

Vč 19

O PRINCIPU DOPPLEROVĚ.

PŘEDNÁŠKA,

KTEROUŽ K OSLAVĚ STOLETÝCH NAROZENIN
K. DOPPLERA MĚL PŘI SLAVNOSTNÍ INSTAL-
LACI DNE 25. LISTOPADU 1903

REKTOR ČESKÉ UNIVERSITY K. F.

VINC. STROUHAL.



V PRAZE.

TISKEM »UNIE« V PRAZE. — NÁKLADEM VLASTNÍM.

1904.

Matematicko - fyzikální fakulta UK
Knihovna dějin přírodních věd
Malostranské náměstí č. 25
118 00 Praha 1

O PRINCIPU DOPPLEROVĚ.

PŘEDNÁŠKA, KTEROUŽ K OSLAVĚ 100LETÝCH NAROZENIN
K. DOPPLERA MĚL PŘI SLAVNOSTNÍ INSTALLACI DNE
25. LISTOPADU 1903 REKTOR ČESKÉ UNIVERZITY K. F

VINC. STROUHAL.



V PRAZE.

TISKEM »UNIE« V PRAZE. — NÁKLADEM VLASTNÍM.

1904.

V6 19

MFF KU
Knihovna DPV

168/82



Maje k významné slavnosti dnešní dle starobylého obyčeje připojiti akademickou přednášku, chci pozornost vzácného posluchačstva svého obrátiti k otázkám astro-fysikálním a líčiti pokroky astrofysiky a to zvláště ty, jež učiněny byly na základě tak zvaného principu Dopplerova. K volbě tematu tohoto vedla mne příčina aktuální. Celý vědecký svět fysikální i astronomický slaví v těchto dnech 100leté narozeniny Kristiana Dopplera, na den 29. listopadu letošního roku připadající.¹⁾

¹⁾ Kristian Doppler narodil se dne 29. listopadu 1803 v Solnohradě. V mladém věku navštěvoval lyceum svého rodného města. Jeho učitelem byl tu proslulý matematik Simon Stampfer, jenž poznáv matematické nadání Dopplerovo způsobil, že týž se odebral roku 1822 na polytechnický ústav vídeňský. Ukončiv tu roku 1823 svá studia, vrátil se Doppler do svého rodného města, kdež absolvoval gymnasium soukromě. Na to stal se r. 1829 asistentem matematiky u profesora Hantschela na polytechnickém ústavu vídeňském, čímž byl uveden na dráhu akademickou. Pobyl tu 4 léta a nemaje nikde naděje na místo definitivní, byl již odhodlán odebrati se do Ameriky, když tu roku 1835 byl jmenován professorem matematiky na sta-

*

Universita česká připojujíc se k oslavě muže, o vědy fyzikální i astronomické tak zasloužilého, činí tak tím ochotněji, poněvadž Doppler — podobně jako druhdy Tycho Brahe a Kepler — v našem městě působil a zde drahnou část života svého, 12 let, jako profesor z počátku na stavovské realce, později na technice ztrávil. Zde také v pojednáních naší král. české Společnosti nauk, kteráž k oslavě svého proslu-

vovské realce v Praze. Supplouv nějaký čas zároveň vyšší matematiku na polytechnice stal se tu roku 1841 řádným professorem matematiky a praktické geometrie. Za svého pobytu v Praze, který trval od roku 1835 do roku 1847, stal se členem král. české Společnosti nauk, nejprve roku 1840 mimořádným, ale již roku 1841 řádným; roku 1846 stal se též řádným členem cis. akademie věd ve Vídni. Roku 1847 odebral se do Štávnice na c. k. hornickou akademii, kdež působil jako báňský rada a profesor fyziky a mechaniky v dobách velmi pohnutých, za revoluce uherské. Zde byl jeho assistentem dvorní rada profesor Dr. Karel rytíř Kořistka. Když roku 1848 universita pražská slavila své jubileum pětistileté, byl při této příležitosti Doppler promován doktorem filosofie honoris causa. Roku 1849 byl jmenován professorem praktické geometrie na polytechnice vídeňské a stal se tak nástupcem svého bývalého učitele, profesora S. Stampfera, jenž se odebral na odpočinek. Roku 1850 stal se ředitelem nového fyzikálního ústavu university vídeňské s povinností míti na universitě přednášky o experimentální fysice. Nedlouho však po tom byl churavostí nucen vyžádati si dovolenou; odebral se do Benátek, kdež 17. března roku 1853 podlehl plicní nemoci ve věku 49 let. V Praze žijí dosud bývalí žáci Dopplerovi; tito líčí Dopplera jako muže vysoké, štíhlé postavy, jiskrných zraků, přátelivého a vldného.

lého člena se připojuje, vyložil roku 1843,²⁾ tedy před 60 lety, svůj princip, který tudíž se víže na jméno král. hlavního města našeho. Žije mezi námi slovutný učenec český, jenž byl assistentem Dopplerovým ve Štávnici a jenž dosvědčuje, že Doppler ku Praze přilnul opravdovou náklonností a rád vždy na pobyt svůj v tomto městě vzpomínal.

Pojednáním svým rozvinul Doppler zajímavou a důležitou otázku, mající dvojí význam, a kustický a optický. Význam akustický jest jednodušší a zasahá více do fyziky; význam optický jest důležitější a obsažnější a zasahá hlavně do astrofysiky.

Přihlédněmež především k významu akustickému. Mějmež znějící těleso, na př. ladičku. Výška tonu jest stanovena kmitočtem ladičky, tudíž objektivně. Ladička způsobuje vlny zvukové ve vzduchu, jichž působením ton slyšíme; jeho výška jest podmíněna počtem nárazů vln zvukových na bubínek ucha našeho, tudíž subjektivně. Oba tony, jak zkrátka pravíme, objektivní a subjektivní, bývají zpravidla identické, totiž tehda, když odlehlost znějícího tělesa a pozorovatele zůstává nezměněnou. V obyčejných případech bývá podmínka tato splněna. Když však buď pozorovatel nebo zdroj tonu jest v pohybu, nemění se tím sice výška tonu objektivního,

²⁾ To jest rok publikace; pojednání bylo čteno ve schůzi Společnosti dne 25. května 1842.

totiž kmitočet, ale mění se výška tonu subjektivního, totiž počet nárazů vln zvukových na bubínek ušní; slyšíme ton jiný, než kdyby onoho pohybu nebylo. Pohybuje-li se pozorovatel vlnám zvukovým vstříc, zvýší se v jednotce času počet nárazů vln těch na bubínek ušní podobně jako se zvýší počet nárazů vln vodních na loďku, jež pluje vlnám vstříc. Když naopak zdroj zvukový se pohybuje k pozorovateli, stávají se vlny ve smyslu pohybu jakoby hustšími, sraženějšími, čímž se počet nárazů na bubínek ušní opět zvýší. V obou případech slyšíme tedy ton vyšší; v případech pak analogicky opačných ovšem ton nižší.

Co však v akustice jest výškou tonu, jest v optice barvou. Vlny vzduchové jsou analogické s aetherovými. Jako mluvíme o tonech hudebních, tak lze mluvit i o tonech barevných. Spektrum, obsahující serii barev od červené k fialové, jest jako řada tonů od základního až k vyšší oktávě. Změní se tudíž i ton barevný pohybem buď světelného zdroje nebo pozorovatele.

Tyto výklady Dopplerovy překvapovaly svou novotou. Dosud zajisté zdálo se býti samozřejmým, že výška tonu nebo kvalita barvy jest i objektivně takovou, jak ji subjektivně pozorujeme, že jest zde identita. Jako vždy bývá, našli se nadšení obdivovatelé nových myšlenek, jako byl na př. slavný Bolzano, ale i rozhodní odpůrcové. Vznikly diskusse, polemiky, z nichž konečně Doppler aspoň v části

akustické vyšel jako vítěz, když i pokusy správnost jeho výkladů byla dokázána. Při malé poměrně rychlosti zvuku bylo totiž možno pokusy akustické konati na železnicích. Tak experimentovali 1845 Buys Ballot na drahách nizozemských, 1849 Montigny na drahách belgických a John Scott Russell na anglických, v novější pak době 1876 Heřman Karel Vogel, nyní ředitel astrofysikální observatoře v Postupimi, na drahách německých. Velmi dobře může každý, kdo na věc obrátí svou pozornost, při jízdě na vlaku sám správnost věci zjisti. Zazní-li signal lokomotivy vlaku rychle jedoucího, slyší cestující ve vagonu ton určité výšky; řidič vlaku dá však signal na př. před vjezdem do tunelu, od brány pak tunelu odrážejí se vlny zvukové, jimž pak vlak jede vstříc; proto ozvěna jest vyšší než ton původní. Kdyby vlak takový jel vedle hostinské zahrady, v níž kapela hraje hudební kus nějaký na př. v tonině C-dur, slyšeli by cestující při rychlosti vlaku 20 metrů za sekundu kus ten v tonině Cis-dur, když se vlak zahradě blíží, ale hned na to v tonině H-dur, když vlak přešel a od zahrady se vzdaluje, tak že by rozdíl v toninách činil celý ton.³⁾

³⁾ Značí-li N výšku tonu objektivní, N' subjektivní, v rychlost šíření se zvuku ve vzduchu, a rychlost pohybu zdroje tonu, b rychlost pohybu pozorovatele a to na přímce zdroj a pozorovatele spojující (v optice »přímka zorná«), jest všeobecně intervall N'/N obou tonů dán výrazem

Byla-li správnost principu Dopplerova ve smyslu akustickém nade vši pochybnost postavena, vznikly záhy obtíže a pochybnosti při aplikaci optické. Rychlost světla jest velmi veliká; činí okrouhle 300.000 km/sec ; proti ní mizejí obyčejné rychlosti terrestrické úplně. Změnu barvy pohybem lze tudíž očekávati jen při rychlostech velmi velikých, jakými jsou rychlosti kosmické, tedy při pohybech hvězd v prostorách světových. Doppler poukázal na zjev, který každého pozorovatele oblohy nebeské upoutá a k přemýšlení nabádá. Veliká většina hvězd září světlem bílým, jako na př. krásné hvězdy oblohy naší Sirius a Vega. Jsou však některé, jako Arctur, Aldebaran, jež září světlem červeným, jiné, jako Capella, světlem žlutavým. To jsou hvězdy jednotlivé. Vedle takových jsou však na obloze nebeské hvězdy podvojně, dvojhvězdy, u nichž zbar-

$$\frac{N_1}{N} = \frac{v - a}{v - b}$$

Při tom dlužno a i b v souhlasném směru počítati za pozitivní. Rychlost zvuku v lze pro obyčejné poměry tepelné klásti 340 m/sec . V uvedeném příkladě jest $a = 0$, b pak jednou $+20 \text{ m/sec}$, čímž ton N se zvýší na N_1 , po druhé -20 m/sec , čímž ton N se sníží na N_2 . Tudíž jest

$$\frac{N_1}{N} = \frac{340}{340 - 20}, \quad \frac{N_2}{N} = \frac{340}{340 + 20}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{340 + 20}{340 - 20} = \frac{360}{320} = \frac{9}{8}$$

což jest intervall velkého celého tonu.

vení bývá časté, a to v barvách rozmanitějších. Často pozoruje se též, že barva hvězd během času se mění. Doppler pojnal myšlenku, že by barvy tyto mohly býti jen zdánlivé, vznikající pohybem hvězd. Jsa si toho vědom, že světlo hvězd takových jest složené, domníval se, že jednotlivé barvy v tomto celku obsažené se pohybem mění, čímž celek, jenž by jinak dával světlo bílé, doznává zabarvení. Proto dal též pojednání svému⁴⁾ název: »O barevném světle dvojhvězd a některých jiných hvězd nebeských« a praví na konci tohoto pojednání, že — ačli jeho úvaha jest správnou — astronomové v budoucnosti nikoli daleké budou moci na základě tom určovati pohyby i vzdálenosti hvězd i takových, jež pro nesmírně malou parallaxu přímému určení se vymykají.

Proročká slova tato se vskutku vyplnila, ale nikoli proto, že úvahy jeho byly správné, nýbrž přes to, že byly pochybené. Vskutku dedukce optické, jež Doppler ze svého principu činil, nebyly správné. Doppler se domníval, že všechny hvězdy září světlem bílým, že však světlo toto se nám jeví býti barevným, když se hvězdy dostatečnou rychlostí od nás nebo k nám, tudíž v zorném směru pohybují.

⁴⁾ Pojednání toto bylo nově vydáno nákladem král. české Spol. nauk v Praze, 1903, a to péčí dvor. rady prof. dra. F. J. Studničky, jenž se zvláště o oslavu 100letých narozenin Dopplerových přičiňoval, avšak bohužel se této nedočkal, skonav neočekávaně dne 21. února 1903 krátce po vydání onoho spisu.

V tom však pochybil. Jest ovšem pravda, že pohybem takovým všechny jednotlivé tony barevné, v bílém světle obsažené, se pozmění; tím však nastane ve spektru hvězdy jen pošnutí všech barev, na příklad směrem k barvám vyšším, když se hvězda k nám blíží. Následkem toho některé barvy přejdou do části ultrafialové, za to však zase jiné barvy vyjdou z části infračervené, tím celek všech tónů barevných se opět doplní, a z celku toho nemůže resultovati jiné světlo než opět bílé. Proto nesmí se k tomuto výslednému světlu přihlížeti, kteréž, jak řečeno, pohybem se měniti nemůže, nýbrž nutno přihlížeti právě k jednotlivým barvám v tomto světle bílém obsaženým, tak jak je dává rozklad spektrální. Doppler pochybil tedy nikoli v základní myšlence, ale v interpretaci, ve výkladu výsledku. Netřeba tomu se diviti. Tehda, před 60 lety, nebyla analyza spektrální na tom stupni svého rozvoje jako v dobách pozdějších.⁵⁾ Nad to byl Doppler theoretik, jenž techniky experimentální nebyl. Proto nebylo divu, že to byl experimentátor, nad jiné vynikající, totiž Hippolyte Fizeau, jenž r. 1848 pochybený výklad Dopplerův opravil, a to ve smyslu již naznačeném, totiž poukázáním na rozbor spektrální. Jeho výklady zůstaly však na-

⁵⁾ První pojednání, jež o epochálních pracích svých uveřejnili G. R. Kirchhoff a R. Bunsen, datují z roku 1860.

hodilou okolností dlouho neznámy, — Fizeau učinil své výklady v přednášce roku 1848, o níž vyšel krátký referát roku 1850, úplný však až 1870. — Nezávisle podal velmi jasnou formulaci principu Dopplerova s ohledem k aplikaci optické Arnošt Mach roku 1860. Prioritu má však Fizeau, a proto se zhusta princip zove Doppler-Fizeauův.

Spektrálním rozbohem obdržíme totiž u hvězd spektrum, v němž se vyskytují ostré tmavé čáry na jasném poli barev, podobně jako u spektra slunce čáry Fraunhoferovy. Tyto čáry vznikají absorpcí ve fotosféře hvězd, některé z nich též v atmosféře naší země; tyto zoveme tellurické, ony stellární. Poloha čar tellurických jest určitou, nezávislou na eventuálním pohybu hvězdy; tyto čáry jsou tedy jakoby indexy, od nichž lze měřiti odlehlosti čar stellárních. Pohybuje-li se hvězda, pošinou se poněkud malinko tyto čáry a pošnutí to lze měřiti. Změna rychlosti neb smyslu pohybu v zorné přímce zračí se pak v pošnutí oněch čar. Ke srovnání lze též pozorovati vedle spektra hvězdy spektrum vodíku neb železa, jehož jasné čáry odpovídají některým tmavým ve spektru hvězdy.

Téměř čtvrt století trvaly diskusse o významu principu Doppler-Fizeauově a jeho aplikaci optické, avšak scházelo jeho dovršení, scházelo potvrzení pokusem. Konečně r. 1868 mohl astronom Huggins první zdar experi-

mentální prohlásiti. Podařilo se ve spektru Siria, nejjasnější to stálice na obloze naší, zjistiti pošinutí Fraunhoferovy čáry F, a usouditi z toho pohyb hvězdy té činící 29 anglických mil za vteřinu. Prvním zdarem tímto byli povzbuzeni astronomové jiní k pozorování podobným, byl dán podnět ke zdokonalování experimentálních prostředků, byl inaugurován na hvězdárnách, jako na př. Greenwichské, nový směr prací, jenom předmětem tím se zabývajících. Z astronomů, jichž jména v prvních těchto dobách — kdy šlo o inauguraci práce — dlužno jmenovati, vyniká Secchi, Lockyer a zejména Heřman Vogel, nynější proslulý ředitel astrofyzikální observatoře v Postupimi.

Vzhledem k pochybnostem o spolehlivosti výsledků konány i pozorování kontrolní. Secchi a po něm Heřman Vogel (1871) pozorovali oba kraje slunce, východní i západní, kde slunce následkem své rotace na jednom kraji jde nám vstříc, na druhém od nás uniká, a konstatovali pošinutí čar, z něhož bylo lze i rychlost oněch pohybů a tudíž i dobu rotace stanoviti: tato doba souhlasila dobře s dobou rotace, kterou lze pozorováním skvrn slunečních odvoditi. Také tyto skvrny a v sousedství jich ležící pochodně jakož i zejména protuberance sluneční byly předmětem pozorování spektroskopických. Čáry jevily se tu nikoli přímé, nýbrž všelijak zakřivené, jakoby skroucené, na důkaz prudkých a vířivých pohybů, jež na místech těch na slunci vznikají. Roku 1882

objevila se stkvělá vlasatice,⁶⁾ po té, jež byla roku 1858 (Donatiho) nejstkvělejší. Také tato byla spektroskopicky pozorována a zjištěn pohyb, který se dobře shodoval s pohybem astronomickými methodami stanoveným.

Toto stadium pozorování spektroskopických nebo lépe řečeno spektrometrických trvalo 20 let. Práce v období tomto vykonané byly namáhavé, obtížné, při tom přece jen málo přesné. Jestliť zajisté pozorování subjektivní, okem lidským, spojeno s nesnázeami velikými. Avšak přes to dlužno práce tohoto období ceniti vysoko, ač měly povahu jen prací přípravných, orientujících. Nové období počíná as roku 1888. Šťastnou myšlenku měl H. K. Vogel, jehož jméno bylo již uvedeno, upotřebiti totiž k rozboru spektrálnímu metody fotografické, t. j. spektrum hvězdy fixovati fotograficky, tudíž objektivně, a pak toto spektrum dodatečně proměřiti. Tím způsobem bylo ono 20leté období pozorování spektrometrických nahrazeno obdobím novým, pozorování spektrografických. Příslušná spektra hvězd se občas fotografují, fotogramm tento se pak mikrometricky zkoumá, aby se případné pošinutí čar ve spektru zjišťilo. Jest patrné, že touto methodou aplikace principu Dopplerova dostoupila v astrofysice

⁶⁾ Objevená počátkem září na jižní polokouli; zajímavá též tím, že bylo lze její pochod před sluncem pozorovati, což jest úkaz velice vzácný.

svého vrcholu. Fotogramm spektra fixuje stav pohybu hvězdy v určité době a to způsobem zcela objektivním, bez spolupůsobení pozorovatele. Tomuto zbývá jen fotogramm proměřiti, což učiniti lze kdykoli a kontrolovati kýmkoli, tak že jest jistota výsledku zaručena co nejlépe. Že přesnost výsledku závisí na dokonalosti dalekohledu jakož i přístrojů spektroskopických a spektrografických, rozumí se samo sebou; právě důležitost principu vedla naopak k všemožnému zdokonalení příslušných přístrojů jakož i prostředků pozorovacích.

Velikého pokroku, jaký objektivní metodou spektrografickou byl učiněn, použito především ke kontrole výsledků dřívějších, nalezených subjektivní metodou spektrometrickou, ale pak ovšem k badání novému, v mnohých směrech soustavnému. Buďtež zde uvedeny jen některé příklady. Tak pozorovány známé kruhy Saturnovy (Keeler, Deslandres, Bielopolski 1895) a shledáno, že kruh vnější se otáčí kolem centrálního tělesa rychlostí o 5 km/sec menší než kruh vnitřní. Výsledkem tímto získala tak zvaná hypotéza meteorická (Maxwell a Hirn), dle níž kruhy jsou shlukem jednotlivých meteoritů kolem centrálního tělesa kroužících. Jest pak nutným důsledkem zákonů Keplerových, že meteority od centrálního tělesa odlehlejší obíhají rychlostí menší než meteority jemu bližší, právě tak, jako obíhají planety kolem slunce rychlostí tím menší, čím jsou od slunce vzdálenější.

Četné práce (Deslandres v Paříži a Bielopolski 1895 v Pulkově) provedeny ke studiu rotace Jupitera a dosaženo výsledků zajímavých tím, že se při diskussi resultátů jevil účinek atmosféry Jupiterovy.

Pozorováním okrajů Venuše, nejkrásnější to hvězdy naší oblohy, rozhodnuto o tom, že oběžnice tato se neotáčí kolem osy své jako luna, tak že by tam den trval několik měsíců, jak dlouho za správné pokládáno (Schiaparelli), nýbrž v době téměř 24 hodin podobně jako naše země (Bielopolski). Soustavně pozorovány četné hvězdy oblohy naší, aby se zjistilo, jakou rychlostí v přímce zorné se k nám blíží nebo od nás vzdalují,⁷⁾ jakož i aby srovnáváním

⁷⁾ Jakožto příklady zvláště značných pohybů v zorné přímce buďtež uvedeny následující (W. W. Campbell, 1901). Znamení + značí oddalování se, znamení — přibližování se hvězdy k soustavě sluneční; α jest rektascence, δ deklinace hvězdy.

ϵ Andromedae	($\alpha = 0^h 33^m$, $\delta = +28^\circ 46'$)	-83.7 km/sec
ρ Cassiopejæ	($\alpha = 1 \quad 0$, $\delta = +5 \quad 20$)	$-97.5 \quad >$
δ Leporis	($\alpha = 5 \quad 47$, $\delta = -20 \quad 54$)	$+95 \quad >$
Θ Canis majoris	($\alpha = 6 \quad 50$, $\delta = -11 \quad 55$)	$+96 \quad >$
ι Pegasi	($\alpha = 21 \quad 17$, $\delta = +19 \quad 23$)	$-76 \quad >$
μ Sagittarii	($\alpha = 18 \quad 8$, $\delta = -21 \quad 5$)	$-75 \quad >$

Je-li u některé hvězdy takové známa parallaxa a vlastní pohyb, pak lze ke komponentě pohybu v přímce zorné počítati též komponentu k ní kolmou. Tak jest na př. u hvězdy ρ Cassiopejæ parallaxa $0.275''$ (Jacoby), vlastní pohyb roční $3.75''$ za rok, z čehož se vypočítá komponenta k zorné přímce kolmá na 66 km/sec relativně ke slunečné soustavě. Zvláště velikou rychlost v přímce zorné, totiž $+100 \text{ km/sec}$, jeví α^2 Orionis ($= \alpha 5^h 31^m$

výsledků tak zjednaných a kritickým jich zpracováním stanovena byla rychlost a směr vlastního pohybu slunce a celé soustavy sluneční. Úkoly takovými mohou se zabývat hvězdárny jen některé, jež jsou štědře dotovány a opatřeny přístroji nejdokonalejšími. Takovými jsou na př. v Evropě observatoře v Greenwichi, Paříži, Postupimi, v Pulkově; v Americe pak jest to zejména hvězdárna Lickova v Kalifornii, hvězdárna Yerkesova v místě Lake Geneva a hvězdárna v Cambridgi (naproti Bostonu).

Objev však nejkrásnější principem Dopplerovým v nejnovějších dobách učiněný jest zjištění tak zvaných spektroskopických dvojhvězd.

Obyčejné dvojhvězdy lze v dalekohledu dostatečně silněm zřetelně jakožto dvojitě viděti. Obě hvězdy jednotlivé, jež dohromady tvoří jako jednotnou soustavu obíhající kolem společného těžiště, svítí vlastním světlem a proto je oko vidí. Někdy nelze dalekohledem hvězdu jakožto dvojitou rozeznati, ale spektrální rozbor prozradí, že hvězda, ač se oku jeví jednoduchou, jest přece dvojitou. Takovou jest na příklad hvězda η (4. velikosti) v souhvězdí Panny, ježto spektrum ukazuje dvojí soustavu čar, z nichž střídavě jedna se pošinouje směrem ke straně červené, druhá pak směrem ke straně fialové spektra. Jsou to tedy superponovaná

$\delta = +9^{\circ} 15'$) dle pozorování na hvězdárně Lickově (Bulletin, č. 4, květen 1903). Police hvězd zde udané jsou přibližné a vztahují se na epochu 1900.

spektra dvě, jedno poněkud jasnější než druhé, kteréž dvojitost hvězdy zřetelně označují.

Může se však státi, že jedna z obou hvězd nenáhlym ochlazením již svítiti přestala, že jest tmavou: vidíme tedy jen jednu hvězdu a přec můžeme dokázati, že tato hvězda má družici, ačkoli nám jest neviditelnou. Dokážeme to z pohybu hvězdy viditelné; pokud pak pohyb ten se děje v přímce zorné, dokážeme jej opět spektrograficky. Neboť při obíhání obou hvězd kolem společného těžiště pohybuje se hvězda viditelná v zorné přímce jednou směrem k nám, po druhé od nás; čáry spektrální ukazují pak pošinování periodicky střídavé, brzy ve směru jednom, na př. směrem ke straně fialové, brzy ve směru opačném, směrem ke straně červené spektra. Bessel ukázal již roku 1844 studiem vlastního pohybu hvězdy, že Sirius a Prokyon jsou také dvojhvězdy, mající jednu družici tmavou. Za dnů našich jest dvojhvězd takových známo velice mnoho a jsou vynikající hvězdárny světové, kde jest soustavné studium hvězd spektroskopických prací programatickou. Pozorování taková soustavně a pravidelně prováděná připouštějí též zjistiti aspoň přibližně dobu oběhu, která někdy bývá krátkou, kratší než jeden den, jindy zas činívá mnoho měsíců.

Z četných pozorování buďtež uvedeny za příklad jen některé z dob nejnovějších. V souhvězdí Orionu pozorovány hvězdy (4. velikosti), mající označení π^4 a π^5 ; extremy rychlosti

(km/sec) jsou u prvější — 2 až + 43, u druhé — 34 až + 73. V souhvězdí Andromedy pozorovány u hvězdy ν (též 4. velikosti) extremy v rychlostech — 76 až + 49.⁸⁾ Každá z hvězd zde za příklad uvedených má tedy tmavou družici, s níž tvoří spektroskopickou dvojhvězdu. Někdy lze i dobu oběhu u takové dvojhvězdy aspoň odhadnouti. Tak se u oné hvězdy π^5 Oriona odhaduje doba tato přibližně na jeden den.

Dlužno poznamenati, že počet takovýchto spektroskopických dvojhvězd jest veliký; označují se v astrofysice jakožto dvojhvězdy I., t. j. třídy I. Takové pak dvojhvězdy, jejichž spektrum jest superposicí spekter dvou, označují se jakožto dvojhvězdy II., t. j. třídy II. Počet těchto není značný, ale ovšem jejich studium jest zajímavější, přesnější a v důsledcích svých též významnější. Přesnost měření jest ovšem podmíněna ostroťmi čar. Některé z dvojhvězd spektroskopických v této příčině zvláště vynikají.⁹⁾

⁸⁾ Rektascence α a deklinace δ hvězd těchto jest:

π^4 Orionis	$\alpha = 4^h 46^m$,	$\delta = + 5^\circ 26'$
π^5 »	$\alpha = 4 49$	$\delta = + 2 17$
ν Andromedae	$\alpha = 0 44$	$\delta = + 40 32$.

(Bulletin hvězd. Lickovy, duben a květen 1903.) Posice jsou přibližné a vztahují se na epochu 1900.

⁹⁾ Tak na př. δ Ceti, $\alpha = 4^h 31^m$, $\delta = - 0^\circ 6'$, velikosti 4.1. Spektrum obsahuje četné čáry kyslíkové, některé heliové, vodíkové, křemíkové a hořčíkové. Změna rychlosti + 6 až + 16 km/sec není značná, ale ostroťmi čar přece zabezpečená.

Při stkvělém tomto úspěchu principu Dopplerova nepřestává však přísná kritika vědecká zkoumati jeho spolehlivost a pátrati po tom, zdali smíme dle metody, kterou princip ten předpisuje, vždy nepochybné očekávati výsledky. V skutku tomu tak není. Experimentálními pracemi (W. J. Humphrey a J. F. Mohler na Hopkinsově univ. 1897) se dokázalo, že posunutí čar ve spektru mohou způsobiti také abnormální poměry tlakové ve fotosféře, jaké nastávají při prudkých erupcích, u hvězd nových a j. Z celého však výkladu, z něhož veliký význam principu Dopplerova nade vši pochybnost vynikl, poznáváme, jak neúnavně badavý duch lidský vždy hloub vniká do tajů prostoru světového a jak i tam, kde smysly naše nestačí, kde přímé vidění přestává, podrobným a jemným studiem spektrálním poznání své doplňuje a rozšiřuje.