louise Bertholleta⁶², kteří po nějaký čas

⁵⁶ BEGENI, Peter. *Astronomické oko: Čo by mal hviezdny tulák vedieť o ľudskom oku, aby sa mohol správne dívať do vesmíru*, s. 25

⁵⁷ KRÁLOVÁ, Magda. Základní charakteristiky světla

⁵⁸ Skládání vlnění. *Encyklopedie fyziky*

⁵⁹ fyzikální jev, kdy se paprsky světla navzájem ruší

⁶⁰ HROMÁDKO, František. Z Aragových životopisu.: Fresnel. *Časopis pro pěstování matematiky a fyziky*, KRÁLOVÁ, Magda. Augustin Fresnel

⁶¹ Italský matematik a astronom žijící ve Francii. Zabýval se matematickou analýzou či mechanikou klasickou i nebeskou. V oblasti astronomie se zabýval také oběžné dráhy planet sluneční soustavy a Měsíce.

sousedili s jeho rodinou. V oblasti geometrických těles pracoval na metodě konstrukce nekonvexních mnohostěnů. Učebnici *Cours d'analyse*, dílo obsahující základy matematické analýzy (pojednávající o pojmech derivace, integrál, limita, spojitost a mnohé další) vydal roku 1821.⁶³ V oblasti fyziky se pohyboval na matematické rovině, kde se snažil v oblasti optiky definovat vlastnosti éteru, všudypřítomného média, o kterém se věřilo, že je světelným vodičem. Tato práce však byla pro mnohé čtenáře neuspokojivá. Jeho celkové dílo vyšlo ve 27 svazcích v díle *Euvres complètes d'Augustin Cauchy* (1882–1970).⁶⁴

Ke konci prvního paragrafu se Doppler dále zmiňuje o fyzicích **Pierre Simon de Laplace** (1749 – 1827) a **Siméon Denis Poissonovi** (1781 – 1840), francouzští fyzikové, matematikové a astronomové. Laplace se opět zabýval prstencem Saturnu, planetami Uranem a Jupiterem, kometami, pohybem planet, či dnes tak zvanou Laplaceovu rovinu⁶⁵. Veškeré bádání na téma nebeská mechanika se sepsané v díle *Mécanique céleste*, původně pětidílném díle vycházejících v letech 1799 – 1825. Také se zabýval zvukovými vlnami, které definoval jako tlakové vlny, u kterých při stlačení nedochází k nárůstu teploty.⁶⁶ U svého studenta, Poissona, si byl vědom jeho talentu, a tudíž mu napomáhal v jeho kariéře a ovlivnil tak značně jeho tvůrčí a tvůrčí činnost.⁶⁷

⁶² Francouzský chemik, který se účastnil Napoleonova tažení do Egypta. Zabýval se vlastnostmi chemických látek a chemickými reakcemi. Nejvýznamnější dílo nese název *Essai de statique chimique*.

⁶³ KRÁLOVÁ, Magda. Augustin Cauchy

⁶⁴ Augustin-Louis Cauchy: French mathematician. *Encyklopaedia Britannica*

⁶⁵ rovina proložená těžištěm slun. soustavy

⁶⁶ KOUTNÝ, F. Pierre Simon de LAPLACE

⁶⁷ O'CONNOR, J J a E F ROBERTSON. Siméon Denis Poisson

Britský astronom a konstruktér dalekohledů Sir **Frederick William Herschel** (1738 – 1822), nesoucí v Dopplerově textu označení „Herschel st.“, byl otcem **Johna Fredericka Williama Herschela** (1792 – 1871). Otec je považován za objevitele planety Uran, která chvíli nesla i jeho jméno,⁶⁸ než německý astronom Johann Bode navrhl, aby se planeta jmenovala po řeckém bohu nebes. Frederick začal zkoumat oblohu detailněji, což mělo za následek, že roku 1786 vydal dílo *Katalog tisíc nových mlhovin a hvězdokup*.⁶⁹ Herschel ml. převzal jeho nadání v oblasti optiky. Na pokusu dokázal nerovnoměrnost červeného spektra. Také se dá považovat za původce myšlenky kontaktních čoček, neboť přišel s nápadem skelných čoček, které by se daly dát upevnit k oku.⁷⁰

Významnou osobností, na kterou Doppler naráží již v názvu svého díla, je anglický astronom **James Bradley** (1693 – 1762), který stanovil rychlost světla na 301 000 km/s.⁷¹ Tím uzavřel otázku rychlosti světla. Tento závěr učinil pomocí svého objevu, dnes tak zvané Bradleyho aberace, kde pomocí pozorování stálic, kdy zjistil odchylky světelného záření a tím došel k závěru, že se pozorovatel i pozorovaný předmět pohybují. Je tedy zjevné, že Dopplerova teorie opravdu reaguje na Bradleyho pozorování stálice γ Draconis.⁷²

Friedrich Georg Wilhelm von Struve (1793 – 1864), původem německý geodet a astronom, se zabýval zkoumáním dvojhvězd. Za svého života vytvořil několik katalogů dvojhvězd, čímž mimo jiné prokázal skutečnost, že dvojhvězdy a i větší shluky hvězd nejsou zase až tak

⁶⁸ původně ji Herschel chtěl pojmenovat Georgium Sidus. Tento název nebyl však úspěšný. Tak vznikl návrh, aby objev nesl jméno objevitele.

⁶⁹ William Herschel. *Astronomia: Astronomický server Fakulty Pedagogické ZČU v Plzni*

⁷⁰ BEGENI, Peter. *Astronomické oko: Čo by mal hviezdny tulák vedieť o ľudskom oku, aby sa mohol správne dívať do vesmíru*, s.27

⁷¹ BENEŠ, Jiří, Daniel JIRÁK a František VÍTEK. *Základy lékařské fyziky* s. 178

⁷² SELIGMAN, C. Bradley's Discovery of Stellar Aberration: Proves That The Earth Moves

neobvyklým jevem, jak se doposud myslelo. Ve svém posledním katalogu z roku 1819 prováděl i komparaci údajů, mezi které patřil například i polohový úhel. Jeho nejproslulejší pozorování zahrnuje zkoumání hvězdy Vega.⁷³ Ve své práci pozorování dvojhvězd navazuje právě na Sira Fredericka Williama Herschela.⁷⁴

Dalším významným německým astronomem byl **Johann Heinrich von Mädler** (1794 – 1874), který se zasloužil o vytvoření první mapy Marsu, graf měsíce, či vytvoření historie astronomie.⁷⁵ Během svého bádání sepsal mnoho spisů. Mezi spisy o astronomii patří mimo jiné *Populární astronomie* (1841) na kterou zde Doppler odkazuje, *Stálice nebes* (1858), či dvousvazková *Historie astronomie* (1873).⁷⁶

Rakouský astronom českého původu **Joseph Johann von Littrow** vystudoval právo a teologii na Univerzitě Karlově v Praze. Sám se však zabýval matematikou a astronomií, kterou poté vyučoval na několika významných univerzitách (například univerzita v Krakově či Budapešti). Stal se také vedoucím vídeňské observatoře.⁷⁷ Mezi jeho nejvýznamnější díla patří například *Atlas hvězdné oblohy* (1854), *Teoretická astronomie či obecné jevy oblohy: s autorovými nákresy a astronomickými tabulkami* (1834), *Atlas hvězdné oblohy pro přátele astronomie* (1866) či *Zázraky nebe* (1835).⁷⁸

⁷³ dnes také označovaná jako α Lyrae, se nachází v souhvězdí Lyry a jedná se o pátou nejjasnější hvězdu viditelnou na naší noční obloze.

⁷⁴ Friedrich Georg Wilhelm von Struve. *Oxford Reference*, FYZIKA HVĚZD. *Inastronoviny*

⁷⁵ JOEVEER, Mihkel. Mädler, Johann Heinrich von

⁷⁶ originální názvy jsou: *Populäre Astronomie*, *Der Fixsternhimmel*, *Geschichte der Himmelskunde*

⁷⁷ DARLING, David. Littrow, Joseph Johann von

⁷⁸ originální názvy jsou: *Atlas des gestirnten himmels*, *Theoretische Astronomie oder allgemeine Erscheinungen des Himmels: mit dem Bildnisse des Verfassers und astronomischen Tafeln*,

Poslední osobnost, kterou zmiňuje Doppler ve svém textu, je dánský astronom a matematik **Olauf Roemer** žijící v letech 1644 – 1710, který se zabýval pozorováním zatmění měsíce Io⁷⁹ náležící Jupiteru. Na základě těchto pozorování vypracoval teorii o měření a konečné rychlosti světla, jež zveřejnil v roce 1672 ve Francii, kde tou dobou asistoval Giovanni Domenico Cassinu.⁸⁰ Dále je znám vytvořením teplotní stupnice, která přecházela Celsiovy stupnici. Roku 1708 se Roemer setkal s Fahrenheitem, který stupnici převzal, upravil a začal používat.⁸¹

Slovenský matematik, vynálezce a fyzik **Josef Maxmilián Petzval**, který je zmiňován v předmluvě, se zabýval oblastmi akustiky, balistiky či analytické mechaniky. Vytvořil nový druh objektivu, který obsahoval čtyři čočky, které umožnily snížit expoziční čas⁸² z 30 minut na 30 sekund. Jeho objektivy se v oblasti astronomie či kinematografie používají dodnes.⁸³

Atlas des gestirnten Himmels für Freunde der Astronomie a Die Wunder des Himmels.
STOPPA, Felice. Theoretische Astronomie oder allgemeine Erscheinungen des Himmels

⁷⁹Io byla podle svědomitá mytologie kněžka bohyně Héry, do které se zamiloval Jupiter. Žárlivá Héra ji proto přeměnila v krávu a honila po celém světě. Jako přirozený satelit má průměr 3 550 km, má o 1,17x větší hmotnost než Měsíc náležící Zemi a svou oběžnou dráhu obejde za 1,769 dne.

⁸⁰ italsko-francouzský inženýr a astronom a od roku 1671 ředitel Pařížské observatoře.

⁸¹ BUREŠ, Jiří. Ole Christensen Rømer

⁸² v dnešní době se jedná o dobu vystavení filmu nebo senzoru světlu.

⁸³ KALAŠ, Václav. Zářijové výročí: Josef Maximilián Petzval

4 REAKCE NA DOPPLERŮV TEXT

4.1 Bernard Bolzano

Bernard Placidus Johann Nepomuk Bolzano byl jedním z nejvýznamnějších matematiků, logiků a filozofů působících na českém území v druhé polovině 18. století a na začátku 19. století. Jako jeden z osmi přítomných zasedání Královské české společnosti nauk dne 28. května 1842 měl možnost si vyslechnout Dopplerovu přednášku zabývající se zvukovými a světelnými jevy a následně na přednášku reagovat několika články.

4.1.1 Život

Bolzano se narodil 5. října 1781 v Praze do rodiny italského obchodníka, Bernarda Pompeia, který se sice narodil v Itálii, většinu svého života však strávil na území Čech. Jeho obživou bylo podnikání zaměřené na vývoz českých starožitností a uměleckých děl do zahraničí. Touto činností ovšem nikdy svou činností nenabyl velkého majetku. Navíc otec věřil, že by měl pomáhat svému okolí, a tak mimo obchod vypomáhal v úřadu pokladníka staršího italského sirotčince v Praze.⁸⁴ Matka, Cecílie Maurerová, byla zbožná žena, která původně chtěla strávit svůj život za zdmi kláštera. Proti tomu však stáli její rodiče, kteří ji přesvědčili, aby se provdala za šestnáct let staršího nápadníka, se kterým měla dvanáct dětí, ze kterých se dospělosti dožilo jen dvě.⁸⁵

Sám Bolzano se ve svém životopise popisuje jako dítě, které se nemohlo účastnit mnoha dětských her obsahující mnoho pohybu. Zato byl však vychován tak, aby vzhlížel k všeobecnému dobru, pracovitosti, rovnosti mezi lidmi či nevybíravosti a přiměřenému odříkání. Ve vlastním

⁸⁴ PETR, Karel. Bernard Bolzano a jeho význam v matematice, s. 3; BOLZANO Bernard a Marie PAVLÍKOVÁ. *Bernard Bolzano: Vlastní životopis*, s. 11

⁸⁵ BOLZANO Bernard a Marie PAVLÍKOVÁ. *Bernard Bolzano: Vlastní životopis*, s.15

životopisu vzpomínal na skutečnost, že ve snaze se otužit, spal od osmi let v zimě v nevytápěném pokoji. Také se popisoval jako jedinec, který byl na jednu stranu velmi prchlivý, na druhou se však nebál udeřit oponenta či později přinášet stále nové argumenty při sporu.⁸⁶

Roku 1796 ukončil mladý Bolzano s výborným prospěchem piaristické gymnázium v Praze. Poté tři roky studoval matematiku, logiku a filozofii na přípravném stupni filozofické fakulty, zároveň objevil cestu k fyzice a nakonec i k teologii, od které se ho otec snažil odvrátit, protože si myslel, že by Bernarda kněžský stav učinil nešťastným. Roku 1804 se ucházel o místo profesora matematiky na pražské univerzitě, které nakonec získal konkurent Josef Ladislav Jandera. O rok později získal Bolzano kněžské svěcení a stal se učitelem náboženství. Ve stejném roce také získal doktorát z filozofie. Ke své práci na akademické půdě také zastával pozici kazatele pro studující mládež. Každou neděli akademického roku vedl velmi oblíbené a silně navštěvované exhorty, které měly vliv na českou inteligenci, která si je velmi často zapisovala a šířila dál. Sám Bolzano poté vydal první svazek těchto textů. Ostatní však byly vydány posmrtně.⁸⁷ U svých studentů byl Bolzano oblíbený, ostatní obecnost však k němu shlíželo jinak. Zhruba tři měsíce po začátku jeho přednášek přišel dvorský dekret, kde mu bylo sděleno, aby na konci akademického roku složil svou funkci, na kterou mělo být vypsáno nové výběrové řízení, které se nakonec nekonalo. Učitel však byl krátce donucen přednášet podle předepsané Frintovy učebnice, která obsahovala myšleny, které byly v rozporu s Bolzanovými názory a jeho smyšlením.⁸⁸ Tento spis vytvořený Bolzanových současníkem, římskokatolickým knězem

⁸⁶ BOLZANO Bernard a Marie PAVLÍKOVÁ. *Bernard Bolzano: Vlastní životopis*, s. 17-21

⁸⁷ PETR, Karel. *Bernard Bolzano a jeho význam v matematice*, s. 4

⁸⁸ BOLZANO Bernard a Marie PAVLÍKOVÁ. *Bernard Bolzano: Vlastní životopis*, s. 46, Bernard Bolzano. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*

a zároveň dvorním farářem a zповědníkem císaře Františka, nabyt vážnosti hlavně díky umístění svého autora na dvoře a jeho osobního vlivu.⁸⁹

Roku 1811 však bylo Bolzanovi opět povoleno přednášet vlastní názory a sestavit k přednáškám sešity pro posluchače. Radost z činnosti mu však zkazily dvě skutečnosti. První byl jeho zdravotní stav, který mu do roku 1815 znemožnil přednášet. V době jeho absence ovšem zastupující přednášející pracovali s jeho sešity. Druhá skutečnost, která zhoršovala jeho situaci, bylo úmrtí jeho milované sestry, ke které si vytvořil mimořádný ochranný vztah, následované skonáním otce, který skonal ve stejném roce. Ke zlepšení jeho zdravotního stavu však přispěl jeho bratr, který byl ve třetím ročníku lékařské školy, ale o kterého také brzy přišel.

Od roku 1818 dostával Bolzano připomínky ke své výuce, či k zřizování tajných společností, které byly neoprávněné, ale občas se spontánně dala dohromady skupinka studentů, která by odpovídala popisu těchto společností. Bernard samotný na takovouto skupinku nejednou narazil a rozpustil. Další absolventi založili v Litoměřicích jiný tajný spolek, o kterém se Bolzano dozvěděl a od kterého se ihned distancoval. Stalo se však, že ti, jež byli donuceni ze spolku odejít, přišli do Prahy, kde se zaznamenaly jejich výpovědi a následně se informace přenesly do Vídně.⁹⁰ Císař Bolzanovi nabídl tři jiné pozice ve Vídni, které musel Bolzano kvůli zdravotnímu stavu své matky odmítnout. Tudíž byl 24. prosince 1819 sesazen ze stávající pozice. Císař František mu však

⁸⁹ PETR, Karel. Bernard Bolzano a jeho význam v matematice, s. 5

⁹⁰ BOLZANO Bernard a Marie PAVLÍKOVÁ. *Bernard Bolzano: Vlastní životopis*, s. 60-64

ponechal penzi 300 zlatých ročně. Po návratu k matce však za ním začali studenti chodit na soukromé návštěvy.⁹¹

Proti Bolzanovým teologickým spisům však bylo vedeno několik vyšetřování. Na prvním vyšetřování, které vzniklo v době jeho odchodu ze školy, se podíleli čtyři jedinci, kteří jej tři dny vyzpovídali, ale nakonec nenašli nic závažného. Další vyšetřování bylo vyhlášeno roku 1821, kde odevzdal k přezkoumání své rukopisy, které mu již údajně nebyly navraceny. Roku 1822 mu byl odevzdán seznam 112 bludných vět, kterých se dopustil, a dalších podkladů, na základě kterých mu byla zakázána výuka jakéhokoliv způsobu a byla mu uložena náboženská rekolekce, duchovní cvičení, které bez zdráhání vykonal. Řízení o jeho náboženských bludech se vlekly od té doby s krátkými přestávkami do května 1828.⁹²

Mimo oficiální záznamy z vyšetřování však není moc relevantních pramenů, které by nastiňovaly další životní osudy. Víme však, že v letech 1841–1848 působil Bolzano jako sekretář pro Královskou českou společnost nauk, kde vznikla celá řada jeho matematických prací.⁹³ Počátkem prosince roku 1848 však nastydl a zemřel před Vánoci u svého bratra.⁹⁴

⁹¹PETR, Karel. Bernard Bolzano a jeho význam v matematice, s. 8; BOLZANO Bernard a Marie PAVLÍKOVÁ. *Bernard Bolzano: Vlastní životopis*, s. 66-67

⁹² BOLZANO Bernard a Marie PAVLÍKOVÁ. *Bernard Bolzano: Vlastní životopis*, s.87-94

⁹³ FONTA, OPRAVDU FONTA? Jaroslav a Pavel ŠIŠMA. Bernard Bolzano. *Významní matematici v českých zemích*

⁹⁴ KRÁLOVÁ, Magda. Bernard Bolzano

4.1.2 Dílo

Bernard Bolzano napsal nesčetně rukopisů z oblasti matematiky, logiky, teologie, filozofie. Většina jeho prací však nebyla za jeho života vydána. Ucelenější edice jeho díla byla vydána až posmrtně roku 1896, kdy Bolzanovi dva zasloužilí žáci, Eduart Winter a Jan Berg vytvořili *Bernard-Bolzano- Gesamtausgabe*,⁹⁵ dílo, které stalo jedním z nejucelenějších vydání práce tohoto významného učenice.⁹⁶ Zde nás ovšem nejvíce zajímají reakce na osobnost Christiana Dopplera a na jeho dílo, které jsou zde rozepsané.

4.1.3 Christian Doppler, Bolzanův přítel

V jednom ze svých dopisů Franzi Exnerovi z 19. října 1837 použil Bolzano výraz „přítel“, kterým Dopplera definoval. Prameny uvádí, že byl Doppler nejspíše jediný v Akademii, se kterým byl Bolzano schopný uspokojivě diskutovat o složitějších matematických tématech. Jejich setkání však doposud nebyla detailněji zdokumentována.⁹⁷ Sám píše, že jej přitahuje Dopplerův teoretický přístup k matematice, který shledává téměř filozofickým. Sám Bolzano totiž tvrdí, že matematika je odnoží filozofie.⁹⁸

Dokonce Dopplera podporoval takovým způsobem, že roku 1837 prosadil, aby byl Dopplerův matematický text s názvem *Pokus o analytické zpracování libovolně omezených a složených linií, ploch a těles, jakož i jejich aplikace na různé problémy deskriptivní a*

⁹⁵ Souborné vydání díla Bernarda Bolzana

⁹⁶ Bernard Bolzano. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*

⁹⁷ SCHUSTER, Dr. Peter Maria. Bernhard Bolzano. *Christian Doppler*

⁹⁸ SCHUSTER, Peter M. *Weltbewegend - unbekannt: Leben und Werk des Physikers Christian Doppler*, s.49

*perspektivní geometrie*⁹⁹ otištěn do spisů Královské české akademie věd. Tím jeho pomoc však nekončila. Nelíbilo se mu totiž, že byl Doppler pouze řadovým členem Akademie věd. Bolzano tudíž prosadil, aby se dne 28. června 1840 odhlasovalo Dopplerovo mimořádné členství v Královské české společnosti nauk pro sekci matematiky.¹⁰⁰

Bolzano si byl vědom Dopplerova zdravotního stavu. Sám jej často přemlouval, aby se vzdal profesury a přijal klidnější administrativní pozici. Po roce 1846 však Doppler se svým špatným stavem sepsal jedenáct pojednání, která také přednesl. Bolzano neskrýval svůj hněv ani obdiv. V dopisu z téhož roku popisuje, jak jej přítel (Doppler) svým chováním rozčiluje, ovšem v druhé části dodává, jaký je vlastně génius a jak by na něj mělo být Rakousko hrdé.

Při posledním zasedání Oddělení filozofie a matematiky Akademie věd dne 30. listopadu 1848 již Bolzano neměl v obecnstvu své přednášky o paradoxech matematiky zastoupení žádného matematika, kterým býval Doppler, jelikož se tou dobou Doppler nacházel již v Chemnitz.¹⁰¹

⁹⁹ Původní název: Versuch einer analytischen Behandlung beliebig begrenzter und zusammengesetzter Linien, Flächen und Körper nebst einer Anwendung davon auf verschiedene Probleme der Geometrie deskriptive und perspektive

¹⁰⁰ SCHUSTER, Peter M. *Weltbewegend - unbekannt: Leben und Werk des Physikers Christian Doppler*, s.51

¹⁰¹ SCHUSTER, Dr. Peter Maria. Bernhard Bolzano. *Christian Doppler*

4.1.4 Reakce na Dopplerův spis

Rok po vydání stěžejního Dopplerova díla vytvořil Bolzano reakci na tento spis, která byla otisknuta v 60. svazku vědeckého análů fyziky a chemie nesoucí název *Annalen der Physik und Chemie* vydaných v roce 1843. Ve svém textu nazvaném „Pár postřehů k nové teorii pana profesora Christiana Dopplera ve spisu „O barevném světle dvojhvězd a některých jiných hvězd na nebi“¹⁰² Na začátku píše:

„...co slibujete ve Vašem nadpisu, obsahuje pojednání pana profesora Dopplera značně více, než se podle Vašeho nadpisu očekává. Nepojednáváte totiž pouze o barevném světle hvězdy, také není, jak říká Váš podnadpis v závorkách¹⁰³, pouhá „Pokus o obecnější teorii zahrnující Bredleyho teorii aberace jako své nedílné součásti této všeobecné teorie“: neboť i těmito slovy zapříčiníte, že se myslí na nauku, která obohatí astronomii nebo nanejvýš nauku o optice, zatímco je dílo blíže náležící obecné fyzice, ještě blíže k nauce o kapalinách, nebo ještě přesněji nauce o vlnách...“¹⁰⁴

Zde poukazuje na překvapení, že teorii vln, kterou je typické aplikovat na kapaliny, použil pozorování vln při pohybu pozorovatele

¹⁰² Původní název: Ein Paar Bemerkungen über die neue Theorie in Herrn Professor Chr. Doppler's Schrift: „Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels“.

¹⁰³ zde se odkazuje na grafiku původního textu

¹⁰⁴ Původní znění: „...was sie auf ihrem Titel verheißt, umfaßt die Abhandlung des Hrn. Prof. Doppler's bedeutend mehr, als ihre Ueberschrift erwartet läßt. Sie handelt nämlich keineswegs blofs über das farbige Licht einer Sterne: sie ist auch nicht, wie ihr zweiter im Klammern geschlossener Titel besagt, ein blofser „Versuch einer das Bradley'sche Aberrationstheorem als integrirenden Theil in sich schiefsenden allgemeineren Theorie“: denn auch bei diesen Worten werden wir nur veranfast, an eine Lehre zu denken, welche die Astronomie oder höchstens die optischen Wissenschaften bereichert, während es doch eine zur allgemeinen Physik, näher zur Lehre von den Flüssigkeiten, oder noch genauer zur Wellenlehre gehörigte Wahrheit ist...“ Ein Paar Bemerkungen über die neue Theorie in Herrn Professor Chr. Doppler's Schrift s.83

a zdroje vln na obory akustiku a optiku.¹⁰⁵ Vyzdvihuje zde zvláštní pravdy, na které Doppler naráží a které, podle Bolzanova mínění, nebyly doposud nikým jiným zkoumány. Definoval je jako pravdu akustickou, kde se řeší otázka změny tónu pro pozorovatele na základě pohybu zdroje zvuku, a pravdu optickou, která zkoumá otázku změny barvy objektu, v Dopplerově případě aplikovanou na změnu barvy hvězd na základě jejich pohybu.

Poukazuje však na místa, se kterými nesouhlasí. Například, v případě teorie týkající se světlem, není zastáncem výroku z paragrafu 1, kde je podélné kmitání považováno za správné. Dle jeho názoru se velmi zabýval změnou intenzity, protože pouze ta by měla záviset na velikosti trajektorie příčného kmitu, ale nezabýval se barvou jako takovou. Barvy odvádí autora této teorie od rychlosti světla v jeho předepsaném pohybu. Tento druh kmitu nemá vliv na povahu barvy. Ovšem na intenzitu, spolu s dostačující rychlostí svítícího objektu či oka (pozorovatele), již vliv mít může. Může se pak za určitých podmínek stát, že vliv částic éteru na oko musí být na základě pohybu buď posíleno, nebo naopak oslabeno, nebo dokonce zcela zrušeno.¹⁰⁶

V paragrafu 5 byla definována minimální rychlost potřebná k viditelné změně barvy. Objevuje se zde tedy otázka, proč byl tento jev doposud pozorován tak málo a většinou jen na dvojhvězdách. Neboť existují objekty, které mají větší rychlost, než je Dopplerem definovaná rychlost 33 milí za sekundu, tudíž je u nich změna barvy více než patrná. Přichází s myšlenkou, že za předpokladu schopnosti pohybu každého nebeského a povšimnutí jejich relativní rychlosti, je rychlost vedlejší planety obíhající kolem planety hlavní, která markantně větší rychlostí

¹⁰⁵ Bolzano, B. (1843). Ein Paar Bemerkungen über die neue Theorie in Herrn Professor Chr. Doppler's Schrift, s.83

¹⁰⁶ Bolzano, B. (1843). Ein Paar Bemerkungen über die neue Theorie in Herrn Professor Chr. Doppler's Schrift, s. 85-86

obíhá kolem Slunce, nepatrná. Doplňuje ještě skutečnost, že se Slunce pohybuje ještě větší rychlostí, než planety jako je Země. Tudíž dochází k závěru, že se planety našeho solárního systému pohybují větší rychlostí, než je Dopplerových 33 mílí za sekundu, stejně jako u fixních hvězd, u kterých byla tato skutečnost již potvrzena přímým pozorováním.¹⁰⁷

Bolzanova otázka je tedy následující: „Pan profesor Doppler totiž v paragrafu 5 propočítal, že stačí již rychlost 33 mílí za sekundu (pokud se projevuje ve smyslu přiblížení či oddálení mezi objektem a okem pozorovatele), aby způsobila zjevné změny barvy. To by mohlo některé jedince vést k otázce, proč jsme pozorovali tyto barevné změny na nebi doposud tak málo a téměř výlučně na tak zvaných dvojhvězdách? Neboť se většina nebeských těles s rychlostí, které nejen že dosahují rychlosti 33 mílí za sekundu, ale také ji přesahují, pohybují různými rychlostmi sem a tam, a často také vyzařují nápadnou změnu barvy, která je více než pravděpodobná.“¹⁰⁸

V závěru textu poukazuje na nedostatek vědeckých pozorování, která by se zabývala změnou barevnosti hvězd. Proto bere Dopplerův text jako výzvu pro všechny astronomy, aby v budoucnu tato pozorování vykonali.

¹⁰⁷ Bolzano, B. (1843). Ein Paar Bemerkungen über die neue Theorie in Herrn Professor Chr. Doppler's Schrift, s. 87-88

¹⁰⁸ původní text: „Hr. Prof. Doppler berechnet nämlich §5 dafs schon eine Geschwindigkeit von 33 Meilen in einer Sekunde (wenn sie im Sinne der Annäherung oder Entfernung zwischen Object und Auge stattfindet) hinreiche, eine bemerkbare Farbenveränderung zu erzeugen. Diefs nun könnte Manchem veranlassen zu fragen, warum man dergleichen Farbenveränderungen am Himmel bisher so selten und fast ausschließich bei den sogenannten Doppelsternen beobachtet habe? Denn dafs sich die meisten Himmelskörper mit Geschwindlichkeiten, welche die Gröfse von 33 Meilen in der Sekunde nicht nur erreichen, sondern weit übersteigen, in den verschiedensten Richtungen hin und her bewegen, also gar oft auch so, wie zur Erzeugung einer für uns bemerkbaren Farbenwechsels erfordert wird, ist doch mehr als wahrscheinlich zu nennen.“ Bolzano, B. (1843). Ein Paar Bemerkungen über die neue Theorie in Herrn Professor Chr. Doppler's Schrift, s. 86-87

„Byla do dnešních dní provedena taková pozorování světla stálic, abychom mohli přesně říci, že se vůbec nejedná o změnu její barvy? Zjevně ne; a tím se vlastně stává z teorie pana Dopplera vlastně výzva pro všechny astronomy, aby takováto zanedbaná pozorování v budoucnu vykonali.“¹⁰⁹

Stejně tak vyzývá, aby se další vědci přesvědčili o správnosti dalších zmíněných teorií v akustice a optice, neboť věří, že tyto budoucí důkazy budou schopny říci, zda a jakou rychlostí a směrem se objekty pohybují, či jaká je vzdálenost mezi jednotlivými nebeskými objekty a námi.¹¹⁰

O čtyři roky později píše Bolzano další článek do tohoto časopisu, tentokrát nesoucí název „Nejnovější výkony Christiana Dopplera v oblastech nauky o fyzikálních přístrojích, akustiky, optiky a optické astronomie“¹¹¹ Na začátku poukazuje na skutečnost, že za dobu od posledního článku vzniklo na téma nauka o světle nejméně dvanáct nových pojednání, u kterých bylo zmíněno, že se obsahově nemusí jevit všem čtenářům jako důležité. Bolzano se tedy rozhodl vytvořit drobný přehled, který by zahrnoval tyto poznatky.¹¹² Svůj článek rozdělil na tři menší kapitoly. Ne vše se však dá na první pohled spojit s tématem Dopplerova jevu, ovšem právě zde je viditelné, jakými směry se Dopplerovy poznatky nesly dál.

¹⁰⁹ původní text: *„Denn hat man wohl bis auf den heutigen Tag das Licht der Fixsterne genau und anhaltend genug beobachtet, um sagen zu können, dafs es so ganz und ger kene Veränderung in seiner Farbe leide? Gewifs nicht: und so ergieb sich denn aus Hrn. Doppler's Theorie eigentlich nur eine Aufforderung an alle Astronomen, solche bisher vernachlässigte Beobachtungen in Zukunft anzustellen.“* Bolzano, B. (1843). Ein Paar Bemerkungen über die neue Theorie in Herrn Professor Chr. Doppler's Schrifts, s.88

¹¹⁰ Bolzano, B. (1843). Ein Paar Bemerkungen über die neue Theorie in Herrn Professor Chr. Doppler's Schrift, s. 89

¹¹¹ Původní název: *Christ. Doppler's neuste Leistungen auf dem Gebiete der physikalischen Apparatlehre, Akustik, Optik und optischen Astronomie – Lépe celou řádnou citaci.*

¹¹² Bolzano, B. (1845). *Christ. Doppler's neuste Leistungen*, s. 530

„Od té doby, co jsem předložil v Análech ve svazku 60, na stránkách 83 až 85 napsaném článku „Pár postřehů k nové teorii pana profesora Christiana Dopplera ve spisu „O barevném světle dvojhvězd a některých jiných hvězd na nebi a tak dále,“ se o těchto učeních nevytvořilo více jak dvanáct pojednání, které by poskytovaly některé nové a další povšimnutí či výzkum. Aby se tam dostalo, že tato pojednání obsahují ne vše, co je opravdu nutné pro jejich obsah, o to méně, protože několik titulů těchto spisů přesně nenaznačují to, o jakých různých problematikách pojednávají: proto jsem se rozhodl doručit krátký přehled těchto myšlenek, čistě z lásky k vědě...“¹¹³

V první části, pojednávající nejen o fyzikálních přístrojích, se zabývá vynálezy, kterými se Doppler zabýval. Popisuje zde mimo jiné i technické fungování tak zvaného diastamometru, určitého druhu dalekohledu, pomocí kterého je možné určit vzdálenost nepříliš vzdálených pozemních objektů s větší přesností a pohodlností, než jak tomu bylo u starších dálkoměrů. Toto zařízení slibovalo uplatnění mimo jiné v oblastech zeměměřičství, válečnictví či mořeplavectví. Poukazuje zde však, že Doppler přehlédl využití čoček k měření malých a hluboko jdoucích vzdáleností jako je například měření nerovností těles, či další případy, kdy nelze užít jinou měřičskou metodu.¹¹⁴

„Co se zařízení týče, která Doppler vymyslel ve dřívějších letech, jsou k nim nyní přidávána v tomto pojednání přístroje a metody užití.“

¹¹³ Původní text: „Seit ich die in Bd. 60, S. 83 bis 85 dieser Annalen auf genommenen „Bemerkungen über die neue Theorie Professor Doppler's, in Schrift: über das farbige Licht der Doppelsterne u.s.w.“ eingesandt habe, sind von demselben Gelehrten bis jetzt nicht weniger als zwölf Abhandlungen an's Licht gestellt worden, deren jede manche neue, und einer ferneren Beachtung und Untersuchung werthe Gedanken darbietet. Da zu besorgen steht, dafs diese Abhandlungen nicht Allen, für die ihr Inhalt wichtig seyn mufs, zu Gesichte zu kommen, um so weniger, weil mehre derselben aus ihrem Titel eben nicht errathen lassen, was für verschiedenartige Gegenstände sie besprechen: so habe ich mich, aus blofser Liebe zu einer Wissenschaft(...)eine kurze Uebersicht dieser Gedanken zu liefern.“ Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen, s. 530

¹¹⁴ Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen, s. 531-532

1) od něj vytvořený tak zvaný optický diastanometr (optický zařízení měřící vzdálenost), druh dalekohledu, se kterým lze určit s více než přijatelnou přesností vzdálenost každého nedalekého pozemního objektu pomocí pouhého pohledu skrz; nástroj, který překonává všechny dosavadní dálkoměry svou užitečností a pohodlným užíváním a slibuje důležité služby pro různá odvětví praktické geodézie, válečné vědy, mořeplavectví, ...¹¹⁵

Poté se zabývá o způsobu pozorování objektů s periodickým pohybem a s nevšední rychlostí, jak je vnímat a určit. Zde si lze představit na jednom místě neuzavřený disk, jehož doba otočení je menší než 0,35 sekund, tudíž se lidskému oku jeví jako těleso, které se nachází v klidu. Pod bodem 3 poté komentuje Dopplerův příspěvek k tématu umění broušení všeobecně a zvláště pak broušení skla a kovových zrcadel.

„Pro některé díků hoden „Příspěvek k umění broušení“ jako takovém, a zvláště „Skleněná a kovová skla“ nám Doppler doložil:

a) že se ve všech těch případech, kde se jedná o to vyrobit pokud možno co nejhladší (zrcadlový) povrch, je vhodnější nepřítiskávat a neodjímat tak zvaný brusič nikdy tak silně a rychle, aby se částičky brusiva do broušeného objektu rovnoměrně zahákly a působily tím jako určitý druh pilníku; ale aby se dohlédlo na to, aby se tato částičky otáčely rotujícím pohybem.

¹¹⁵ původní text: „Zu den Maschinen, die Doppler bereits in früheren Jahren ersonnen, kommen in den uns jetzt vorliegenden Abhandlungen nachstehende Apparate und Operationsmethoden hinzu. 1) Das von ihm sogenannte optische Diastamometer (optischer Fernmesser), eine Art Fernrohr, mit dem man die Entfernung jedes nicht allzufernen terrestrischen Gegenstandes durch bloßes Anvisiren mit einer für die meisten Zwecke mehr als zulänglichen Distanzmessung an Brauchbarkeit und an Bequemlichkeit entschieden übertrifft, und für die verschiedenen Zweige der praktischen Feldmefskunst, der Kriegswissenschaft, der Seefahrtskunde (...)verspricht.“ Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen, s. 531

b) Bylo zde projevono odvolání o této vykázané, stejně tak jako cizí zkušenosti, že je zde předsudek, že nelze docílit pomocí pouze rotujícího pohybu brusky dokonalé hladkosti, protože se stále vytváří pásma nebo prstence nebo tak zvané rysky...“¹¹⁶

Poukazuje zde, mimo jiné, na skutečnost, že je pro tvorbu hladkého povrchu potřeba takové brusivo, jehož částičky se zaháčkují do broušeného tělesa a pomocí rotujícího pohybu ohlazují povrch, což je teorie plná předsudku, že je nemožné vytvoření dokonalé hladkosti pouze s rotujícím pohybem. Poté ještě přidává poznatky, že brusič je schopen použít jeden a tentýž materiál jako brusivo a broušený objekt (sklo lze semlít sklem), či jak brusič pracuje s materiálem různého zakřivení, aby dosáhl požadovaného výsledku. Na tento bod plynule navazuje poznámkou poukazující na využití stříbra a zinku u zrcadel pro získání co nejlepšího lesku. Na základě těchto poznatků poté Doppler postavil zařízení, kde paprsek přicházející od tělesa dopadá na plochu pouze jednoho zrcadla pod úhlem zhruba 45° a odrážel jej pod pravým úhlem. Tímto zařízením, které je možné použít jak u dalekohledů, tak u mikroskopů dosáhl výhod, jako jsou: značně větší svítivost odrazu, odstranění slepého bodu (ona temnota uprostřed zorného pole), na kterou si mnoho jedinců stěžovalo, či odstranění chyb a obtížností při seřizování dvou zrcadel, která se doposud používala namísto jednoho.

¹¹⁶ původní text: „...Manchen gewifs, sehr dankenswerthen „Beitrag zur Kunst des Schleifens“ im Allgemeinen, und insbesondere der „Gläser und Metallspiegel“ liefert und Doppler, indem er nachweist: a) dafs es in allen denjenigen Fällen, wo es sich darum handelt, eine möglichst glatte (spiegelnde) Oberfläche zu erzeugen, zweckmäfsig sey, den sogenannten Schleifer nie so stark anzudrücken und nie so schnell forzuführen, dafs die Theilchen des Schleifmittels in den zu schleifenden Körper sich gleichsam einhaken und auf denselben somit als eine Art von Feile einwirken; sondern vielmehr dahin zu sehen, dafs diese Theilchen immer in einer rollenden Bewegung fortgleiten. b) Es wird mit Berufung auf hierüber angestellte eigene sowohl als fremde Erfahrungen bewiesen, dafs es ein Vorurtheil sey, man könne bei einer blofs rotierenden Bewegung des Schleifers keine vollkommene Glätte erreichen, weil sich stets Streifen oder Ringe, oder eine sogenannte Strich erzeuge...“ Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen, s. 534

Svůj objev vyzkoušel i v ještě větším měřítku, neboť mu byl umožněn postavit veliký mikroskop, u kterého použil zrcadlo v úhlu 45° a který nakonec byl schopný zvětšit předmět 20 000 násobně a při tom nepozbyl jediné výhody výše zmíněné.¹¹⁷

Poslední přístroj, který Bolzano ve spisu popisuje je Dopplerův fotometr, zařízení měřící intenzitu světla. Skládá se z matně černého plechové desky a příčné stěny. Slouží k měření intenzity světla dvou předmětů, kdy pozorovatel každým okem sleduje jedno těleso, dokud se obě tělesa nezdají být stejná. Poté se na základě změny průzoru, které byly během pozorování prováděny, vyhodnocuje intenzita světla.¹¹⁸

Druhá část je věnovaná přímo naukám o akustice, optice a všeobecné nauce o vlnách. Zde již na začátku autor znovu poukazuje na obsahově nevyčerpanou skutečnost Dopplerova příspěvku „O barevném světle dvojhvězd a některých jiných hvězd na nebi,“ na kterou již v minulém článku poukázal. Teorii o zvuku poté doplnil Dopplerův Další spis „Metoda, jak určit rychlost pomocí vzdušných molekul kmitajících ve vzduchu“¹¹⁹ Zde popisuje způsob, jak na pokusu dokázat skutečnost své teorie za pomoci užití vlaku na přímé trase a pozorovatele, který má za úkol během experimentu zachytit změny ve zvucích, které vlak vydává.¹²⁰

„Opět pouze některé případy tedy nyní v souvislosti se zvukem posuzoval Doppler v díle s nápisem „Metoda, jak určit rychlost pomocí vzdušných molekul při kmitání vzduchu.“ Lokomotiva Q jede po rovné dráze z bodu B přes bod A proti bodu C. Na bodě A, kde se mašina

¹¹⁷ Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen, s. 533-538

¹¹⁸ Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen, s. 539-540

¹¹⁹ původní název: Methode, die Erschwinglichkeit, mit der die Luftmolekel beim Schalle schwingen, zu bestimmen.

¹²⁰ Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen, s. 541-542

*dostane na stálou rychlost $=a$, stojí pozorovatel, který si povšimne, na jakém bodu Q kde tón mašiny, která pokračuje ve svém pohybu, jeví úplně stejně jako místě, kde tón stanovený v bodě A, který zní stejně...*¹²¹

I tato tvrzení jsou a zůstávají v této době pouhou teorií na papíře, která mají přinést uspokojení pochybovačných jedinců o pravosti tohoto fyzikálního jevu. Záznam o prvním opravdu vykonaném pokusu máme ze 40. let 19. století, kde se za použití trumpet na jedoucím parníku zkoumaly vlastnosti zvukových vln s ohledem na pozorovatele při relativním pohybu zdroje.¹²² Jedná se ovem o text, který je přímým prohloubením původní teorie sepsané ve zde přeloženém textu.

Následující poznámky přechází z teorie zvukových vln na světelné paprsky. Poukazuje zde opět v bodech na poznatky týkající se složení a vlastností světla. První skutečnost, že při odrazu paprsků, které dopadají na rotující objekt, nevzniká pouze očekávaný lom světla, ale objevuje se zde i další odchylka v úhlu lomu, která je vysvětlena pouze na základě tohoto otáčivého pohybu a o to je významnější, neboť čím větší je úhlová rychlost, tím delší trasu musí paprsek na daném objektu urazit a tím nižší je reprodukovatelná rychlost paprsku v tomto objektu. Takto popsanou odchylku pojmenoval Doppler jako odchylku rotační. U lomu světla na ploše rotujícího objektu se odehrává i další děj, a to oddělování světelných paprsků (primárně těch přírodně složených, jako je na příklad světlo), na jednotlivé části barevného spektra. Pro důkaz pravdivosti této teze je zde ve spise *Kontrola nové teorie vlnění* popsán pokus, jak

¹²¹ původní text: „Wieder nur einige besondere Fälle also jetzt zunächst in Beziehung auf den Schall, betrachtet Doppler unter der Ueberschrift: „Methode, die Heschwindigkeit, mitt der die Luftmolekel beim Schalle schwingen, zu bestimmen. Eine Lokomotive Q fährt auf geradliniger Bahn von B über A gegen C. An dem Orte A, wo die Maschine bereits eine gleichförmige Geschwindigkeit $= a$ erreicht hat, steht ein Beobachter, der aufmerkt, an welcher Stelle Q den Ton einen ganz gleichen Eindruck auf sein Ohr mach, wie der Ton eines in A aufgestellten, das jenem ganz gleich tönt.“ Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen, s. 541

¹²² COLES, Peter. *Kosmologie: průvodce pro každého*, s. 51-52

pomocí pěti pohyblivých skleněných a pěti kovových zrcadel ve tvaru válců dosáhnout patřičných závěrů.¹²³

Při zkoumání optických jevů se však nezabýval pouze a jen optikou jako takovou, ale zároveň pracoval s okem samotným, u kterého dospěl k závěru, že k přijetí nejmenšího obrazu, který je brán jako něco jednoduchého, neboť není viditelné množství částic, ze kterého je obraz vyroben, stačí pouze přijetí podnětu jedné papily. K tomuto závěru došel Doppler teoretickými propočty s předpokladem, že nejmenším zorným úhlem, kterým lze předmět spatřit jako jednotný bod, je 40 sekund.¹²⁴

Poslední část textu se zabývá optickou astronomií, kde se opět vracíme k již jednou zmíněné teorii rotační odchylce, která je tentokrát aplikovaná na vesmírná tělesa. V článku se vyjadřuje domněnka, že se tato odchylka musí objevit jak při zakrytí stálé hvězdy planetou, zvláště pak Jupiterem, při zatmění měsíce (osvětlené přírodní družice) hlavní planetou, či při pozorování planet a stálic skrz ocas komety v době jejího perihélia. Dále se zde řeší, jestli se v mlhovinách nachází rotující pohyb způsobující tuto odchylku, a pokud ano, jaké úhlové velikosti je. Také by se pomocí tohoto fenoménu dala vypočítat výška naší zemské atmosféry.¹²⁵

Na závěr Bolzano opět vybízí další fyziky a astronomy, aby se zaměřili na další zkoumání jevů, které Doppler ve svých dílech popsal, neboť cítil potřebu buď vyvrácení, nebo přijetí těchto teorií. Zároveň opět vytváří krátkou obhajobu pro svého přítele, kde poukazuje na skutečnost, že si byl Doppler dobře vědom některých nedostatků či diskutabilních závěrů, se kterými pracoval, což bylo pro Bolzana důležité.

¹²³ Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen, s. 542-543

¹²⁴ Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen, s. 546-547

¹²⁵ Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen, s. 549-550

„A to by mělo být mnoho práce pro všechny fyziky a astronomy! (...) Co se Dopplera týče, cítím se být konec konců povinen upozornit na, že nepatří k těm, kteří si z úspěchu jejich vynálezů dělají příliš sangvinistické naděje, že by námitky a obtíže, které se stavěli na odpor při provedení, z větší části sám dobře zná, také je ve svých pojednáních uvedl a některé uspokojivým způsobem urovnal, o čemž pochopitelně tady nadále nemám co říci.“¹²⁶

¹²⁶ původní text: *„Und so wäre denn jetzt vollauf zu thun für alle Physiker und Astronomen!(...) Was Dopplern selbst gelangt, so fühle ich mich schliefslich verpflichtet zu bemerken, dafs er gar nicht zu Denjenigen gehört, welche sich von dem Erfolge ihrer Erfindungen allzu sanguinische Hoffnungen machen, dafs er die Einwürfe und die Schwierigkeiten, die der Ausführung seiner Vorschläge entgegenstehen, gröfstentheils sehr wohl kenne, auch in den Abhandlungen ihrer erwähnt und manche auf sehr befriedigende Art gehoben hat, wovon ich begreiflicherweise, um nicht weitläufig zu werden, hier nichts mittheilen konnte.“* Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen, s. 555

4.2 Karl Kreil

Bernard Bolzano nebyl zdaleka jediný pražský fyzik, který reagoval na Dopplerův text. Další, kdo v této době vyslovil svou reakci na dané téma, byl Karl Kreil, pozdější ředitel pražské hvězdárny, který se sice 25. května neúčastnil Dopplerovy přednášky, ale následující měsíc se s Dopplerem a Bolzanem sešel a prodiskutoval tuto problematiku.

Jakožto autor ročenky *Astronomisch-Meteorologisches Jahrbuch* pro Prahu v roce 1844, Kreil zmínil význam Dopplerova objevu způsobem, že napsal dva populární články o nových astronomických objevech, z čehož text na stránkách 235-279 byl věnován právě Dopplerově jevu.

V první části se zabývá otázkou, jak velká rychlost je potřeba, aby pozorovatel rozeznal posun frekvence zvuku, a tím i změnu tónu. Navrhuje proto experiment, kde by na jednom místě hrál orchestr a pozorovatelé by byli cestující v kolem projíždějícím vlaku.¹²⁷

Poté se zabývá otázkou, jakou rychlost by musela Země mít, aby se během roku objevily na hvězdě viditelné změny barvy. O této hodnotě si nebyl jist, protože napřed zmiňuje rychlost 4 300 milí za sekundu, což je veliký rozdíl oproti Dopplerově odhadu padající do rozmezí 33 000 až 19 000 milí za sekundu.¹²⁸ Poté ještě zmiňuje další hodnotu, která činí 187 mil za sekundu.¹²⁹

Kreil měl pochybnosti, zda je možné, aby měla vesmírná tělesa takovéto rychlosti, neboť jeho měření rychlosti Merkuru bylo 1,6 milí za

¹²⁷ ŠOLC, Martin; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Cesta Dopplerova principu zpět do astrofyziky, vol. 38 (1993), No.6, s. 319

¹²⁸ DOPPLER, Christian. *Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer gestirne des Himmels*, s. 12, 14-15

¹²⁹ ŠOLC, Martin; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Cesta Dopplerova principu zpět do astrofyziky, vol. 38 (1993), No.6, s. 320

sekundu pomalejší, než Dopplerovo. Stejně tak polemizoval s Dopplerem v rámci vlastního pozorování komety 1843I, která při průletu periheliem (přesněji před a po průletu...) nejevila žádné viditelné barevné změny. Došel k názoru, že by bylo potřeba speciálního tvaru dráhy komety, aby barevná změna byla viditelná. Je zde tedy viditelná pochybnost o pravdivosti Dopplerova jevu.¹³⁰ Sám však poukázal na to, jak lze Dopplerův objev použít k měření prostorové rychlosti hvězdy, u kterých je známa vzdálenost a vlastní pohyb. Sám dokumentoval příklad měření na hvězdě 61 Cyg.¹³¹

Mimo odborné spisy byl Karl Kreil také jeden z mála Dopplerova bližších kolegů, kteří zanechali ve svých dopisech alespoň částečnou charakteristiku této osobnosti. V jednom ze svých dopisů píše o Dopplerově uzavřenosti, která nejspíš byla způsobena zodpovědností vůči své rodině, kterou musel uživit. Když komunikoval s okolím, tak většinou polemizoval nad vědeckými poznatky. Poté ještě uvádí zmínku o tom, že Doppler nad svými pracemi dále neuvažoval a nepokoušel se je vylepšit a aplikovat, což by vedlo k dřívějšímu uznání jeho práce.¹³²

¹³⁰ ŠOLC, Martin; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Cesta Dopplerova principu zpět do astrofyziky, vol. 38 (1993), No.6, s. 320

¹³¹ ŠOLC, Martin; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Cesta Dopplerova principu zpět do astrofyziky, vol. 38 (1993), No.6, s. 321

¹³² EDEN, Alec. Po stopách Christiana Dopplera. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, s.198

4.3 František Josef Studnička

Jak je již zřejmé z překladu, jeden z mnoha dalších fyziků, kteří nechtěli, aby byla památka Christiana Dopplera zapomenuta, byl František Josef Studnička, profesor matematiky na pražské technice, pražské a české univerzitě žijící v letech 1836 až 1903. Během svého života se zajímal o matematiku, fyziku, astronomii, ale i meteorologii, historii a popularizaci vědy. Za svého působení na akademické půdě dostal mimo jiné za úkol vést přednášky v českém jazyce a vytvořit českou literaturu pro učení matematiky. Mimo to také sepsal populární knížky o astronomii, matematické články a mnoho popularizačních prací.¹³³

Právě díky jeho snaze vešel původní text Dopplerova jevu, opatřený Studničkovou předmluvou, znovu do tisku. Na prvních stránkách je snaha vyzvednout význam přínosu tohoto spisu pro budoucí generace. Staví zde Dopplera do společnosti Tycha a Keplera, čímž mu dodává na důležitosti.¹³⁴

¹³³ BEČVÁŘOVÁ, Martina. *František Josef Studnička: 1836-1903*, s.3

¹³⁴ Kapitola 3, str. 19 této práce

5 DOPPLERŮV JEV DNES

Z překladu Dopplerova textu víme, že se teoreticky zabýval otázkou změny kmitočtu zvukových a světelných vln na základě pohybu přijímače či vysílače signálu. Jeho teorie však byla rozdělena na část o zvuku, která byla přijata jako všeobecně správná teorie, jejíž pravdivost lze odvodit na základě pokusů i výpočtů, a na teorii o barevně se doplňujících se dvojhvězdách, jejich pohybu a z něj vyplývajícího se barevného doplňování dvojhvězd.¹³⁵

5.1 Zvukové kmity

Proto se tedy v dnešních učebnicích fyziky nachází Dopplerův jev v oblasti mechanického kmitání, kde blíže popisuje zvukové vlnění s užíváním dnešních popisů. Setkáváme se tedy s popisem tří příkladů, které jsou popisovány následovně:

1. Zdroj zvuku je v klidu a přijímač se pohybuje po jejich spojnici konstantní rychlostí u , která je menší než rychlost zvuku v . Zdroj zároveň vysílá vlnění o vlnové délce $\lambda=v/f$, kde f je frekvence zdroje vlnění. Jsou-li tedy přijímače vlnění P1 a P2 v klidu, dorazí k nim za jednotku času stejný počet vlnoploch a zvukové vlnění o stejné frekvenci $f=v/\lambda$.¹³⁶

Změna nastává, pohybuje-li se přijímač rychlostí u ke zdroji. Počet vlnoploch, které se k němu dostanou, se zvětší a přijímač poté registruje vyšší frekvenci. Vzdaluje-li se však přijímač od zdroje rychlostí u , zachytí méně zvukových vln, a tudíž registruje nižší frekvenci. Matematické vyjádření obou dějů je následující¹³⁷

¹³⁵ ŠTOLL, Ivan. *Dějiny fyziky*, s. 328-329

¹³⁶ SVOBODA, Emanuel a kol. *Přehled středoškolské fyziky*, s. 237 ISBN 978-80-7196-307-3

¹³⁷ SVOBODA, Emanuel a kol. *Přehled středoškolské fyziky*, s. 237 ISBN 978-80-7196-307-3

$$f_1 = \frac{v + u}{\lambda} = \frac{v + u}{v} f = \left(1 + \frac{u}{v}\right) f$$

$$f_2 = \frac{v - u}{\lambda} = \frac{v - u}{v} f = \left(1 - \frac{u}{v}\right) f$$

2. Ve druhém příkladu je přijímač v klidu a zdroj se pohybuje rychlostí w , za podmínky, že w je menší než v , od jednoho přijímače ke druhému. V případě vzdalování od přijímače se zvětšují vlnové délky zvukového vlnění, neboť se zvětšuje vzdálenost jednotlivých vlnoploch. Vlnová délka λ_a je vyjádřena jako $(v+w)/f$ a frekvence je zde vyjádřena jako

$$f_1 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{v+w} f$$

za předpokladu, že frekvence f_1 je menší než f .

Oproti tomu je vlnová délka zvukového vlnění u bližšího přijímače kratší ($\lambda_2 = (v-w)/f$), přijímaná frekvence je vyšší než frekvence zdroje, a platí proto následující:

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{v-w} f$$

3. Poslední příklad Dopplerova jevu nastává, když se rychlost zdroje zvuku w přiblíží k rychlosti zvuku v nebo ji i překročí. V případě, že $w=v$ je velikost $\lambda = 0$ a pojem zvuková vlna pozbývá smyslu, neboť se zde již vytváří takzvaná rázová vlna, u které dochází k prudkému stlačení prostředí, v němž se zvuk šíří.¹³⁸

¹³⁸ SVOBODA, Emanuel a kol. Přehled středoškolské fyziky, s. 238

5.2 Změny v barevném spektru

Dopplerova teorie o velmi výrazných barevných změnách sice nebyla přijata, stala se ovšem podmětem ke znovuobjevení a upravení teorie, což se stalo ve Francii, kde Armand Fizeau znovu objevil tento světelný jev a aplikoval jej v souvislosti se spektry hvězd. V této teorii hvězdy nemění výrazně svou barvu do červena nebo do modra, ale jejich spektrální čáry se nepatrně posouvají k modrému nebo červenému konci spektra. Tímto objevem se umožnilo měření radiálních rychlostí hvězd.¹³⁹

Patnáct let po Dopplerově smrti se tedy podařilo anglickému astronomu Williamu Hugginsovi změřit rychlost pohybu Siria. Tím se zahájilo období astrofyziky, kdy se k vybavení dalekohledů začal přidávat spektrometr a fotografická technika.¹⁴⁰ Pokračováním a prohlubováním této teorie se zabýval i americký astronom E. P. Hubble, jenž přišel s objevem významné skutečnosti týkající se vzdáleností galaxií od nás. Jednalo se o myšlenku, že čím dál je od nás určitá galaxie vzdálená, tím více jsou její spektrální čáry posunovány směrem k červenému okraji spektra, z čehož vyvodil, že pozoruje Dopplerův jev.¹⁴¹

Největší změny, dnes známé pod termínem rudý posuv, byly zaznamenány u tzv. kvasarů¹⁴², které byly objeveny v roce 1960. První objevený kvazar se od nás pohyboval rychlostí $45\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$.

¹³⁹ ŠTOLL, Ivan. *Dějiny fyziky*, s. 330

¹⁴⁰ ŠTOLL, Ivan. *Dějiny fyziky*, s. 330

¹⁴¹ SVOBODA, Emanuel a kol. *Přehled středoškolské fyziky*, s. 498, COLES, Peter. *Kosmologie: průvodce pro každého*, s.52,53

¹⁴² hvězdná tělesa obrovských rozměrů pohánějící aktivní jádra galaxií v nejvzdálenějších částech vesmíru. Jsou to nejvzdálenější a nejzářivější objekty v nám známém vesmíru. Objeveny v 60. letech 20. století

V nadcházejících letech se poté objevily další výrazně větší kvazary, které se od nás jako pozorovatele pohybovaly téměř rychlostí světla.¹⁴³

¹⁴³ SVOBODA, Emanuel a kol. Přehled středoškolské fyziky, s. 498

6 MODERNÍ UŽITÍ DOPPLEROVA JEVU

S praktickým využitím Dopplerova jevu v dnešní době se setkáváme téměř na každém kroku. Existuje celá řada přístrojů, ať už profesionálních, či k normálnímu všednímu užívání, které by se bez tohoto objevu jen stěží obešly. Tato kapitola představí dvě nejzásadnější odvětví užití této nauky o vlnách, které nám napomáhají k jednoduššímu a bezpečnějšímu cestování, či zachraňují nespočet životů.

6.1 Doprava

I když se to nezdá, setkáváme se s praktickým využitím této fyzikální teorie u moderních technologií každý den, aniž bychom tušili, že ji využívají. Klasickým případem této situace je radar specializovaný na měření rychlosti projíždějících dopravních prostředků. Za cílem dodržování dopravních předpisů využívá toto zařízení právě vysílání elektromagnetických vln o určité frekvenci, které dopadají na specifikovaný úsek na vozovce. Když tímto místem projíždí auto, signál se od něj, změní svou frekvenci a vrátí se do přijímače radaru, který následně vypočítá reálnou rychlost auta.¹⁴⁴

S využitím Dopplerova jevu nemusíme zůstat pouze v lokálním využití. Praktičtější využití nalezneme v globálním měřítku u používání navigačních zařízení, především v letectví, kde je nutné znát co nejpřesněji parametry, jako jsou rychlost létajícího objektu či kurzovou odchylku, stejně tak jako určení aktuální pozice letadla. Základní princip dnešního užití teorie se aplikuje na základě dat, která jsou letadlem získávána pomocí tak zvané vlnovodné antény, která je rozdělena na vysílací a přijímací pole. Každá anténa daného pole přenáší informace pokrývající kužel s vrcholovým úhlem o 60° nebo 70°. Tato technologie, využívající čtyř paprskových polí seskupený do písmene X, nese název

¹⁴⁴ MOUDRÝ, Lukáš. Měření rychlosti radarem a Dopplerův jev

JANUS.¹⁴⁵ Kmitočet posílaných vln jsou vymezené na 8 800MHz nebo 13 000 MHz. Tyto hodnoty jsou dané kvůli získávání co nejpřesnějších informací týkající se rychlosti a odchylky země a také pro vyjmutí mračen z informačního toku.¹⁴⁶

Dalším zařízením pracujícím na Dopplerově principu je DVOR¹⁴⁷, všesměrový radiomaják užívaný pro navigaci v letectví, který udává azimut letadla k majáku. Byl vyvinut na základě nedostatků jeho předchůdce, CVORu, který ukazoval velké nepřesnosti, když se v elektromagnetických vlnách, jenž měl zpracovávat, objevila překážka. Funguje na bázi dvou signálů, směrový signál o velikosti 30Hz a všesměrový signál také o velikosti 30Hz, s rozdílem, že jeden je v AM a druhý v FM modulaci, aby se nevynulovali. Vysílají je také dvě různé antény, jedna rotující a druhá všesměrová. Azimut je rozdíl fází těchto signálů. Výhodou přechodu na DVOR je kompatibilitnost techniky v letadle, neboť se nemusí kupovat dva přijímače VORu. Nevýhodou je však blízkost vysílačů obou signálů, která má za následek vzájemného pohlcování. Dnes se tato technologie používá jako hlavní letová navigace. Celkovou nevýhodou majáků je však fakt, že letadla napřed musí protnout bod, kde se maják nachází a poté můžou změnit směr, což způsobuje omezený počet letadel na koridorech.¹⁴⁸ Ovšem i přes tyto nedostatky je právě tato technologie důvodem razantního vývoje letecké dopravy. Na území České republiky máme dnes devět těchto radiomajáků.

¹⁴⁵ Janus byl římský bůh dveří, vchodů, který měl dvě tváře a tudíž byl schopný vidět jak dopředu, tak dozadu

¹⁴⁶ HAROON, K. Questions on Doppler: Doppler Navigation System.

¹⁴⁷ VOR = VHF omni directional radio range

¹⁴⁸ VOR. *Moderní letecká navigace*

Technologie využívající Dopplerův jev se nenachází pouze na Zemi, nýbrž také obíhá kolem ní jako umělé družice. Jedná se o radary, které mohou jednak sloužit jako satelitní navigační systém opět určující pozici a trasu uživatele vypočítanou s přesností na pár metrů, ale také se dá tato technologie využít v kosmické geodézii, která se zabývá rozměry, tvary i gravitačním polem Země a pohyby, které se na ní dějí. Rozkvět této oblasti je spojen s expanzí cest do vesmíru dějící se v letech 1957-1959, kdy se udály dvě významné akce: Mezinárodní geofyzikální rok (od 1. července 1957 po 31. prosince 1958), na který navazovala Mezinárodní geofyzikální spolupráce prodlužující zkoumání až do roku 1959. Během této doby byla vypuštěna na naši oběžnou dráhu celá řada družic nejen velkých mocností (jedná se o jednu z mnoha oblastí, kde se USA a SSSR snažily získat převahu nad protějškem v rámci studené války trvající od roku 1947 do roku 1991). Během jednoho roku doby byly vypuštěny Sputnik 1, Explorer 1 a Sputnik 2 spolu s dalšími objekty, které měly za úkol analyzovat zemský povrch. Pozorováním jednotlivých satelitů se zabývala téměř každá hvězdárna.¹⁴⁹ Tato činnost se dokonce stala oblíbenou činností i u amatérského publika. Jedním z nejvýznamnějších míst je u nás geodetická observatoř v Pecný, kde se provádí experimentální geodetický výzkum, na které se provádí pozorování času a šířky právě od roku 1957, gravimetrická slapová pozorování od roku 1970, a dopplerovská družicová měření se zde uskutečnila v letech 1984-1989.¹⁵⁰

¹⁴⁹ KARSKÝ, CSC, Ing. Georgij. Počátky naší kosmické geodézie

¹⁵⁰ Útvar 24 - Geodezie a geodynamika. *Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.*

6.2 Medicína/Zdravotnictví

120 let po zveřejnění Dopplerova objevu se našlo jeho uplatnění i ve zdravotnictví a během 50 let dokázalo změnit toto odvětví takovým způsobem, že si jej bez něj dnes již nedokážeme představit. Mluvíme zde o Dopplerovské ultrasonografii, jejíž průkopníkem se stal roku 1959 japonský lékařský fyzik Osaka Satomura z Univerzity v Osace, který vynalezl předchůdce našich dnešních sonografů, přístroj zvaný Dopplerův rheograf, který monitoroval krevní oběh a srdce. Tento přístroj se rozhodl vyzkoušet Satomurův kolega, neuropsychiatr Ziro Kaneko, který se přístroj rozhodl vyzkoušet na svých pacientech. Satomuro nedlouho po představení svého vynálezu zesnul, ale Kaneko nadále pokračoval v činnosti.¹⁵¹

Dopplerovská sonografie je neinvazivní a bezbolestný způsob, jak diagnostikovat zdravotní problém za pomoci Dopplerova jevu, který využívá ultrazvuk, čili akustické vlnění, které má frekvenci větší než 20 kHz, tudíž je pro lidské ucho neslyšitelné.¹⁵² V případě ultrazvuku jezdí lékař po kůži pacienta tak zvanou sondou, která opakovaně vysílá a přijímá signály odrážené z tkání v těle. V počítači se následně informace vyhodnotí a vytvoří virtuální sonografický obraz měkkých tkání nacházejících se ve zkoumané části těla. Často se touto metodou prohlíží játra, pankreas, žlučník, ledviny, močový měchýř či mužské a ženské pohlavní orgány. Proto se často používá při podezření na močové či ledvinové kameny. Posuneme-li se mimo oblast břicha, tak lze zkoumat štítnou žlázu, zduření uzlin či poškození šlach a svalové tkáně. Dopplerův efekt také umožňuje sledování proudění krve v srdci a cévách.¹⁵³ V tomto

¹⁵¹ THOMAS, Adrian M. K., Arpan K. BANERJEE a Uwe BUSH. *Classic Papers in Modern Diagnostic Radiology*, s. 224

¹⁵² v případě lékařství se využívají frekvence o velikosti 2-15 MHz

¹⁵³ ŠIMONOVSKÝ, CSC., Doc. MUDr. Václav. Co je to ultrazvuk a jaký je princip sonografického vyšetření?

případě se využívá ještě speciální barevná Dopplerovská sonografie, čímž se zjišťuje jednak prostupnost cév, ale také se tímto způsobem může diagnostikovat kesonová nemoc.¹⁵⁴

¹⁵⁴ také známá jako bublinková nemoc či dekompresní nemoc

7 ZÁVĚR

Tato práce si kladla za cíl představit dobový kontext a seznámit čtenáře s klíčovým textem Christiana Dopplera. K tomuto cíli využila detailnější životopisy, překlad textu a dobové i následné reakce na Dopplerův objev. Je zde tedy zjevné, že název, který tato práce má, neznamenaá přímý nesouhlas Dopplerových a Bolzanových teorií. Spíše se zde jedná o polemiku, zda bylo možné vůbec vyvrátit Dopplerovy teorie na základě nedostatků podkladů.

Z předešlých stránek vyplývá, že nelze pochybovat o matematických a teoretických fyzikálních znalostech Christiana Dopplera, který se zasloužil o prohloubení základu teorie vlnění, který přispěl do moderní vědecké a medicínské praxe. Je viditelné přímo z textu, že se Doppler opíral jak o své předchůdce, tak i o současníky, kteří se zaobírali stejnou problematikou.

Každopádně lze usoudit, že jeho život nebyl zrovna jednoduchý. Během několika let přišel téměř o celou svou rodinu. Sám trpěl nevléčitelnou nemocí plic, která si vzala svou daň v oblasti profesní i soukromé. Své dílo však přednesl v nejlepší víře a úmyslech obohatit svět fyziky o své poznatky. Nejvýraznějším nedostatkem, který by se u něj dal vypozaovat, byla jeho primárně teoretická vědecká dráha, která mu neumožnila podložit své názory praxí.

V profesním okruhu měl však štěstí na jedince, jakými byli Bernard Bolzano či Karl Kreil, kteří uznávali jeho práci a podporovali jej různými způsoby. Nebyl však pochyb o tom, že i přes náklonost se nebáli vyslovit pochyby o neucelenosti či nepravdivosti částí Dopplerovy teorie o zvukových a světelných vlnách. V případě Bolzana se však objevila i určitá obhajoba Dopplerova díla, ve které zmiňuje skutečnost, že jevy změny barvy různých typů hvězd, kterými se Doppler zabýval, nebyly do

té doby více zkoumané, a tudíž jeho dílo považoval za výzvu k dalšímu, hlavně astronomickému zkoumání barevných změn nebeských objektů.

V dnešní době lze však již s útechou říci, že se na Dopplera nezapomnělo, ba naopak, že se mu právoplatně připisují jeho zásluhy a řádně uznává jeho památka. Příkladem je v roce 1988 vydaná dvoudílná publikace o jeho životě a díle, či založení Dopplerovy nadace v Salzburku. Snad největší oslavou bylo výročí 150 let Dopplerova principu oslavená jak v Rakousku, tak i v českých zemích. V Rakousku byla v březnu 1992 vydaná poštovní známka a také byl připraven dokument o životě a práci Christiana Dopplera. Podobně tomu bylo tak i Praze, kde se přímo dne 25. května uskutečnila pamětní přednáška, které se mimo jiné účastnili vysoce postavení zástupci Českého vysokého učení technického v Praze, Univerzity Karlovy či Československé akademie věd. Ve dnech 8. – 10. září se poté v Praze konalo mezinárodní interdisciplinární dopplerovské sympozium, kterého se účastnilo 40 odborníků z 12 zemí. Ke spolupořadatelům patřily instituce jako již výše zmíněné České vysoké učení technické, Univerzita Karlova, ale i Československá astronomická společnost, Československá spektroskopická společnost či Československá společnost pro dějiny věd a techniky.¹⁵⁵

¹⁵⁵ ZAJAC, Štefan. 150 let Dopplerova principu, *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, s.192-193

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

8.1 Tištěné prameny

BEČVÁŘOVÁ, Martina. *František Josef Studnička: 1836-1903*. Praha: Prometheus, 1998. Dějiny matematiky. ISBN 80-7196-103-5.

BEGENI, Peter. *Astronomické oko: Čo by mal hviezdny tulák vedieť o ľudskom oku, aby sa mohol správne dívať do vesmíru*. Hurbanovo, 2015. ISBN 978-80-85221-83-1.

BENEŠ, Jiří, Daniel JIRÁK a František VÍTEK. *Základy lékařské fyziky*. 4. vydání. V Praze: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2645-1.

BOLZANO, B. (1843). Ein Paar Bemerkungen über die neue Theorie in Herrn Professor Chr. Doppler's Schrift: 'Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels', *Annalen der Physik und Chemie* 60: S. 8388.

Bolzano, B. (1845). Christ. Doppler's neueste Leistungen auf dem Gebiete der physikalischen Apparatenlehre, Akustik, Optik und optischen Astronomie, *Annalen der Physik und Chemie* 72, S. 530555

BOLZANO Bernard a Marie PAVLÍKOVÁ. *Bernard Bolzano: Vlastní životopis*. české vydání druhé. Praha: Odeon, 1981.

BOLZANO, Bernard a Steve. RUSS. *The mathematical works of Bernard Bolzano*. New York: Oxford University Press, 2004. ISBN 0198539304.

COLES, Peter. *Kosmologie: průvodce pro každého*. Praha: Dokořán, 2007. Průvodce pro každého. ISBN 978-80-7363-161-1.

EDEN, Alec: *The Search for Christian Doppler*, S.l.: Springer, 2013. ISBN 978-3-7091-7378-7.

HIEBL, Ewald a Maurizio MUSSO, ed. *Christian Doppler: life and work, principle and applications : proceedings of the commemorative symposia in 2003 - Salzburg, Prague, Vienna, Venice*. Pöllauberg: Living Edition, 2007. ISBN 978-3-901585-09-8.

HOCKEY, Thomas A., Virginia. TRIMBLE a Katherine. BRACHER. *The biographical encyclopedia of astronomers*. New York: Springer, c2007. ISBN 978-0-387-30400-7.

JAMES, Frank A. J. L. *Michael Faraday: a very short introduction*. New York: Oxford University Press, 2010. Very short introductions. ISBN 978-0-19-957431-5.

KOUKOLÍK, František. *Nejspanilejší ze všech bohů: eseje*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2042-8.

KRAUS, Ivo a Štefan ZAJAC. *Fyzika za první republiky*. Praha: Academia, 2017. První republika. ISBN 978-80-200-2641-5.

SCHUSTER, Peter Maria. TRANSL. BY LILY WILMES. *Moving the stars Christian Doppler, his life, his works and principle, and the world after*. Pöllauberg/Austria: Living Ed, 2005. ISBN 3901585052.

SCHUSTER, Peter M. *Weltbewegend - unbekannt: Leben und Werk des Physikers Christian Doppler und die Welt danach*. Pöllauberg: Living Edition, 2003. ISBN 3-901585-03-6.

SEIP, Stefan. *Co vidíme na obloze?: úkazy na denním a nočním nebi*. Praha: Knižní klub, 2013. Universum (Knižní klub). ISBN 978-80-242-3907-1.

ŠOLC, Martin; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Cesta Dopplerova principu zpět do astrofyziky, vol. 38 (1993), No.6, s. 318-330

ŠTOLL Ivan; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Život a dílo badatele Dopplera Vol. 38 (1993), No. 5, s.268-269

ŠTOLL, Ivan. *Dějiny fyziky*. Praha: Prometheus, 2009. ISBN 978-80-7196-375-2

SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. 4., upr. vyd. Praha: Prometheus, 2005. ISBN 978-80-7196-307-3.

8.2 Internetové zdroje

Augustin-Louis Cauchy: French mathematician. *Encyklopaedia Britannica* [online]. 2018 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Augustin-Louis-Baron-Cauchy>

Bernard Bolzano. *Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online]. Stanford University, 2012 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://stanford.library.sydney.edu.au/archives/sum2012/entries/bolzano/#BoIWri>

BUREŠ, Jiří. Christiaan Huygens. *ConVERTER: Převody jednotek, fyzikální tabulky, životopisy fyziků a Nobelova cena* [online]. 2002 [cit. 2018-04-03]. ISSN 1214-7591. Dostupné z: <http://www.converter.cz/fyzici/huygens.htm>

BUREŠ, Jiří. Ole Christensen Rømer. *ConVERTER: Převody jednotek, fyzikální tabulky, životopisy fyziků a Nobelova cena*. [online]. [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/fyzici/roemer.htm>

CHAITESIPASEUT, Somsack. Augustin-Louis Cauchy: Cauchy's Life. *Mathematics + Berkeley* [online]. California [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <https://math.berkeley.edu/~robin/Cauchy/>

Christian Doppler Biography. *Biography* [online]. November 27, 2015 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://www.biography.com/people/christian-doppler-9277346>

DARLING, David. Littrow, Joseph Johann von. *The World of David Darling* [online]. [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/L/Littrow.html>

DOPPLER, Christian. *Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer gestirne des Himmels: Versuch einer das Bradley'sche Aberrationstheorem als integrierenden Theil in sich schliessenden*

allgemeineren Theorie. Zur Feier seines hundertsten Geburtstages als erste Veröffentlichung des nach ihm benannten physikalischen Princips. Neu hrsg. von F.J. Studnicka. Praha: Nakladatelství královské české společnosti nauk, 1842., dostupné z: http://digital.bib-bvb.de/view/bvbmets/viewer.0.6.1.jsp?folder_id=0&dvs=1516176790348~900&pid=5210835&locale=en&usePid1=true&usePid2=true

EDEN, Alec. Po stopách Christiana Dopplera. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Vo. 38 No. 4, 194--201* [online]. 1993 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: https://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/138768/PokrokyMFA_38-1993-4_3.pdf

FONTA, Jaroslav a Pavel ŠIŠMA. Bernard Bolzano. *Významní matematici v českých zemích* [online]. 2003 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://web.math.muni.cz/biografie/>

Friedrich Georg Wilhelm von Struve. *Oxford Reference* [online]. Oxford: Oxford University Press [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110803100538282>

FYZIKA HVĚZD. *Inastronoviny* [online]. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <https://www.ian.cz/archiv/data/ian1/ian/fyzika1.htm>

HROMÁDKO, František. Z Aragových životopisu.: Fresnel. *Časopis pro pěstování matematiky a fysiky* [online]. Czech Digital Mathematical Library, 1877, (6), 11 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/121333/CasPestMatFys_006-1877-2_2.pdf

JEŘÁBEK, Petr a Hana FASUROVÁ. Vlakové spojení Brna s Vídní slaví 170 let. *Brněnský deník.cz* [online]. Brno: Vltava Labe Media, 2009, 7.7.2009 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: Vlakové spojení Brna s Vídní

slaví 170 let Zdroj: https://brnensky.denik.cz/zpravy_region/vlakove-spojzeni-brna-s-vidni-slavi-let20090707.html

JOEVEER, Mihkel. Mädler, Johann Heinrich von. *The Biographical Encyclopedia of Astronomers* [online]. Springer International Publishing, 2017 [cit. 2018-04-02]. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-30400-7_883. Dostupné z: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-0-387-30400-7_883

KALAŠ, Václav. Zářijové výročí: Josef Maximilián Petzval. *Česká astronomická společnost: Astronomický informační server astro.cz* [online]. Česká astronomická společnost, 19.9.2016 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www.astro.cz/clanky/osobnosti/zarijove-vyroci-josef-maximilian-petzval.html>

KOUTNÝ, F. Leonhard EULER. *Hvězdárna Zlín* [online]. [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: http://www.zas.cz/prednasky/prednaska_koutny_euler.pdf

KOUTNÝ, F. Pierre Simon de LAPLACE. *Hvězdárna Zlín* [online]. Zlín, 2018 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: http://www.zas.cz/prednasky/prednaska_koutny_laplace.pdf

KRÁLOVÁ, Magda. Bernard Bolzano. *Eduportál* [online]. Techmania Science Center, o.p.s. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/vedec/1069/bolzano>

KRÁLOVÁ, Magda. Základní charakteristiky světla. *Techmania Science Center: Eduportál* [online]. [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/svetlo/zakladni-charakteristiky-svetla>

KRÁLOVÁ, Magda. Augustin Fresnel. *Techmania Science Center: Eduportál* [online]. Plzeň: Techmania [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/vedec/1150/fresnel>

KRÁLOVÁ, Magda. Augustin Cauchy. *Techmania Science Center: Eduportál* [online]. Plzeň: Techmania [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/vedec/1032/cauchy>

O'CONNOR, J J a E F ROBERTSON. Siméon Denis Poisson. *MacTutor History of Mathematics archive* [online]. University of St Andrews, Scotland, 2002 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Poisson.html>

PETR, Karel. Bernard Bolzano a jeho význam v mathematic: [O životě a činnosti Bernarda Bolzana. *Czech Digital Mathematics Library* [online]. 2010, 1926., , 12 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: https://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/400451/Bolzano_25-1926-1_4.pdf

RUSEK, CSC., Doc. RNDr. PhMr. Václav. "Národní obrození" v lékárenství a nástup tovární výroby v 19. století. *Apatykář: 1. český lékárenský informační a podcastový portál* [online]. 26.08.2002 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://historie.apatykar.info/clanek-34/>

SCHNITZLER, Norbert. Století páry. *Vítejte na Zemi...: multimediální ročenka životního prostředí* [online]. CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2013 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=stoleti_pary&site=energie

SCHUSTER, Dr. Peter Maria. Bernhard Bolzano. *Christian Doppler* [online]. Universität Salzburg, Naturwissenschaftliche Fakultät, Salzburg, Österreich, 2017 [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <https://www.christian-doppler.net/bernhard-bolzano/>

SEDLÁČEK, Jan. Astronomie v 19. století. *Idnes.cz: Blog* [online]. Praha, 2017, 18. 08. 2011 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://jamsedlacek.blog.idnes.cz/blog.aspx?c=205107>

SELIGMAN, C. Bradley's Discovery of Stellar Aberration: Proves That The Earth Moves. *Cseligman.com: Webside of Professor of Astronomy and Author Courtney Seligman* [online]. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <https://cseligman.com/text/history/bradley.htm>

Skládání vlnění. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2018 [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/452-skladani-vlneni>

STOPPA, Felice. Theoretische Astronomie oder allgemeine Erscheinungen des Himmels. *Atlas Coelestis* [online]. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www.atlascoelestis.com/19.htm>

VESELÝ, Josef. 932. schůzka: Efekt Christiana Andrease Dopplera. *Český rozhlas: Toulky českou minulostí* [online]. 5. května 2013 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/toulky/vysila_praha/_zprava/932-schuzka-efekt-christiana-andrease-dopplera--1207490

Vývoj obyvatelstva ve světě. *Melndelova Univerzita v Brně* [online]. Brno [cit.2018-04-13]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=55662

William Herschel. *Astronomia: Astronomický server Fakulty Pedagogické ZČU v Plzni* [online]. Plzeň, 6.12.2012 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://astronomia.zcu.cz/astronomove/herschel/2391-william-herschel>

ZAJAC, Štefan. 150 let Dopplerova principu. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie* [online]. Praha, 1993, 1993 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: https://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/138763/PokrokyMFA_38-1993-4_2.pdf

9 RESUMÉ

The aim of this thesis is to introduce the historical, cultural and economic background of one of the most important physicist of the 19th century, Christian Doppler, together with an analysis of his famous work containing a breakthrough point of view at the theory of waves, especially in the case of sound and light.

To obtain the basic overview of the life in this time, the detailed stories of Christian Doppler and Bernard Bolzano were used as an example. In the first case, it explains the reason why Doppler did not take over the family business and decided to go the way of a theoretical physicist and mathematician.

The main part contains the translation of the Doppler 's written, probably the most important, work *Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer gestirne des Himmels*. The translation contains a preface written by F.J. Studnička, who was able to arrange this publication which was approved to the occasion of the 100th anniversary of Doppler's birth. This chapter is enriched with a short description of the personalities who were mentioned in the text.

The following chapter is about the reactions on the topic written in the paper. The first response is from Bernard Bolzano, who created a significant number of reactions to Doppler's work. The second person, whose reaction is mentioned here, was Karl Kreil. Both of them were fascinated by the talent their colleague had and helped him to gain the status he deserved (according to their personal opinions). On the other hand, both of them saw insufficient and potential in his theory and were not afraid to point them out.

The last part of the text describes the development and the modern usage of the theory. It is shown that only the part about the sound waves was acknowledged already in the 19th century. On the contrary, the star

and light theory had to be adjusted by the following generations to be more accurate. The practical usage of this effect is shown on two examples which are used worldwide and are almost part of the everyday life.

Christian Doppler has been neglected for a long time. Fortunately, nowadays it is possible to say that his memory finally gets the recognition he deserves. From the time the theory showed up for the second time, many people admitted his gift to the world and especially scientists from Austria and the Czech Republic started to preserve the memory of him with the help of a significant number of conferences and equipment that use this theory of waves and carry his name.

10 PŘÍLOHY

Přílohy jsou číslovány podle kapitol, ke kterým se vztahují a dále podle pořadí.

Seznam příloh:

Příloha 3.1: Zdrojový text k teorii Christiana Dopplera.....	I
Příloha 3.2: Pamětní desky Christiana Dopplera v Praze	XXVIII
Příloha 3.3: Pamětní deska Christiana Dopplera v Salzburku.....	XXIX
Příloha 4: Obraz Bernarda Bolzana.....	XXX
Příloha 6: Ukázka užití Dopplerova jevu VII	XXXI

Příloha 3 – Zdrojový text

Na následujících stránkách je k dispozici překládaný text Dopplerova díla nesoucí název *Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer gestirne des Himmels: Versuch einer das Bradley'sche Aberrationstheorem als integrirenden Theil in sich schliessenden allgemeineren Theorie. Zur Feier seines hundertsten Geburtstages als erste Veröffentlichung des nach ihm benannten physikalischen Principis. Neu hrsg. von F.J. Studnicka*. Praha: Nakladatelství královské české společnosti nauk, 1842., které je obohaceno jednak o předmluvu a jednak o portrét Christiana Dopplera.



Christian Doppler

UEBER DAS
FARBIGE LICHT DER DOPPELSTERNE
UND EINIGER ANDERER
GESTIRNE DES HIMMELS.

VERSUCH EINER DAS BRADLEY'SCHE ABERRATIONS-THEOREM ALS INTE-
GRIRENDEN THEIL IN SICH SCHLIESSENDEN ALLGEMEINEREN THEORIE.

VON

CHRISTIAN DOPPLER,

PROFESSOR DER MATHEMATIK UND PRAKTISCHEN GEOMETRIE AM TECHNISCHEN INSTITUT
UND AUSSERORDENTL. MITGLIED
DER KÖNIGL. BÖHM. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

ZUR FEIER

SEINES HUNDERTSTEN GEBURTSTAGES

ALS ERSTE VERÖFFENTLICHUNG DES NACH IHM BENANNTEN

PHYSIKALISCHEN PRINCIPS

NEU HERAUSGEGEBEN VON

DR. F. J. STUDNIČKA,

K. K. HOFRAT, PROFESSOR DER MATHEMATIK AN DER BÖHM. UNIVERSITÄT.

(MIT DOPPLER'S PORTRÄT.)

118107
3/9/14

PRAG 1903.

VERLAG DER KÖNIGL. BÖHM. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.
DR. ED. GRÉGR A SYN, BUCHDRUCKEREI IN PRAG.

Vorwort.

Bekanntlich enthält die vorliegende Abhandlung, vor 60 Jahren im Aktenband der kön. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften (V. Folge II. Bd.) veröffentlicht, die erste Stilisierung des nachträglich so berühmt, weil für die moderne Astrophysik unentbehrlich gewordenen, später so genannten Doppler'schen Princip.

Da auf den 29. November l. J. der hundertste Geburtstag des gefeierten Autors derselben fällt, welchen festlich zu begehen die genannte Gesellschaft über meine Anregung beschlossen hat, erhielt ich den ehrenden Auftrag, einen wortgetreuen Wiederabdruck dieses nunmehr der Geschichte der Physik angehörenden Aufsatzes zu besorgen, damit er allen bequem zugänglich gemacht werde, die sich um die Provenienz eines so folgenreichen Princip kümmern, und zugleich das Andenken an dessen Entdecker wach erhalten werde, der während seiner, leider! nur kurzen Lebenszeit seinetwegen vielfache Kämpfe durchzufechten hatte — wir erinnern hier nur an Prof. Petzval, der sogar sein „Princip der Erhaltung der Schwingungsdauer“ als entscheidend angesehen wissen wollte. —

Ausserdem mag hier noch angeführt werden, dass die königliche Hauptstadt Prag, wo *Christian Doppler* als Professor der Mathematik und praktischen Geometrie am ständischen Polytechnikum seine schönsten Jahre zubrachte und hier auch von der Universität zum Ehrendoktor der Philosophie promoviert wurde, sein Andenken dadurch zu ehren sich über meinen Antrag entschied, dass ihr Stadtrat an dem Hause, wo Doppler

sein Princip konzipiert hat, eine entsprechende Gedenktafel anbringen liess, und zugleich hoffen lässt, dass die neue Gasse, welche die Zukunftsbauten der naturwissenschaftlichen Universitäts-Institute verbinden soll, Dopplers' klangvollen Namen erhalten werde, adaequat dem Vorgange, wodurch derselbe astrophile Stadtrat vor zwei Jahren die Erinnerung an den prager Aufenthalt *Tycho's* und *Kepler's* so würdig und einfach stabilisierte.

Dass ich zur Feier dieses hundertsten Geburtstages auch Etwas beizutragen mich bemüht habe, indem ich die dritte Auflage meiner allseits beifällig aufgenommenen astronomischen Causerien, betitelt „*Bis an's Ende der Welt*“, hiezu widmete, wo die astrophysikalischen Konsequenzen des Doppler'schen Princip's eingehend erörtert werden, will ich nur nebenbei erwähnen.

Hoffentlich wird ihm auch die so reizend an den Ufern der reissenden Salzach sich erhebende Mozartstadt, stolz auf das vor 100 Jahren daselbst zur Welt gekommene Bürgerkind, ebenfalls ein dauerndes Denkmal bei diesem Anlasse widmen, zumal sie schon im J. 1897 auf diesen hundertsten Geburtstag von mir aufmerksam gemacht worden ist.

Prag den 1. Januar 1903.

Dr. F. J. Studnička.

Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels.

(Gelesen bei der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Prag, in der naturwissenschaftlichen Sectionssitzung vom 25. Mai 1842.)

§ 1.

Die Undulationstheorie des Lichtes, sowie sie *Euler* und *Huygens* allererst aufstellten und mit vielem Scharfsinne gegen die erklärtesten Gegner derselben vertheidigten, ist im Verlaufe ihrer weiteren Ausbildung bekanntlich auf Schwierigkeiten gestossen, welche spätere ausgezeichnete Gelehrte, wie *Young*, *Fresnel*, *Cauchy* u. A. dahin vermochten, von der ursprünglichen, wie es scheint nur allein naturgemässen und einfachen Voraussetzung sphärischer oder longitudinaler Aetherschwingungen abzugehen und sich zur Annahme blosser derartiger transversaler Schwingungen zu verstehen. Die glänzenden Erfolge dieser neuen Voraussetzung haben seitdem auch mehrere derjenigen Physiker, wenn auch nicht eben überzeugt doch vorläufig einigermaßen beruhigt, welche sich von allem Anfange her nur höchst ungern und mit sichtlichem Widerstreben dieser neuen Ansicht über die Natur des Lichtes hingaben. Und so ist es denn gekommen, dass während diese Ansicht den feinsten analytischen Untersuchungen fortwährend zum Grunde gelegt wird, und zu mehr oder minder glücklichen Resultaten führet, man die Untersuchung und jegliche Discussion über die Zulässigkeit und innere Wahrscheinlichkeit dieser neuen Hypothese vor der Hand so gut wie fallen liess. Auf eine vollständige und erschöpfende Erklärung sämmtlicher bisher

bekannter Lichterscheinungen nach diesem Prinzip, scheint es, wolle man es ankommen lassen, diese wolle man abwarten, und sodann erst versuchen, ob man sich mit wahrhafter Ueberzeugung dieser neuen Voraussetzung zuzuwenden vermögen wird.

Indessen giebt es bekanntlich sehr viele, die, wiewohl sie den Werth analytischer Ergebnisse in vollem Masse zu würdigen wissen, gleichwohl einen derartigen durchaus glücklichen Erfolg noch sehr bezweifeln und geradezu auf die Schwierigkeiten aufmerksam machen, denen in steigendem Masse diese neuere Theorie entgegen gehet. *) — *Laplace* und *Poisson*, welchem Letzteren die Lichttheorie so viel verdanket, waren bekanntlich bis zum letzten Augenblicke ganz entschieden gegen diese neue Modification der Undulationstheorie, und haben diese ihre Ueberzeugung, wo sich nur immer die Gelegenheit hierzu darbot, mit Offenheit und ohne allen Rückhalt ausgesprochen. Auch *Herschel* d. j. hält diese Ansicht über die Natur des Lichtes (man sehe dessen Werk über das Licht, S. 540) durchaus noch nicht für die richtige und wahre, und er scheint sie nur einstweilen, ihrer Erfolge wegen, mehr dulden als vertheidigen und pflegen zu wollen. Dieser Meinung scheinen auch *Brandes* und viele andere höchst achtbare Physiker der Jetztzeit zu seyn, und es ist überhaupt sehr die Frage, ob nicht selbst die eigentlichen Vertheidiger der transversalen Schwingungen, wenn sie von den glücklichen Resultaten ihres Calcüls absehen, eingestehen müssen, dass man zu dieser ihrer Voraussetzung einen etwas starken Glauben mitzubringen habe. Es ist aber hier nicht an der Zeit, zu erörtern, wie hoch überhaupt der Werth einiger oder auch vieler mit der Erfahrung gut stimmender Rechnungsresultate

*) Das Aberrations-Phänomen als solches darf wohl heut zu Tage, wo es bis auf die feinsten Details durchgeprüft erscheint, für fast eben so constatirt angesehen werden, wie irgend eine andere Erscheinung in der Lehre vom Lichte. Unter Voraussetzung longitudinaler Aetherschwingungen bietet die Erklärung desselben nicht die geringste Schwierigkeit dar, ja folgt mit Nothwendigkeit aus der Zusammensetzung der Aetherwellen mit der eigenen fortschreitenden Bewegung der Erde. Nicht aber lässt sich ein Gleiches bei Annahme transversaler Schwingungen behaupten. Fresnel, der Mitbegründer der neueren Undulationslehre, hat dieses bekanntlich selbst anerkannt. Aber nicht nur nicht zu erklären vermag man dieses Phänomen nach dieser Voraussetzung; sondern es scheint sogar mit der neueren Undulationslehre in einem offenen und directen Widerspruche zu stehen. Sollte hierin für die eigentlichen Vertreter dieser Lehre nicht eine sehr bestimmte Aufforderung liegen, die Zulänglichkeit ihres Prinzipes vor Allem an der Erklärung dieser Erscheinung zu erproben? — Bis dahin aber, wo dieses geschehen seyn wird, dürfte wohl auch unserm gegenwärtigen Erklärungsversuche die gleiche billige Beachtung und Prüfung kaum versagt werden können.

tate gegenüber einer Voraussetzung anzuschlagen ist, die, wie es wenigstens dem Verfasser dieser Zeilen scheint, den Charakter einer grossen innern Unwahrscheinlichkeit an sich trägt. Wie immer aber auch in der Zukunft der Streit hierüber ausgetragen werden mag, so kann unter so bewandten Umständen wohl niemand sich vorzugsweise aufgefordert fühlen, irgend eine optische Naturerscheinung eben gerade nach dem Principe der Lateral-Schwingungen erklären zu wollen.

§ 2.

Nach der ursprünglichen Vibrationshypothese ist bekanntlich die Farbempfindung eine unmittelbare Folge der in gewissen Zeitintervallen regelmässig aufeinanderfolgenden Pulsationen oder Wellenschläge des Aethers. Die Intensität des farbigen Lichtes dagegen hängt lediglich von der Grösse der Excursionen jedes einzelnen Aethertheilchens oder beziehungsweise derjenigen ab, welche unmittelbar die Retina des Auges berühren. Alles, was demnach das Intervall der Zeit, die zwischen den einzelnen Stössen des Aethers verfliesst, ändert, zieht nothwendig eine Aenderung der Farbe nach sich, und jeder Umstand, der bewirkt, dass die einzelnen Wellenschläge mit verminderter oder vermehrter Energie erfolgen, ändert den Intensitätsgrad des farbigen und weissen Lichtes. Letzteres hängt wieder damit zusammen, dass in diesem Falle die Grösse der Excursionen, welche jedes Aethertheilchen macht, sich ändert. Was hier von den Lichtwellen gesagt und behauptet wurde, gilt natürlich auch vollkommen streng von den Schallwellen, und man hat daher auch von jeher bis zu dem oben bezeichneten Zeitpunkte die verschiedenen Lichtphänomene aus jenen des Schalles auf dem Wege der Analogie mit vielem Glücke zu erklären gesucht. — Es dünkt mich aber sehr bemerkenswerth, dass man sowohl in der Licht- und Schall-Lehre, wie auch in der allgemeinen Wellenlehre meines Wissens wenigstens auf einen möglicher Weise sehr wohl vorkommenden Umstand bisher so gut wie keine Rücksicht genommen hat! Es scheint nämlich, man habe völlig unbeachtet gelassen, dass, wenn man von den Licht- und Schallwellen als Ursachen der Licht- und Schallempfindungen und nicht bloss als von objectiven Vorgängen spricht, man nicht sowohl darnach fragen müsse, in welchen Zeiträumen und mit welchen Intensitätsgraden die Wellenerzeugung an und für sich vor sich gehe, — als vielmehr darnach, in welchen Zeitintervallen und mit welcher

Stärke diese Aether- oder Luftschwingungen vom Auge oder vom Ohre irgend eines Beobachters aufgenommen und empfunden werden. Von diesen rein subjectiven Bestimmungen, nicht aber von dem objectiven Sachverhalte hängt die Farbe und Intensität einer Lichtempfindung oder die Tonhöhe und Stärke irgend eines Schalles ab. Ereignet es sich daher irgend wie, dass eine numerische Verschiedenheit zwischen dem objectiven Vorgange und dem subjectiven Ergebnisse sich hierbei herausstellt: so hat man sich ganz unzweifelhaft an die subjectiven Bestimmungen zu halten. Im ersten Augenblicke mag es nun freilich scheinen, als sey das Gesagte mehr für eine bloss gelehrte Distinction, denn für eine von wichtigen praktischen Folgen begleitete Bemerkung zu halten. Doch hierüber möge der geehrte Leser, sobald er die nachfolgenden Zeilen einiger Erwägung gewürdigt, selbst entscheiden. — So lange man nämlich voraussetzet, dass sowohl der Beobachter als auch die Quelle der Wellen unverändert ihren anfänglichen Ort beibehalten, unterliegt es freilich keinem weiteren Zweifel, dass die subjectiven Bestimmungen mit den objectiven numerisch vollkommen zusammenfallen werden. Wie aber, wenn entweder der Beobachter oder die Quelle oder gar beide zugleich ihren Ort veränderten, sich von einander entfernten oder sich einander näherten, und dieses zwar mit einer Geschwindigkeit, die mit jener, nach der die Wellen fortschreiten, in einigen Vergleich käme? Dürfte auch in diesem Falle auf eine solche Uebereinstimmung beider zu rechnen seyn? Ich glaube kaum, dass der Leser sich geneigt fühlen dürfte, diese Frage ohne eine vorgängige Untersuchung geradezu zu bejahen! — In der That scheint nichts begreiflicher, als dass der Weg und die Zwischenzeit zweier aufeinanderfolgender Wellenschläge für einen Beobachter sich verkürzen muss, wenn der Beobachter der ankommenden Welle entgegeneilt, und verlängern, wenn er ihr enteilt, und dass auch gleichzeitig im ersteren Falle die Intensität des Wellenschlags grösser werden, im zweiten dagegen nothwendig sich vermindern muss. Bei einer Bewegung der Wellenquelle selbst findet natürlich eine ähnliche Veränderung in demselben Sinne statt. Hat doch auch der gemeinen Erfahrung zufolge ein auch nur etwas tiefgehendes Schiff, welches den andringenden Wellen gerade entgegensteuert, in derselben Zeit eine grössere Anzahl und viel heftigere Wellenschläge zu erleiden, wie eines, das ruhet oder gar sich in der Richtung der Wellen mit ihnen fortbewegt. Was aber von den Wasserwellen gilt, warum dürfte dieses nicht mit den nöthigen Modificationen auch von den Luft- und Aetherwellen ange-

nonnen werden? Es scheint, als ob sich dagegen etwas Erhebliches kaum vorbringen lassen dürfte! — Unter diesen Umständen mag es zweckdienlich scheinen, die nöthigen darauf bezüglichen, ganz einfachen Formeln aufzustellen, und indem wir dieselben versuchsweise auf die Schallwellen anwenden, glauben wir zugleich auch der Akustik einen kleinen Dienst zu erweisen.

§ 3.

Wenn Beobachter und Wellenquelle sich einander nähern oder von einander entfernen, so kann die Richtung ihrer Bewegung, falls sie eine geradlinige ist, in ihre Verbindungslinie fallen, oder ihre Richtungen schliessen einen Winkel ein. Alles, was dabei eine Aenderung erfahren kann, ist die Dauer zwischen den aufeinander folgenden Wellenschlägen, ihre Intensität und die Richtung, in der sie dem Beobachter anzukommen scheinen. Der letztere Punkt kömmt bei unserer gegenwärtigen Untersuchung nicht in Betracht, und ist überdiess schon durch Bradley's scharfsinniges Aberrations-Theorem als erledigt anzusehen. Es bleibt uns demnach nur der erstere Fall einer directen Annäherung oder Entfernung für die Betrachtung übrig, wo die Frage über die Richtung nicht zur Sprache kömmt. Diesen vorliegenden Fall dagegen müssen wir unter einer doppelten Voraussetzung betrachten; das einamal nämlich, wo der Beobachter in Bewegung und die Quelle in Ruhe, das anderemal, wo gerade das Gegentheil davon angenommen wird.

Fall 1. Es heisse die Geschwindigkeit, mit welcher die Wellen fortgepflanzt werden, a , und O und A (Fig. 1 und 2) bedeute Anfang und Ende einer Welle, Q dagegen die entfernte Quelle derselben, ferner n die Anzahl Sekunden, die eine Welle nöthig hat, um von A nach O zu kommen, d. h. um eine Wellenlänge zu durchlaufen, und x'' die Zeit, die sie braucht, um den gegen oder von A sich bewegenden Beobachter O zu erreichen. Man hat daher für den Fall der Annäherung sowohl wie der Entfernung des Beobachters von oder an die Quelle, wegen

$$a x'' \pm a x = a n''; \quad 1, \quad x'' = \frac{a n}{a \pm a};$$

oder auch

$$a = \pm \left(1 - \frac{n''}{x''} \right) a.$$

Fall 2. Wenn dagegen der Beobachter unbeweglich ist, die Quelle sich dagegen mit der Geschwindigkeit α zu oder von dem Beobachter bewegt: so hat man vor Allem den Einfluss dieser Bewegung auf die der Quelle nächste Welle zu berücksichtigen, da die einzelnen entstandenen Wellen, wie Fig. 3 und 4 veranschaulicht, in völlig unveränderter Weise bis zum entfernten Beobachter in O fortgepflanzt werden. Während daher die erste Welle von Q nach A gelangt, wobei sie einen Weg gleich $a n$ durchläuft, ist die Quelle Q selbst nach Q' gekommen, wobei sie einen Weg gleich αn macht, und die zweite Welle braucht nur noch eben so viele Zeit, als zum Durchlaufen der entsprechenden Wellenlänge $O'A$ nöthig ist. Man hat daher für beide Fälle, wegen

$$a n'' \mp \alpha n'' = a x'', \quad 2, \quad x = \left(\frac{Q \mp \alpha}{a} \right) n;$$

oder auch

$$\alpha = \pm \left(\frac{x}{n} - 1 \right) a.$$

Aus der Verschiedenheit der beiden Formeln (1) und (2) ersieht man, dass es keineswegs selbst unter solchen gleichen Umständen einerlei ist, ob der Beobachter oder die Wellenquelle sich bewegt. — Rücksichtlich der Intensitätsänderung müssen wir uns, da bis jetzt die Vibrationsgeschwindigkeit der einzelnen Theilchen sich noch nicht ermitteln liess, mit der schon im Früheren ausgesprochenen allgemeinen Bemerkung begnügen.

§ 4.

Entfernt sich der Beobachter von dem schallenden oder leuchtenden Objecte mit einer dem a selbst gleichen Geschwindigkeit, so findet man, da in Formel (1) das untere Zeichen zu gelten hat, $x = \infty$, d. h. die einzelnen Schallwellen erreichen niemals das Ohr des Beobachters, und die Tonerzeugung, wiewohl an und für sich vorhanden, ist für die Wahrnehmung des Beobachters so gut wie gar nicht da. Entfernt sich aber dagegen die Tonquelle selbst mit derselben Geschwindigkeit vom Beobachter, so findet man (da in Formel (2) das untere Zeichen zu gelten hat) $x = 2n$; d. h. der Beobachter vernimmt die nächst tiefere Octav desjenigen Tones, welchen an und für sich der schallende Körper hervorbringt. — Nimmt man endlich an, dass sich die Quelle dem Beobachter mit einer Geschwindigkeit

annähert, die jener der fortschreitenden Wellen selbst gleich kömmt: so hat man, da im Formel (2) das untere Zeichen zu gelten hat, wegen $a = \alpha$, $x = \frac{0 \cdot n}{\alpha} = 0$, d. h. die einzelnen Wellenschläge treffen alle in nämlichen Augenblicke beim Beobachter ein, oder was dasselbe ist, in unendlich kurzen Zeitintervallen, welcher Umstand einen unendlich hohen Ton, der gar nicht mehr vernehmbar wird, begründen würde. — Um auf einige ganz spezielle numerische Beispiele überzugehen, werde vorausgesetzt, die Geschwindigkeit des Schalles bei 10° Reaumur, d. i. a , sey 1024 par. Fuss, und man frage z. B. um die Geschwindigkeit α , mit der sich ein Beobachter gegen die Schallquelle bewegen muss, damit er das sogenannte grosse C als D vernehme, so erhält man wegen

$$n = \frac{1}{64}, x = \frac{1}{72}$$

und $a = 1024$ nach Formel (1); $\alpha = 128'$ als Geschwindigkeit in der Sekunde. Umgekehrt zeigt die nämliche Formel, dass sich der Beobachter mit einer Geschwindigkeit von 114 Fuss in der Sekunde von der Schallquelle entfernen müsste, damit das D als grosses C vernommen würde. Noch viel günstiger für die Wahrnehmung irgend einer Tonänderung sind andere sich näher liegende Töne, da sie bei absoluter gleicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles dennoch einander näher liegende Schwingungszahlen darbieten. So z. B. bedarf es, wegen

$$n = \frac{1}{120} \text{ und } x = \frac{1}{128} \text{ und } a = 1024$$

nur einer Geschwindigkeit $\alpha = 68'$ von Seiten eines Beobachters, um den Ton H als c zu vernehmen. Ein geübtes Ohr unterscheidet aber bekanntlich Tonunterschiede bis auf einen Viertelton, und es bedürfte daher gar nur nach Formel (1) einer Geschwindigkeit α von kaum $17'$ in der Sekunde, um bei dem Tone H eine Erhöhung oder auch Erniedrigung von einem Viertelton zu bewirken. Berücksichtigt man nun, dass die Annäherung oder das Entfernen ein wechselseitiges seyn kann, so ist der Fall gar nicht undenkbar, wo bei einer beiderseitigen Geschwindigkeit von nur wenigen, höchstens 8 Fuss in der Sekunde, für einen aufmerksamen Beobachter bereits kleine Tonveränderungen wahrnehmbar werden können. — Doch, ich will nun meinem vorgesteckten Ziele näher rücken, indem ich sofort die oben aufgestellten Formeln auf die Erscheinungen des Lichtes anwende.

§ 5.

Setzt man die Geschwindigkeit des Lichtes $a = 42000$ Meilen in der Sekunde, und fragt man, mit welcher Geschwindigkeit ein im weissen oder violetten Lichte leuchtendes Object sich von einem Beobachter entfernen müsse, damit es für ihn völlig unsichtbar werde, so hat man für

$$\frac{1}{n} = 727 \text{ Billionen und für } \frac{1}{x} = 458 \text{ Billionen zu setzen,}$$

und man findet für α aus Formel (2) die Geschwindigkeit von 19000 Meilen in der Sekunde. Bei einer solchen Geschwindigkeit des leuchtenden Gegenstandes würden daher, falls er sich von uns entfernte, die äussersten violetten und um so mehr alle übrigen farbigen Strahlen, folglich auch das aus ihnen zusammengesetzte weisse Licht wäre es selbst noch so intensiv, für jede Beobachtung völlig verlöschen. Rücksichtlich der übrigen Farben reicht übrigens schon eine bedeutend geringere Geschwindigkeit zum völligen Verlöschen desselben hin. Die Formel (2) gibt nämlich für gelbes Licht die Geschwindigkeit von 5007 Meilen in der Sekunde, für rothes gar nur 1700 Meilen. Bei den hier namhaft gemachten Geschwindigkeiten würde, da immer je eine oder gar zwei der prismatischen Hauptfarben, sey es nun aus dem untern (beim Entfernen) oder aus dem obern (beim Annähern) des Spectrums ganz austritt, das zurückbleibende farbige Licht stets ein vollkommen homogenes seyn, ein Umstand, der hier sehr wohl zu beachten ist.

Ganz anders dagegen stellt sich der Calcül, sobald wir von der Voraussetzung ausgehen, dass das beobachtete farbige Licht, weit entfernt, ein homogenes zu seyn, vielmehr ein mit vielem Weiss gemischtes ist, welcher Fall eben bei den vorliegenden Betrachtungen eintritt. *Herschel* d. j. spricht es selbst aus, dass alles mit besonders lebhaftem Glanze und grossem sogenannten Feuer leuchtende farbige Licht stets ein mit ziemlich vielen weissen Strahlen gemischtes sey, und an einem andern Orte seines vortrefflichen Werkes über das Licht nimmt er an, dass das menschliche Auge noch Farbunterschiede gewahr zu werden vermag, welche durch ein Entziehen von nur dem hundertsten Theile derjenigen rothen, gelben oder blauen Strahlen hervorgehen, die mit den übrigen zu weissem Lichte sich zusammengesetzt finden. Ein weiterer sehr bemerkenswerther Umstand ist folgender. Da nämlich die Intensität oder Menge der verschiedenfarbigen

Lichtstrahlen mit ihren Schwingungszahlen nicht im gleichen Verhältnisse steht, indem die im weissen Lichte enthaltenen blauen die rothen um vielleicht dreimal, die gelben sie gar um mehr als zehnmal übertreffen, und da es ferner gerade die gelben Strahlen sind, die einerseits (bei einer Annäherung) in blaue, andererseits dagegen (bei einem Entfernen) in rothe übergehen: so ist klar, dass selbst bei einer Verminderung von nur einem Hundertel der äussersten rothen oder blauen Strahlen eine wenigstens dreimal, im andern Fall sogar zehnmal grössere Anzahl von farbigen Strahlen wirksam auftreten und eine schon sehr merkliche Färbung zu bewirken vermögen werden. Aus eben diesem Umstande folgt, dass die rothe und orange Färbung unter übrigens gleichen Umständen intensiver und dem homogenen gleichnamigen Lichte näher kommen werde, wie die blaue und grüne, und ebenso dass zur grünen, orangen oder violetten Färbung keineswegs nothwendig alle blauen, rothen oder gelben Strahlen, sondern nur einige wenige derselben auszutreten haben, da die übrigen wieder zu weissem Lichte sich vereinigen.

Diess vorausgesetzt findet man, wenn

$$x = \frac{1}{458} \text{ und } n = \frac{1}{458 \cdot 37}$$

gesetzt wird, wobei also die rothen Strahlen von der Schwingungszahl 458·37 Billionen auf 458 Billionen herabgebracht werden, also der hundertste Theil der rothen Strahlen austreten, $\alpha = 33$ Meilen für die Sekunde, d. h. wenn ein im weissen Lichte leuchtender Stern sich einem Beobachter mit einer Geschwindigkeit von 33 Meilen in der Sekunde annähert oder sich von ihm entfernt, so erscheint er demselben im ersteren Falle schon merklich grün, im anderen dagegen orange gefärbt. Dieser Zahlwerth dürfte auch so ziemlich als die untere Grenze gelten. Bei der Voraussetzung, dass ein ganzes Zehntel der rothen oder blauen Strahlen austreten, wodurch zu Folge der oben ausgesprochenen Umstände eine sehr starke Färbung eintreten muss, erhält man wegen

$$x = \frac{1}{458}, \text{ und } n = \frac{1}{460}, \text{ für } \alpha = 187 \text{ Meilen in der Sekunde.}$$

Dem Gesagten zufolge gehen daher bei einem Entfernen die im weissen Lichte enthaltenen Strahlen in solche von längerer Schwingungsdauer also die violetten in blaue, die blauen durch grün in gelbe, die gelben durch orange in rothe über, und die rothen treten endlich bei zu-

nehmender Geschwindigkeit ganz und gar aus, d. h. werden insensibel. Im umgekehrten Falle dagegen, wo zuerst die blauen Strahlen ausscheiden, erscheint das weisse Licht anfänglich grün, hierauf blau und endlich violett. —

§ 6.

Das bisher über den Einfluss der Bewegung auf die Lichterscheinungen Vorgebrachte lässt sich übersichtlich in nachfolgende Punkte zusammenfassen:

1. Wenn ein leuchtendes Object, gleichviel ob selbstleuchtend oder bloss beleuchtet, sich mit einer gegen die Geschwindigkeit des Lichtes in Betracht kommenden Schnelligkeit in directer Richtung dem Auge eines Beobachters nähert oder sich von ihm entfernt, so hat diese Bewegung nothwendig eine Aenderung in der Farbe und Intensität des Lichtes zur Folge und zwar:
 - α) Bei einer Annäherung nimmt die Intensität jedenfalls zu, die Färbung dagegen geht bei steigender Geschwindigkeit von Weiss in Grün, von da in Blau und endlich in Violett über.
 - β) Bei einem Entfernen vermindert sich dessen Intensität in jedem Falle und das weisse Licht geht allmählig in Gelb, Orange und endlich in Roth über. Hat indessen das Licht bereits schon eine gewisse Färbung, z. B. eine gelbe, so beginnt die Veränderung von dieser an und steigt auf- und abwärts nach den in α und β ausgesprochenen Bedingungen.
 - γ) Ist die Geschwindigkeit gross genug, so kann in beiden Fällen das weisse oder farbige Licht völlig insensibel werden, indem im ersteren Falle die Zeitintervalle der einzelnen Pulsationen zu klein, im zweiten dagegen zu gross ausfallen, um noch empfunden werden zu können. Die Intensität nimmt mit der Farbänderung übereinstimmend zu und ab, und trägt somit noch dazu bei, dass der genannte Erfolg des völligen Verschwindens bedeutend früher eintritt.
 - δ) Zum völligen Verschwinden eines im weissen Lichte glänzenden Gestirnes reicht ohne Rücksichtnahme auf dieses Ereignisse sehr günstige Intensitätsverminderung eine Geschwindigkeit von 19000 Meilen in der Sekunde hin. Für Sterne, die im homogenen gelben oder rothen Lichte leuchten, ist dagegen

schon eine Geschwindigkeit von beziehungsweise 5007 und 1700 Meilen zum völligen Verlöschen ausreichend.

- ε) Sterne, die im weissen Lichte leuchten, zeigen schon bei einer Geschwindigkeit von 33 Meilen in der Sekunde eine deutliche Färbung, und bei einer solchen von 187 Meilen eine sehr bedeutende und auffallende, die jedoch noch immer mit vielen weissen Strahlen vermischt ist.
- φ) Aendert sich die Geschwindigkeit eines bewegten Sternes, so erleidet auch seine Farbe und Intensität eine Aenderung, und so kann es immerhin geschehen, dass ein Stern im Verlaufe der Zeit alle Farben des Spectrums uns zu durchlaufen scheint.

2. Ist dagegen das leuchtende Object in Ruhe, der Beobachter dagegen in einer direct gegen oder von demselben gerichteten, bedeutend schnellen Bewegung begriffen, so erfolgen zwar alle Veränderungen in demselben Sinne, d. h. entsprechend der Annäherung oder dem Entfernen, die numerischen Daten jedoch weichen von jenen, den unter 1 und 2 aufgeführten Fällen entsprechenden Bestimmungen mehr oder weniger ab.

3. Geschieht das Annähern oder das sich Entfernen nicht wie es in 1 und 2 vorausgesetzt wird, directe, d. h. in der Richtung ihrer anfänglichen Verbindungslinie, sondern geht es in einer Richtung vor sich, die mit jener einen Winkel einschliesst; so ändert sich nebst der Farbe und Intensität auch noch die Richtung und der Stern erleidet zugleich eine scheinbare Ortsveränderung.

Erkennt man die bisher aufgestellten Grundsätze für richtig an, so wird man gerne auch zugestehen, dass sie gleichsam die Grundlage einer neuen Theorie bilden, von welcher das berühmte Bradley'sche Aberrations-Theorem nur einen Theil vorstellt. Dem gemäss wird man sich schon a priori zu nachfolgenden Behauptungen für berechtigt halten dürfen. Wenn als die natürliche Farbe der Sterne die weisse oder schwachgelbliche angenommen wird, und es unter der unzählbaren Menge derselben solche gibt, die sich mit einer Geschwindigkeit von 33 Meilen bis zu 19000 Meilen in der Sekunde bewegen, so muss der gestirnte Himmel uns die Erscheinung einzelner Sterne jeder Farbe darbieten und es müssen einige von ihnen sogar zeitweilig ganz verschwinden, andere dagegen scheinbar entstehen; und umgekehrt, wenn uns eine genaue Beobachtung des Himmels wirklich solche Erscheinungen, wie sie so eben aufgezählt wurden, ganz unzweifelhaft zeigt, so liesse sich hieraus der Schluss ziehen, dass es

unter den Gestirnen des Himmels einzelne Sterne geben dürfte, die sich mit einer Geschwindigkeit von 33 Meilen bis 19000 Meilen im Weltraume bewegen. Wenn aber endlich nicht nur die erwähnten Erscheinungen am Himmel mit Gewissheit beobachtet, sondern es auch durch genaue Beobachtungen und aus mechanischen Gründen als erwiesen anzusehen wäre, dass einige dieser Himmelskörper wirklich eine Geschwindigkeit von 33 bis 19000 Meilen besitzen, ja noch überdiess, dass gerade eben nur an diesen schnellbewegten Körpern nach Massgabe der oben aufgestellten Grundsätze sich jene Farben- und Intensitäts-Erscheinungen zeigen: so würde dieses hinwieder für die Richtigkeit der hier aufgestellten Theorie und weiter zurück sogar für das Stattfinden der Longitudinal-Schwingungen ein sehr beachtenswerthes und gewichtiges Zeugniß ablegen. — Unter diesen Umständen fühlt man sich aufgefordert, sich nach den Angaben der beobachtenden Astronomie umzusehen.

§ 7.

Bekanntlich ist es bisher den Bemühungen der Astronomen und Physiker noch keineswegs gelungen, die höchst merkwürdige und wahrhaft räthselhafte Erscheinung der mit farbigem Lichte leuchtenden sogenannten Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels auf eine auch nur halbwegs befriedigende Weise zu erklären. An und für sich und im ersten Augenblicke mag es wohl scheinen, als hätte man um so weniger einen Grund, sich über farbige Fixsterne im Allgemeinen zu wundern, als sich ja auch auf unserer Erde selbst und im Bereiche der täglichen Erfahrung leuchtende Körper jeder Farbe genug vorfinden. Allein eine genauere Erwägung aller dabei obwaltenden Umstände muss wohl jeden von dieser anfänglichen Meinung, falls er sie gefasst, gar bald wieder zurückbringen. Denn abgesehen selbst von anderem, muss es schon in hohem Grade auffallen, dass wir unter der unzählbaren Menge der eigentlichen, d. i. derjenigen Fixsterne, an denen wir keinerlei Bewegung wahrnehmen, ohne Ausnahme nur solche bemerken, die im weissen oder schwach gelblichen und nur einige wenige, die im röthlichen Lichte glänzen; keinen einzigen dagegen, welcher im blauen, grünen oder violetten und keinen auch der im schön orangen oder intensiv blutrothen Lichte uns erschiene. Alle Doppelsterne dagegen lassen sich übersichtlich in zwei Classen bringen, in solche, bei denen der eine von ihnen sich durch

seine in die Augen fallende grössere Intensität seines Lichtes als Haupt- oder Centralstern beurkundet, und sodann in solche, deren Einzelsterne eine ziemlich gleiche scheinbare Grösse besitzen, und die sich daher auch höchst wahrscheinlich um einen unsichtbaren Centalkörper oder um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegen. — Bei den Doppelsternen der ersteren Art leuchtet der Hauptstern stets im weissen und nur bei wenigen im schwach gelblichen Lichte, und zeigt somit eine vollkommene Übereinstimmung mit den übrigen unbeweglichen Fixsternen des Himmels, während dagegen die dazu gehörigen Begleiter entweder im grünen, blauen oder violetten, bei andern dagegen im intensiv orangen, schön blut- oder wohl auch dunkelrothen Lichte glänzen. — Doppelsterne der zweiten Classe bestehen dagegen fast immer aus solchen Einzelsternen, die im verschiedenfarbigen Lichte schimmern, und merkwürdig ist es dabei, dass die Farben entweder wirklich einen complementären Gegensatz zu einander bilden, oder dass wenigstens die Farbe des einen dem obern, die des andern dem untern Theile des Farbenspectrums entnommen ist. Man hat zwar versucht, wiewohl mit wenig Glück, die genannten Erscheinungen aus den Wirkungen des Contrastes zu erklären. Allein abgesehen davon, dass diese Erklärung im günstigsten Falle höchstens nur auf jene Doppelsterne angewendet werden könnte, bei denen das vorkommende farbige Licht in einem complementären, nicht aber in einem andern Gegensatze sich befindet, wie dieses doch bei allen der ersten und bei sehr vielen der zweiten Classe der Fall ist, — haben noch überdiess directe Versuche das Unhaltbare dieser Ansicht seither zur Genüge dargethan. Diese Versuche bestanden bekanntlich darin, dass man den einen der farbigen Doppelsterne durch einen im Fernrohre ausgespannten Faden völlig verdeckte und somit dem Auge gänzlich entzog. Da nun hiedurch die angebliche Ursache des Contrastes wegfiel, so hätte auch die Wirkung davon, nämlich das Erscheinen der complementären Farbe ausbleiben sollen. Dieses aber geschah nicht und der Stern leuchtete vor wie nach mit demselben farbigen Lichte. — Damit das Mass des Wunderbaren endlich voll werde, hat eine Vergleichung der älteren Angaben *Herschels* d. ä. mit den neuesten *Struve's* noch überdiess bis zur Evidenz es herausgestellt, dass die Farben vieler dieser Doppelsterne im Verlaufe dieser Zeit sich sehr bedeutend und zwar auf eine Weise geändert haben, die der Vermuthung keinen Raum gewährt, als wäre der Grund dieser Verschiedenheit in der Beschaffenheit der hier und dort angewandten optischen Instrumente zu suchen. Sterne, die ehe-

mals als gelb beobachtet wurden, werden heut zu Tage als orange und roth und umgekehrt beschrieben und solche, die *Herschel* als vollkommen weiss bezeichnet, findet *Struve* goldfarbig, rothgrün oder auch blaugrün! — Kein Wunder also, wenn sich neuere Beobachter (siehe *Mädler's* pop. Astronomie, S. 493) zu der Frage aufgefordert fühlen „ob sich denn in der That die Farben der Doppelsterne während der letzten 50 Jahren so gar bedeutend sollten geändert haben?“

§ 8.

Eine andere, nicht minder interessante und bisher ebenso un- aufgeklärte Erscheinung des Himmels sind die sogenannten periodisch veränderlichen Sterne. Sie kommen nach den bisherigen Beobachtungen mit alleiniger Ausnahme des Sternes Algol im Medusenhaute (vor dem später noch die Rede seyn wird) insgesamt darin überein dass sie von Farbe roth sind, nach ihrem grössten Glanze eine Kupfer- farbe annehmen, und indem diese allmählig sich mehr und mehr verdunkelt, endlich völlig unsichtbar werden und verschwinden, bis sie nach einiger Zeit ihren periodischen Lichtwechsel wieder vor- vorne beginnen. Auch darin kommen sie ferner miteinander überein dass die Zeit ihrer Unsichtbarkeit meistens 3- bis 4mal länger währt, als jene ihres grössten Glanzes, und endlich, dass ihre Licht- zunahme viel rascher vor sich geht und weniger Zeit erfordert, wie ihre Abnahme und ihr Verschwinden. Die Art und Weise der Lichtzu- und Abnahme ist mit der Voraussetzung unverträglich, dass diese zeitweilige Verschwinden in einer Achsendrehung und ungleicher Lichtvertheilung auf der Oberfläche dieser Himmelskörper, oder auch in einem periodischen Verdecktwerden durch einen umkreisenden dunkeln Planeten seinen Grund habe. — Auf den ersten Augenblick scheint es, als ob die beiden erwähnten, so verschiedenartigen Erscheinungen, nämlich jene der farbigen Doppelsterne und die der sogenannten veränderlichen Sterne, nur mit einigem Zwange ein und demselben Erklärungsprincipe untergeordnet werden könnten. Allein die Beobachtung hat uns noch mit einer dritten Classe von merk- würdigen Sternveränderungen bekannt gemacht, die gleichsam zwischen beiden mitten innestehen und als wahre Vermittlungsglieder diese Erscheinungsgruppen betrachtet werden können. Es sind dieses die verschwundenen und neuen Sterne.

Hierher nun gehört vorzüglich der im Jahre 1572 im Stern- bilde der Cassiopeia erschienene neue Stern, welchem man eine Um-

laufszeit oder Periodicität seines Lichtwechsels von etwa 300, vielleicht gar nur von 150 Jahren beilegen zu müssen glaubt. Als man auf ihn aufmerksam wurde, hatte er bereits nahe schon das Maximum seiner scheinbaren Grösse und der Intensität seines Lichtes erreicht und überstrahlte mit blendend weissem Lichte den Sirius und selbst die Venus. Bald darauf nahm er an Grösse schnell ab und sein Licht ging gleichzeitig und allmählig von Weiss in Gelb und von diesem in Roth über, welches immer dunkler wurde und endlich für die Beobachtung ganz erlosch. (*Richter's Astronomie*, S. 684.) — Noch auffallender waren die Erscheinungen bei dem im Jahre 1604 von *Kepler* im Fusse des Schlangenträgers entdeckten neuen Stern. Nachdem sein Licht durch alle Farben des Regenbogens niedersteigend abgenommen hatte, verschwand er nach etwa einem Jahre und ist seitdem niemals wieder gesehen worden. Endlich erwähnen auch Schriftsteller früherer Zeiten ähnlicher Erscheinungen, und vom Sirius, der gegenwärtig in blendend weissem Lichte strahlt, soll es keinem Zweifel unterliegen, dass er ehemals ein rothes Licht hatte u. a. m. — Es haben demnach diese Gestirne mit den Doppelsternen das Farbenspiel und mit grosser Wahrscheinlichkeit die schnelle Bewegung so wie die meistens auf Jahrhunderte sich erstreckende lange Periodicität, — mit den sogenannten veränderlichen Sternen dagegen das völlige Verschwinden und gänzliche Unsichtbarwerden, so wie auch, dass sie ungleich länger unsichtbar wie sichtbar sind, und endlich, dass die Lichtabnahme von längerer Dauer ist, wie die Lichtzunahme und noch mehreres andere gemein. — Wir sehen daher alle diejenigen Erscheinungen an den verschiedenen Objecten des Himmels wirklich durch Beobachtungen nachgewiesen, die wir oben unter Voraussetzung einer ihnen zukommenden grossen Geschwindigkeit ihrer Bewegung bis ins Detail prognostizirten. Wir wollen uns daher noch weiter umsehen, was die unmittelbare Beobachtung und Berechnung, wie auch die Wahrscheinlichkeit uns rücksichtlich ihrer Bewegung selbst lehrt.

§ 9.

Die Geschwindigkeit der Planeten unseres Sonnensystems, selbst wenn sie sich im Perihelio befinden, ist vergleichungsweise noch nicht sehr bedeutend. Die Erde bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von beiläufig 4·7 Meilen, bei der Venus beträgt sie 6·7 und beim Merkur 8·3 Meilen in der Sekunde. Kein Wunder also, dass wir an

ihnen bisher noch keine Farbenänderung und noch weniger ein zeitweiliges völliges Verschwinden beobachtet haben. Wäre die Geschwindigkeit unserer Erde wenigstens zehnmal so gross als sie wirklich ist, so müssten uns alle Fixsterne in den östlichen Gegenden der Ecliptik ohne Ausnahme mit blauer oder grünlicher Färbung, auf der entgegengesetzten westlichen Seite dagegen orange oder roth erscheinen. Durch eine so auffallende, auf alle Fixsterne in gleicher Weise sich erstreckende Regelmässigkeit eines solchen Phänomens aufmerksam gemacht, würde man, wie einstens bei jenem der Aberration, die Ursache davon in der Bewegung der Erde suchen und finden. So aber, wo diese Erscheinungen nur vereinzelt auftreten, da sie auch nur in den vorzugsweise schnellen Bewegungen einzelner Fixsterne ihren Grund haben, muss es schon viel schwieriger seyn, dieselben bis ins kleinste Detail zu erklären, und höchst wahrscheinlich gehören absichtlich zu diesem Zwecke veranstaltete Beobachtungsreihen dazu. — Die Monde bewegen sich bekanntlich bald langsamer, bald schneller wie ihre Planeten, und es mag dahin gestellt bleiben, ob nicht einige an ihnen wahrgenommene Eigenthümlichkeiten hierher zu zählen seyn dürften? — Viel bedeutender dagegen ist schon die an den Kometen beobachtete Geschwindigkeit ihrer Bewegung. Der *Halley'sche* Komet hat im Perihelio nahe 18 Meilen Geschwindigkeit in der Sekunde, und jener vom Jahre 1680 bewegte sich in der Sonnennähe mit einer Geschwindigkeit von 74 Meilen in der Sekunde und somit nahe 17mal so geschwind wie unsere Erde. Es ist gar nicht daran zu zweifeln, dass es selbst schon unter den bisher beobachteten aber nicht berechneten Kometen früherer Zeit einen oder den anderen gegeben haben mag, dessen Geschwindigkeit mehre hundert Meilen in der Sekunde erreichte. Bei diesen nun ist eine schwache Färbung in Folge ihrer schnellen Bewegung nicht unwahrscheinlich, und soll auch wirklich bei einigen derselben beobachtet worden seyn. Dass es hierbei auf die Richtung ihrer Bewegung und auf die Lage ihrer Bahnen gegen unsere Erde ankömmt, versteht sich fast von selbst, und es wäre interessant, die damalige Stellung unserer Erde gegen die Bahnen jener Kometen wo möglich zu ermitteln. Dadurch aber, dass wir unserer Erde die Fähigkeit absprechen, für sich allein merkbare Farb- und Intensitätsänderungen an den verschiedenen Himmelskörpern in Folge ihrer fortschreitenden Bewegung zu bewirken, wollen wir keineswegs zugleich behaupten, dass dieselbe nicht auf das frühere oder spätere Eintreffen jener Erscheinungen und auf den Grad derselben einen sehr merkbaren Einfluss ausüben werde, ja sogar

nothwendigerweise ausüben müsse. Höchst wahrscheinlich haben einige an den periodisch veränderlichen Sternen beobachtete Anomalien, von denen weiter unten noch die Rede seyn wird, hierin ihren erklärenden Grund. — In Betreff der Fixsterne ermangelt es eines jeden Grundes anzunehmen, dass unsere Sonne sie alle insgesamt an Masse und Grösse übertreffe. Es kann vielmehr für eine stehende Ansicht in der Astronomie gelten, dass es höchst wahrscheinlich Fixsterne geben dürfte, welche unsere Sonne im Durchmesser, um vielleicht mehrere Hundertmal, an Masse sie um eben so viele Millionenmal übertreffen mögen. Nun hängt aber die Geschwindigkeit, mit welcher sich Satelliten um ihre Centalkörper bewegen, unter gleichen Umständen direct von der Masse derselben ab, und man hätte daher unter so bewandten Umständen keinen Grund, sich sehr darüber zu wundern, wenn uns die Beobachtung wirklich an einigen dieser Himmelskörper Bewegungen zeigte, deren Geschwindigkeit selbst die des Lichtes übertreffen. In der That hat man an den sogenannten Doppelsternen und höchst wahrscheinlich auch an den veränderlichen und neuen Sternen derlei schnell bewegte Gestirne kennen gelernt. Ich begnüge mich dasjenige anzuführen, was ein geachteter Astronom (siehe *Littre's* W. d. H. S. 470) rücksichtlich des Doppelsterns γ in der Jungfrau berichtet. „Merkwürdig.“ sagt er, „ist die grosse Geschwindigkeit dieses Satelliten zur Zeit seines Periheliums, wo er in einem Tage einen Weg von 3490 Millionen Meilen und somit in einer Sekunde nahe an 40.000 Meilen zurücklegt, und somit fast genau ebenso schnell sich bewegt, wie das Licht selbst.“ Mag man daher immerhin in diesem speciellen Falle diesen mehr auf einer ungefähren Schätzung als auf genauen Beobachtungen beruhenden Angaben keinen grossen Grad von Genauigkeit zuschreiben: so geht doch jedenfalls aus selben so viel hervor, dass die Annahme einer Geschwindigkeit von 33 bis 19000 Meilen in der Sekunde, mit welcher ein oder der andere der Fixsterne sich bewegen mag, weder für unwahrscheinlich, noch für im mindesten übertrieben zu halten ist.

§. 10.

Es ist gewiss im höchsten Grade auffallend, dass wir gerade nur an jenen Himmelskörpern so bedeutende Veränderungen in Farbe und Intensität des Lichtes wahrnehmen, bei denen wir entweder zufolge unmittelbarer Beobachtung eine ganz ausserordentlich grosse Geschwindigkeit ihrer Bewegung voraussetzen berechtigt sind, oder

aber, bei welchen wir diese vermöge aller Analogie voraussetzen können, während bei allen übrigen Gestirnen des Himmels, die wir vergleichungsweise für ruhende oder wenigstens für viel minder schnell sich bewegend anzunehmen genöthigt sind, solche Erscheinungen ohne Ausnahme nicht vorkommen. Man fühlt sich daher sehr zu der Meinung hingezogen, dass sämtliche Gestirne des Himmels an und für sich im weissen oder schwach gelblichen Lichte schimmern, und dass, wenn dieses bei einzelnen anders gefunden wird, ein Grund dafür bestehen müsse, welcher mit der grossen Geschwindigkeit ihrer Bewegung höchst wahrscheinlich in einem nicht bloss zufälligen, sondern nothwendigen Zusammenhange steht. Es war der Zweck der gegenwärtigen Abhandlung, nicht etwa bloss die allenfallsige Möglichkeit, sondern die Nothwendigkeit eines solchen Einflusses der ungemein schnellen Bewegung der Himmelskörper auf ihre Farbe und auf die Intensität ihres Lichtes darzuthun, und es gewährt dem Verfasser derselben eine erfreuliche Genugthuung, die vollkommenste Uebereinstimmung der Beobachtungen, insoweit sie ihm bekannt sind, mit den oben aufgestellten Grundsätzen oft selbst bis ins Detail wahrzunehmen. Es möge daher gestattet seyn, auf einige derselben hier aufmerksam zu machen. Es erklärt sich hieraus ganz einfach:

1. Warum von den beiden Doppelsternen der grössere und somit wahrscheinlich beziehungsweise unbewegliche Central- oder Hauptstern fast ausnahmslos weiss, der beigegebene dagegen meistens farbig erscheint!
2. Warum in jenen Fällen, wo beide ziemlich gleich gross erscheinen, beide gefärbt sich zeigen!
3. Wesshalb in diesem letzteren Falle der eine fast immer mit einem Lichte glänzt, welches dem obern Theile des Farbenspectrums zugehört (also grün, blau, violett), der zugehörige dagegen mit einer Farbe aus dem untern Theile desselben (also roth, orange oder gelb). Denn bei gleichgrossen Doppelsternen kann füglich angenommen werden, insbesondere, wenn sie sich um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegen, dass der eine in der Annäherung begriffen ist, während sich der andere von uns entfernt.
4. Es erklärt sich hieraus äusserst einfach, warum die Farben der einzelnen Doppelsterne mit der Zeit sich so bedeutend ändern. So z. B. bezeichnet *Herschel* d. ält. den schönsten Doppelstern des Nordens, nämlich γ Leonis, den einen schön weiss und den dazu gehörigen weissröthlich, während *Struve* den Hauptstern

goldfarbig und den Nebennestern rothgrün findet. Noch auffallender ist dieses bei dem Doppelstern γ Delphini. Bei den so auffallenden und deutlichen Farben, goldgelb und blaugrün (sagt *Mädler*, p. *Astronomie*, S. 500) ist es sehr zu verwundern, dass sie *Herschel* ausdrücklich beide weiss nennt. — Wir aber müssen zufolge unsers Erklärungsprincipes noch hinzufügen, dass eine Zeit kommen wird, wo diese Doppelsterne sogar dieses ihr farbige Licht wechselseitig austauschen werden. Die Doppelsterne durchlaufen also während jeder ihrer Revolutionsperioden die Farbenscala des Sonnenspectrums, zum wenigsten einen Theil derselben.

5. Es erklärt sich hieraus ferner das merkwürdige Verhalten der periodisch veränderlichen Sterne, und warum namentlich die Farbe dieser Sterne gerade die rothe ist. Denn entweder sind sie an und für sich für uns unsichtbare Sterne (vielleicht wegen zu geringer Intensität oder zu langer Schwingungsdauer), die nur durch ihre gegen uns gerichtete schnelle Bewegung die erste Stufe der Wahrnehmbarkeit erreichen, d. h. uns mit rothem Lichte erscheinen. Vielleicht aber sind sie in der That von röthlichem Lichte und verschwinden uns in Folge der von uns weggerichteten Bewegung.
6. Auch noch der Umstand der kurzen Zeit ihres Sichtbarseyns im Vergleiche zu ihrer Periodicität findet durch den Hinblick auf Fig. 5 und 6 eine genügende Erklärung, ja folgt gewissermassen mit Nothwendigkeit aus derselben. Dem ungefähr während voller drei Viertel seines Umlaufs und oft viel mehr noch, je nach der Lage und Form der Ellipse gegen den Beobachter, muss ein solcher nur durch sein Annähern, also immer nur während der Zeit seines Periheliums uns sichtbar gewordener Stern uns unsichtbar bleiben. Dieses tritt besonders auffallend hervor, wenn man als Bahn eine Ellipse von bedeutender Excentricität und von einer Lage gegen den Beobachter voraussetzt, wie die in Fig. 6 dargestellte ist.
7. Die früher erwähnte Erscheinung, dass die veränderlichen Sterne meistentheils eine viel kürzere Zeit zur Zunahme als zur Abnahme des Lichtes bedürfen, findet gleichfalls in Fig. 7 eine genügende Erklärung. Bis kurz vor dem Eintritt ins Perihelium hat der Stern bei schon sehr bedeutender absoluter Geschwindigkeit noch eine so ungünstige Richtung seiner Bewegung, dass sich derselbe Beobachter in *O* gar nicht oder nur sehr wenig

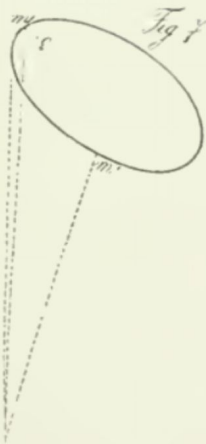
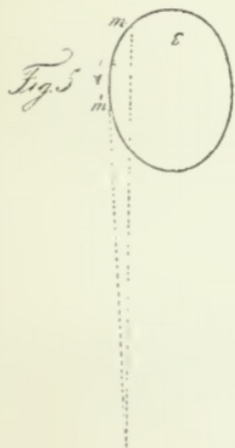
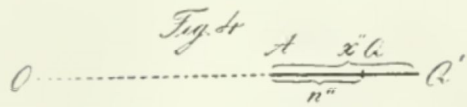
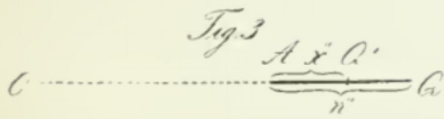
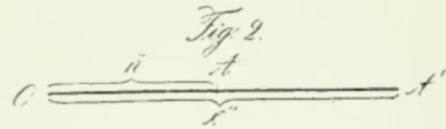
annähert, bis er in m angelangt, plötzlich in die günstigste Richtung, bei nahe noch grösster absoluter Geschwindigkeit, deren er fähig ist, eintritt. Noch günstiger für das Eintreffen dieses Ereignisses ist eine beziehungsweise Lage, wie jene in Fig. 8 vorgestellte, und man begreift demnach leicht, wie Sterne innerhalb weniger Stunden plötzlich sichtbar werden und dieses durch einige Zeit verbleiben, dann aber allmählig abnehmen und nach einigen Jahren völlig wieder verschwinden konnten.

8. Ebenso erklärt sich auch daraus, warum die sogenannten neuen und verschwundenen Sterne alle Farben des Regenbogens durchlaufend mit kupferrothem Lichte endlich verschwinden. Höchst wahrscheinlich dürfte keine geringe Anzahl derjenigen Sterne, die wir gewöhnlich für unbeweglich und unveränderlich halten, einem ähnlichen Farben- und Lichtwechsel unterworfen seyn, wie ja dieses in Bezug auf Sirius ausser Zweifel gestellt scheint.
9. Endlich dürfen sich höchst wahrscheinlich die bei verschiedenen periodisch veränderlichen Sternen wahrgenommenen Anomalien aus der Bewegung unserer Erde erklären lassen. So z. B. zeigt der Stern Mira am Halse des Wallfisches bald eine Periode des Lichtwechsels von $328\frac{1}{2}$ Tagen, bald wieder eine von $335\frac{1}{2}$ Tagen, also einen Unterschied von 7 Tagen. Da nun die Umlaufszeit unserer Erde $365\frac{1}{4}$ Tage währt, so befindet sich die Erde zur Zeit, wo jener Stern zu seinem grössten Glanze gelangt, in jedem Jahre in einem andern Zeichen und die Richtung ihrer Bewegung gegen oder von jenem Sterne ist somit in verschiedenen Jahren eine verschiedene. Aber da die Bewegung der Erde auf das Eintreten in die Phase ihres grössten Glanzes ganz unzweifelhaft einen Einfluss ausüben muss, so wird dieselbe das einemal um etwas früher, das anderemal um eben so viel später erfolgen. Eine Geschwindigkeitsdifferenz von 9.4 Meilen würde daher das Verschwinden oder die Erlangung des grössten Glanzes um volle 7 Tage verzögern oder beschleunigen. Ist diess richtig, so müsste sich beim Stern Mira eine Periodicität dieser scheinbaren Anomalie von beiläufig 12 Jahren nachweisen lassen, und fände es sich wirklich so, so wäre dieses eine überraschende Bestätigung der vorliegenden Theorie. In den mir gegenwärtig zu Gebote stehenden Werken habe ich hierüber, und dass diese Anomalie in eine Periode eingeschlossen sey, nichts erwähnt gefunden.

§. 11.

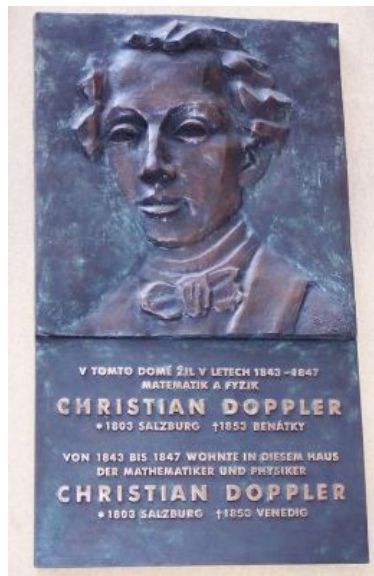
Bevor *Olauf Roemer* uns die Geschwindigkeit des Lichtes kennen lehrte und selbst noch viele Jahre nach ihm hielt man an der Meinung fest, dass keine Bewegung am Himmel und auf Erden mit jener des Lichtes in irgend einen Vergleich kommen könne und bei einer Gesichtswahrnehmung einen auch noch so geringen Einfluss auf dieselbe auszuüben vermögen werde. Die scharfsinnige Erklärung des Aberrations-Phänomens, diesem Wahne entgegnetend, verdankte es ganz der unwiderstehlichen Kraft der Wahrheit ihrer Lehre, wenn sie gleichwohl in nicht gar langer Zeit sich allgemeine Anerkennung erwarb. Ist aber eine Geschwindigkeit von 4·7 Meilen hinreichend, die Richtung des Lichtstrahls um 20'' abzulenken, warum sollte nicht eine nachweisbar ungleich grössere eine Aenderung in Farbe und Intensität des Lichtes bewirken? Nichts kann einen Forscher hindern, sich und andern eine solche Frage vorzulegen und in deren Beantwortung sich zu versuchen. Ob uns die dermalen vorliegenden Beobachtungen schon in den Stand setzen werden, diese Frage zu einer definitiven Beantwortung zu bringen und dieser Theorie den Stempel einer apodiktischen Gewissheit aufzudrücken, will ich der Entscheidung der eigentlichen Sachkenner anheimstellen. So viel indessen scheint gewiss, dass, das hier durchgeführte Raisonnement als richtig vorausgesetzt, hiermit einer Theorie eine Grundlage gegeben ist, von welcher die berühmte *Bradley'sche* Aberrations-Lehre, da sich diese nur allein auf die Richtung, jene aber auch noch überdies auf die Farbe und Intensität des Lichtstrahls bezieht, nur als ein integrierender Theil derselben anzusehen ist, und es ist fast für gewiss anzunehmen dass dieselbe in nicht ferner Zukunft den Astronomen ein willkommenes Mittel darbieten dürfte, die Bewegungen und Entfernungen selbst solcher Gestirne zu bestimmen, welche wegen ihrer unermesslichen Entfernungen von uns und der damit zusammenhängenden Kleinheit der paralaktischen Winkel bis zu gegenwärtigem Augenblicke kaum die Hoffnung zu solchen Messungen und Bestimmungen darboten. —





Příloha 3.2: Pamětní desky Christiana Dopplera v Praze

V Praze se nachází několik pamětních desek nesoucí jméno zde zkoumaného fyzika. Pro kontrolu pravosti informací vyvěšených na deskách byly použity internetové stránky hlavního města Prahy, kde se nachází ucelený seznam pamětních desek



Deska odhalená roku 2006 na domě Dopplerova bydliště na dnešním domě s číslem popisným 798 v ulici U obecního dvora 5 Praha 1.¹⁵⁶

Na domu s číslem popisným 6 na Karlově náměstí 20 Praha 2 se nalézá druhá pamětní deska, která opět připomíná druhé místo, kde Christian Doppler žil a bádal.¹⁵⁷



¹⁵⁶ DOPPLER Christian - Na domě čp.798 U obecního dvora 5 Praha 1 Staré Město. *Pamětní desky v Praze: Průvodce po pražských pamětních deskách* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.pametni-desky-v-praze.cz/products/na-pruceli-domu-c-20-na-karlove-namesti-praha-2/>

¹⁵⁷ DOPPLER Christian - Na průčelí domu čp.6 na Karlově náměstí 20 Praha 2 Nové Město. *Pamětní desky v Praze: Průvodce po pražských pamětních deskách* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.pametni-desky-v-praze.cz/products/na-pruceli-domu-c-20-na-karlove-namesti-praha-21/>

Příloha 3.3: Pamětní deska Christiana Dopplera v Salzburku

I v Salzburku má Christian Doppler na své rodném domě pamětní desku, která byla vytvořena ku příležitosti stého výročí narození.¹⁵⁸



¹⁵⁸ zdroj obrázku: Salzburg: the sounds of music. *Notable Travels: Inspiration for Exceptional Journey* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.notabletravels.com/salzburg-the-sounds-of-music/>

Příloha 4.1: Obraz Bernarda Bolzana

Obraz Bernarda Bolzana od portrétisty Jana Vilímka¹⁵⁹.



¹⁵⁹ Jan Vilímek (1860 – 1938) byl český ilustrátor a malíř, který se zaměřoval na ztvárňování českých i zahraničních osobností.

Příloha 6: Ukázka užití Dopplerova jevu

Na prvním obrázku je ukázka radiomajáku VOR, zvaném Vožice, nacházející se v Jižních Čechách u obce Mladá Vožice.



Dále je zde ukázka jiného modelu, který se nachází v blízkosti Brna a nese tudíž i stejný název.¹⁶⁰



¹⁶⁰ Radiomajáky v ČR: Galerie. *Lktb.info* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.lktb.info/galerie/radiomajaky.htm>

