

Stuart Clark

# Hledání druhé Země

Podivuhodná historie  
pátrání po vzdálené planetě  
podobné té naší

VYŠEHRA D

Obrázek na obálce:  
Umělecké ztvárnění povrchu na exoplanetě  
TRAPPIST-1f v souhvězdí Vodnáře  
(Jet Propulsion Laboratory, California Institute  
of Technology, <http://www.spitzer.caltech.edu>).

Stuart Clark  
The Search for Earth's Twin  
First published by Quercus Editions Limited in 2016

Copyright © Stuart Clark 2016  
Translation © Jiří Langer 2017  
Epilogue © Petr Škoda 2017

ISBN 978-80-7429-907-0

## Obsah

1. Dokáže-li to příroda, dokážeš to také 9
2. Nemožné planety 26
3. Naleziště planet 42
4. Sny o pozorování z vesmíru 56
5. Divoké soupeření 72
6. Podivné nové světy 95
7. Rozděl, a buď opanován 111
8. Boj o titulní stránky 134
9. Pohroma 150
10. Konec začátku 167

Poděkování 179

Doslov 181

Poznámky 197

Slovníček zkratk 200

Rejstřík 202

# Divoké soupeření

Astronom Steven Vogt z Kalifornské univerzity v Santa Cruz vzpomíná, že když viděl údaje o 51 Peg b a když pak přišly další rané objevy planet, přes jejich závažnost si říkal, že cílem nemůže být jen hledání horkých Jupiterů, nýbrž nalezení planet podobných Zemi. Věděl, že takový úkol je velice obtížný, na samé hranici možností. Žádalo si to spektroskopy alespoň desetkrát citlivější než ty, jež byly k dispozici.

To věděl i Geoff Marcy. Vogt byl jeho školitelem, když Geoff pracoval na své doktorské práci. Oba zůstali i později ve styku a oba prováděli měření na Lickově observatoři. Vogt sestrojil spektroskop zvaný Hamilton, který Marcy užíval při práci na své tezi a později jej využíval Butler k hledání exoplanet. Již dlouho před objevem 51 Peg b si mu Marcy stěžoval, že Hamilton není dost precizní na to, co opravdu chtěl dělat: najít neznámé Země. Vogt souhlasil, ale nemohl doopravdy pomoci. Věděl sice přesně, jak by se citlivost spektrometru dala zvýšit, ale na Lickově observatoři chyběla jak potřebná technika, tak potřebné finanční prostředky. A kromě toho byl v té době zcela zaměstnán přípravami na stavbu nového spektrometru pro mohutnou Keckovu observatoř, která byla krátce předtím otevřena na Havaji.

Pohled na Keckovu observatoř je skutečně působivý. Je umístěna na vrcholu spícího havajského vulkánu Mauna Kea a tvoří ji dvě kupole s teleskopy, jež mají zrcadla o průměru 10 metrů. V devadesátých letech minulého století, kdy se teleskopy budovaly, nebylo možné udělat taková zrcadla z jednoho kusu skla, a tak každé z obou obřích očí sestává z 36 do sebe zapadajících

zrcadlových šestiúhelníkových segmentů, jejichž přesné uložení lze řídit počítačem. Oba zářivě bílé dómy, jež teleskopy skrývají, dosahují výšky osmipatrové budovy.

Náklady na teleskopy nesla Keckova nadace, dobročinná organizace založená v roce 1954 ropným magnátem Williamem Myronem Keckem. Jeho přáním bylo, aby nadace podporovala vědecké i jiné projekty, jež by přinášely lidstvu prospěch. V devadesátých letech byla dvojice teleskopů pracujících vedle sebe jedním z největších přání astronomů.

První z teleskopů začal vědecká pozorování v roce 1993 a celá dvojice začala pracovat v roce 1996. Projekt se realizoval pod vedením Kalifornské univerzity, proto se v něm angažoval Vogt a CalTech, Kalifornský technický institut. Vogtovým úkolem bylo navrhnout a postavit prvotřídní spektroskop, který by pracoval ve spojení s prvotřídním dalekohledem, kterým disponovala Keckova observatoř. Spektrometr dostal označení HIREs (High Resolution Echelle Spectrometer, ešeletový spektrometr s vysokým rozlišením). Spektrometr byl navržen tak, aby se dal užít ve všech odvětvích astronomie, Vogt si ale uvědomil, že by mohl být i účinným zařízením pro lov planet.

Pro Marcyho to byla dobrá i špatná zpráva. Práce na malé univerzitě mu poskytovala určité pohodlí a příjemné pracovní podmínky, nyní se však objevily nevýhody tohoto postavení. Teď by opravdu potřeboval pozorovací čas u spektrometru HIREs na Keckově observatoři. Jenže k jeho získání bylo nutné být profesorem na Kalifornské univerzitě.

Naštěstí mu přišel na pomoc Vogt. On profesorem Kalifornské univerzity byl a tak učinil Marcymu a Butlerovi nabídku, aby své síly spojili. Jestliže Marcy a Butler postaví jódovou buňku, která dovolí fungování jejich detekčního softwaru, Vogt toto zařízení připojí k HIREsu. To by okamžitě umožnilo měřit rychlosti hvězd s přesností jen několika málo metrů za sekundu. Sice to ještě nestačilo na hledání Zemi podobných planet, rozměry Keckova dalekohledu však dovolovaly sledovat méně jasné a vzdálenější hvězdy, než bylo až dosud možné. Vogt obětoval hledání planet

svůj veškerý pozorovací čas na Keckově teleskopu. I když spolupracoval na řadě dalších astronomických projektů, jež by mohly mít z pozorování na desetimetrovém dalekohledu prospěch, uvědomil si, že osud mu poskytl perfektní místo k nalézání planet. Mohl snad neudělat vše, co bylo v jeho silách, aby vyzvedl tento historicky významný moment v dějinách vědy? A mohli snad Marcy a Butler jeho pomoc odmítnout?

Trio se dalo okamžitě do práce a snilo o tom, že Keckovu observatoř přemění ve veliký stroj na hledání planet. Problémem bylo získat dostatek pozorovacího času. Vogt mohl dostat celkem 5 až 10 pozorovacích nocí, ale to nestačilo k započítí tak velkého lovu na planety, o jaký těm třem šlo.

A pak se všechno srovnalo. NASA uhradila šestinu výdajů na dalekohledy a stala se tak podílníkem Keckovy observatoře. A vesmírná agentura chtěla pátrat po planetách, aby napravila svou trochu pošramocenou reputaci.

V devadesátých letech byla NASA kritizována za nevyhraněnost svých cílů. Od vítězných přistání na Měsíci uplynulo už dvacet let, přesto byl obraz agentury spojován právě s nimi. V roce 1989 při příležitosti dvacátého výročí přistání Apolla 11 na Měsíci vystoupil prezident George Bush. Hovořil na schodech Smithsonova národního muzea letectví a astronautiky, za ním seděli astronauti Neil Armstrong, Edwin „Buzz“ Aldrin a Michael Collins. Bush vyzval NASA, aby znovu rozběhla výzkum vesmíru, zejména aby vybudovala americkou vesmírnou stanici, vyslala znovu lidi na Měsíc a začala připravovat cestu na Mars. Řekl tehdy, že osudem lidstva je zkoumat a osudem Ameriky je vést.

Mělo to být znovuzrození amerických ambicí a NASA neztrácela čas a začala spřádat své plány. V listopadu téhož roku načrtla cestu k splnění prezidentovy výzvy. Stálo by to 500 miliard dolarů. Půl bilionu! Nad takovou částkou se tají dech, i když se má rozložit do několika dekád. Byl to zjevně nesplnitelný požadavek, ale k čemu by byla NASA, kdyby neměla dlouhodobý cíl?

Prezidentův projev vedl v roce 1990 k doporučení, aby agentura soustředila své úsilí na pozorování Země a okolního vesmíru.

Symbolem tohoto úsilí měl být Hubbleův vesmírný dalekohled, který byl vypuštěn v tomto roce na oběžnou dráhu. Ale už první pozorování odhalila, že přístroj za miliardu dolarů má závažnou vadu. Došlo k hroznému chybě – zrcadlo mělo špatný tvar. To byl jen jeden z ne zcela úspěšných projektů.

Také raketoplán, který přepravoval astronauty na oběžnou dráhu a zpět, neměl zatím mnoho na práci. Do roku 1992 nebyl vyneseno do vesmíru ani jeden modul ze slíbené Americké vesmírné stanice, protože byl překročen rozpočet. NASA byla v tak hluboké krizi, že nad organizací se dokonce vznášel stín smrti. Něco se muselo změnit.

Změnu přinesl Daniel Goldin. Ten začal v roce 1962 svou kariéru u NASA jako čerstvě graduovaný student, tehdy studoval tryskové pohony pro vesmírné lety s posádkou. Nyní na konci prezidentského období George Bushe byl jmenován administrátorem NASA, což je nejvyšší pozice v agentuře, a hned se začal zabývat plánováním dosažitelných, finančně reálných a inspirativních projektů. Především zařídil první servisní misi k Hubbleovu vesmírnému dalekohledu, která opravila jeho optické vady a umožnila tak, aby sloužil svému původnímu cíli. Dále pod vedením nově zvoleného prezidenta Billa Clintona jednal o mezinárodním partnerství se čtyřmi dalšími vesmírnými agenturami (ruským Roskosmosem, evropskou ESA, japonskou JAXA a kanadskou CSA) o proměně Americké vesmírné stanice v Mezinárodní vesmírnou stanici (International Space Station, ISS), která pracuje dodnes. Konečně chtěl něco, co by jediným úžas budícím obrázkem symbolizovalo NASA. Něco, jako byla fotografie „vycházející Země“, která tuto úlohu plnila během šedesátých a sedmdesátých let.

Tento proslulý snímek byl pořízen na Štědrý večer 1968 z modulu Apollo 8 s lidskou posádkou, kterou tvořili astronauti Frank Borman, Jim Lovell a William Anders. První lidé, kteří se dostali tak daleko do vesmíru, právě počtvrté obléтали Měsíc. Anders fotografoval povrch plný kráterů ruční kamerou.

„No, tak se do toho dáme“, právě oznamoval Borman začátek rutinního manévru. Palubní magnetofony zachytily bafnutí rakety,

bylo to jako náhlý povzdech, a kabina se začala pomalu otáčet. V tu chvíli Anders zvolal: „Proboha, podívejte se támhle!“ Jen chvílku předtím přemýšlel, zda nějaký impaktní kráter na měsíčním povrchu není ve skutečnosti vulkanického původu, když po otočení kabiny otevřelo mnohem úžasnější pohled.

Hlasem plným vzrušení řekl: „Támhle vychází Země“. Nad stříbrný okraj Měsíce se právě vyhoupla modrá planeta Země. Vzdálenost způsobila, že vypadala jako křehká koule. I když v té době byla domovem 3,5 miliardy lidí, astronauti ji mohli zastínit pouhým palcem. „To je nádhera,“ zvolal Anders a pozvedl kameru, aby ten okamžik zachytil.

„Nefoť to, není to schválené!“ žertoval Borman. Anders udělal černobílou fotku a pak zavolal na Lovella, aby mu podal kazetu s barevným filmem. Vložil ji do aparátu a pořídil ikonický snímek: východ Země. Tento obrázek je dodnes populárním symbolem zkoumání vesmíru, prodává se na plakátech, hrnečkích i tričkách. Reprezentuje rané úspěchy NASA; fakt, že jej do devadesátých let nevytlačilo nic jiného, je i vizitkou určité stagnace této agentury.

Goldin toužil po nějakém novém snímku, který by reprezentoval současné aktivity NASA a budil podobné emoce, jako „východ Země“. Objev exoplanet a zájem veřejnosti mu vnukl výborný nápad. Chtěl obrázek dvojčete Země. Nikdo nevěděl, kde se to dvojče nachází, ani zda vůbec existuje. Jak se ale objevovaly další a další exoplanety, většina astronomů byla přesvědčena, že je jen otázkou času, kdy se objeví i dvojče Země. A Goldin si přál, aby jeho snímek pořídila NASA. Nejdříve se ale musela druhá Země najít a tehdy se zdálo, že Keckův dalekohled může mít úspěch.

Jakmile NASA zakoupila svůj podíl na Keckově teleskopu, předložili Marcy, Butler a Vogt neprodleně svůj projekt. Měli vše připravené, jejich technika byla vyzkoušená a hardware připraven. NASA souhlasila a poskytla jim pozorovací čas. S Vogtovými pěti až deseti nocemi mohli pozorovat dvacet až třicet nocí za rok. To pro koordinované pátrání po planetách stačilo. A situace se ještě zlepšila. Aby Vogt mohl postavit spektrometr HIRES

pro Keckovu observatoř, jeho laboratoř v Santa Cruz byla vyba-  
vena těmi nejmodernějšími optickými přístroji.

Omezujícím faktorem v Hamiltonově spektrometru na Lic-  
kově observatoři byla „korekční destička“. V Hamiltonu byla  
ve všech směrech stejně zakřivena, a to byl její nedostatek, pro-  
tože optické dráhy procházející různými částmi čočky potřebo-  
valy korekci různé úrovně. Vogt teď mohl užít nového zařízení  
pro HIRES, aby přestavěl optiku spektrometru, včetně složitěji  
řešené korekční destičky.

S novou čočkou mohl tým měřit rychlost větší než tři metry  
za sekundu, což byla trojnásobně vyšší přesnost než původně  
a téměř dosahovala hodnot Keckova teleskopu. Seznam sledo-  
vatelných hvězd nyní zahrnoval 500 až 1000 cílů. Pak nastalo  
desetiletí mimořádných úspěchů, kdy odhalovali stále více pla-  
net. V roce 1999 Marcy konečně opustil Státní univerzitu v San  
Francisku a stal se profesorem astronomie na univerzitě Berke-  
ley. Tím se i pro něj otevřela možnost získat čas na Keckově tele-  
skopu a program se opět rozšířil.

S velkým počtem pozorovacích nocí rozdělených po celém  
roce se stali pravidelnými návštěvníky Havaje. V prvních letech  
výzkumu museli jezdit na vrchol spícího vulkánu po krouťící se  
škvárové cestě a vystoupat více než čtyři kilometry k nebi. Zde  
trávili při hledání planet dlouhé noci pár metrů od obřích tele-  
skopů. V této nadmořské výšce citelně znesnadňuje pobyt řídký  
vzduch. Později se obří monstra dala řídit na dálku z města Wai-  
mea, které leží při mořské hladině, což astronomy zbavilo nut-  
nosti potýkat se s velkou nadmořskou výškou. Vogt na tato léta  
vzpomíná jako na vrchol své kariéry. S Marcym a Butlerem rád  
pracoval a dělal práci historického významu se spektrometry  
HIRES a Hamilton, jež sám sestrojil. Pro astronoma nemůže být  
nic lepšího.

Nebyli to však jen Marcy, Butler a Vogt, kteří si uvědomili,  
že tím pravým cílem je objevování menších a menších planety.  
Na hranice technických možností mířili i Mayor a Queloz. Krátce  
po objevu první exoplanety 51 Peg b byla dvojice švýcarských

lovců planet požádána, aby postavila druhou verzi průkopnického spektroskopu ELODIE, který by pracoval na 3,6metrovém teleskopu, který vlastní ESO (European Southern Observatory, Evropská jižní observatoř). Je umístěna na hoře La Silla v jižní části pouště Atacama asi 600 kilometrů od chilského hlavního města Santiaga; zde vybuďovala ESO svou první observatoř.

Nový spektrometr nazvali Mayor a Queloz CORALIE a hned začali s pozorováním. Jejich tým se rozrostl o nové postgraduální studenty a další spolupracovníky a do konce roku 2000 našli 18 nových planet. Jedna z nich s katalogovým označením HD 168746 b, jež pravděpodobně měla hmotnost menší než Saturn, byla zajímavá. Zatímco hmotnost Jupitera je 318krát větší než hmotnost Země, u Saturna je to pouze 95násobek. Tato hranice byla vnímána jako mezník, i když ke světu s rozměry Země byla ještě dlouhá cesta. Švýcaři úspěšně pracovali na CORALIE, zároveň však uvažovali o jeho nahrazení spektrometrem HARPS (High Accuracy Radial-velocity Planetary Search Spectrometer, spektrometr k hledání planet pomocí radiálních rychlostí s vysokou přesností). Stavba spektrometrů ELODIE a CORALIE byla pro ně v jistém smyslu cvičením v umění kompromisu. Po celou dobu tým věděl, co by se dalo vylepšit, kdyby měli více času a peněz. A nyní měli možnost postavit přístroj svých snů, protože ESO nabídla financování toho nejpřesnějšího spektrometru pro hledání planet, který se jen dá postavit.

Hlavním badatelem byl Mayor, Queloz se staral především o vědeckou stránku projektu a v inženýrské sestavě byl vedoucí osobností Francesco Pepe, čerstvý rekrut z Ženevské univerzity. Queloz se právě vrátil do Ženevy po dvouletém pobytu v Jet Propulsion Laboratory v kalifornské Pasadeně. Tamější vědci se chtěli od něho naučit něco o hledání planet a on se zase chtěl dozvědět, jak funguje taková velká, dobře financovaná vesmírná laboratoř. Na projektu HARPS začali s Pepem pracovat koncem roku 1999, jejich prvním společným podnikem bylo to, co Queloz nazývá „mise snů“. Požádal Mayora o dva týdny pozorovacího času na CORALIE a s Pepem intenzivně pracovali se

spektrometrem, aby si plně uvědomili, co lze ještě vylepšit. Dva týdny pozorovacího času je poměrně značná investice, když uvážíme, kolik dalších astronomů se chce k teleskopu dostat, ale zdálo se, že by se mohla vyplatit. A opravdu se vyplatila. Když se Queoz a Pepe vrátili, věděli přesně, co chtějí udělat. HARPS byl dokončen v roce 2003. Jeho počáteční citlivost byla 1 metr za sekundu a stále zůstává nejpřesnějším přístrojem na lov planet.

V NASA nadšení pro exoplanety neznalo mezí. Goldin věděl, že k objevu dvojčete Země nedojde přes noc. Ve skutečnosti sázel na to, že to zabere řadu let a vyhovovalo mu to – hledání, konečné objevení a následné zkoumání dvojčete Země byla výprava za pravdou s jasným cílem, jež přitahovala veřejný zájem, a proto mohla agentuře zvýšit popularitu. Dal dohromady pracovní skupinu vědců, která měla sledovat, které projekty už v NASA běží a které jsou v plánu. Chtěl vědět, čím by mohly jiné projekty hledání dvojčete prospět a jaké nové mise bude třeba uskutečnit, až se planeta najde a půjde o to ji vyfotografovat.

Nejdříve se ale astronomové museli rozhodnout, co se má pokládat za dvojče Země. Z jednoho hlediska to bylo snadné, definice však mohla být až příliš zjednodušující: bude to kamenná planeta velikosti Země obíhající po dráze o poloměru rovném jedné astronomické jednotce (AU) kolem hvězdy podobné Slunci. Jenže co se rozumí hvězdou podobnou Slunci?

Na úsvitu 20. století ukázala skupina nadšených astronomek, že Slunce není tak běžnou hvězdou, jak bychom si mohli myslet. Tyto ženy jsou v dějinách astronomie označovány jako „harvardské výpočtářky“. Na Harvardově observatoři v Massachusetts byly zaměstnány k provádění numerických výpočtů a dalších pomocných prací a jejich úkolem bylo sestavovat katalog hvězd podle jejich spekter.

Jak jsme již uváděli, na počátku 18. století objevili Wollaston a Fraunhofer, že sluneční spektrum vykazuje řadu tenkých čar, jež souvisejí s chemickým složením Slunce. Tým na Harvardu sestavoval katalog hvězd podle temných čar v jejich spektru a záhy si všiml, že některé hvězdy mají spektrum podobné spektru Slunce,

jiné však vykazují jenné rozdíly, jež jsou u některých i dosti podstatné. Týmu výpočtářek se podařilo nalézt nový způsob, jak klasifikovat hvězdy podle jiného kritéria než pomocí antické magnitudy. V jejich čele stála Williamina Flemingová, skotská emigrantka, jež byla původně zaměstnána jako služebná u ředitele hvězdárny Edwarda Pickeringa. Vypráví se, že když nebyl spokojen s výkonem nějakého svého asistenta, hřímal: „Moje služebná by to dovedla líp!“

A to byla určitě pravda. V roce 1890 připravila publikaci Draperova katalogu stelárních spekter, nazvaného podle bostonského lékaře a amatérského astronoma, jehož odkaz jí výzkum umožnil. Katalog obsahoval 10 351 hvězd, které Flemingová rozdělila do šestnácti kategorií, označených písmeny od A do Q. Rozdělení do skupin se řídilo uspořádáním a silou spektrálních čar. Například hvězdy s výraznými vodíkovými čarami patřily do kategorií A až D.

Pak se práce ujala jiná harvardská výpočtářka. Annie Jump Cannonová byla neslyšící učitelka fyziky s mimořádnou schopností koncentrace. Měla k dispozici lepší data, což vedlo k upřesnění rozdílů ve spektrech a zjednodušení klasifikace. Znovu uspořádala jednotlivé kategorie a v jejím schématu řada kategorií Flemingové zmizela. V roce 1912 už se svým týmem za měsíc zařadila kolem 5000 hvězd. Předložila posloupnost, jež se užívá dodnes: O, B, A, F, G, K, M. Dokonce navrhla i mnemotechnickou pomůcku, jak si tuto posloupnost pamatovat „Oh Be A Fine Guy/Girl Kiss Me!“ („Ó, buď hodný chlapec/dívka, a polib mne“\*). Dnes víme, že posloupnost spekter odráží teplotu pozorované hvězdy. Nejžhavější jsou hvězdy typu O, jejich povrch dosahuje teploty 25 000 stupňů Celsia, zatímco u hvězd typu M je to jen 2000 stupňů. Co se týče Slunce, je to hvězda typu G s povrchovou teplotou asi 6000 stupňů Celsia. Lepší přístroje umožnily jemnější rozlišení, takže dneska za klasifikací písmenem následuje ještě číslo od 1 do 9. Na této stupnici je Slunce hvězdou typu G2.

---

\* Volný, astronomy užívaný převod do češtiny je „Olda Bude Asi Fňukat, Gustave, Kup Mu“. Pozn. překl.

Je zřejmé, že teplota hvězdy je parametr, který určuje, jak blízko může planeta obíhat, aby byla ještě obyvatelná. Tedy za podobnou Zemi nemůžeme prohlásit planetu, která sice má její velikost, ale obíhá kolem hvězdy typu O nebo M. V prvním případě by na ní bylo příliš horko, ve druhém příliš zima. Dvojče by mělo obíhat kolem hvězdy třídy G, nejlépe třídy G2.

Astronomové připouštějí, že v poloměru dráhy lze připustit určitou volnost. Hovoří se o zóně Zlatovlásky (podle známé pohádky, jak holčička vybírá v medvědím domečku jídlo, které není ani moc horké, ani moc studené). Na obyvatelné planetě musí být taková teplota, aby mohla existovat tekutá voda ve velkém množství na planetárním povrchu podobném pozemskému. V naší sluneční soustavě by se obyvatelná zóna rozprostírala mezi 0,75 AU a 1,5 AU, to znamená zhruba mezi drahami Venuše a Marsu. Země se tedy nachází přibližně v jejím středu.

Na základě těchto úvah lze tedy pokládat za dvojče Země planetu její velikosti, která obíhá hvězdu typu G na dráze o poloměru asi 1 AU. Na základě této definice našla Goldinova studijní skupina v NASA elegantní jednotící princip, který se dá aplikovat na značnou část úsilí agentury. Jde o hledání našeho vesmírného původu. V dokumentu, který byl v roce 1990 vytvořen v Jet Propulsion Laboratory, jež přísluší k NASA,<sup>11</sup> jsou problémy původu popsány takto: Jak jsme se tady ocitli? Jak vznikly hvězdy a galaxie? Existují jiné planety podobné Zemi? Jsou na jiných planetách podmínky pro vznik života? Existují planety u blízkých hvězd, kde vznikla nějaká forma života? Tyto otázky zajímají lidstvo po tisíce let. Astronomové se na ně snaží odpovědět tím, že se dívají daleko do vesmíru, tedy zpět k počátkům vesmíru, anebo že se rozhlížejí v okolí domova a hledají planetární soustavy podobné té naší.

Pod problémy počátku spadají dvě ambiciózní vesmírné mise. Jednou je NGST (Next Generation Space Telescope, vesmírný teleskop nové generace), jehož cílem je hledět do těch nejvzdálenějších oblastí vesmíru a zjišťovat, jak vznikaly první hvězdy a galaxie.

Tou druhou je TPF (Terrestrial Planet Finder, hledač Zemi podobných planet), který byl zamýšlen jako soubor čtyř skromných dalekohledů, každý třetinové velikosti oproti Hubbleovu teleskopu, zasazených v 75 metrů dlouhé konstrukci. Práce na NGST už začaly, ale projekt TPF byl teprve ve fázi počátečních diskusí.

Teoreticky se zdálo, že čtyři dalekohledy TPF mohou sledovat slabé hvězdné světlo odražené atmosférou Zemi podobné planety, jehož analýza poskytne informace o této planetě. Astronomové a inženýři by asi vážali nazvat výsledná data obrazem, veřejnost však takové jemnosti nerozliší. Hrubá data z TPF budou vypadat jako světelná skvrnka v místě, kde se nachází planeta. Bylo by to něco, nač lze ukázat a říci „to je planeta podobná Zemi“. To by byl monumentální úspěch, který by jistě odstartoval ambiciózní vesmírnou misi, jež by přinesla o planetě detailnější údaje.

Vyžadovalo to nejen technickou zručnost, ale i peníze a k jejich získání byla potřeba politika. NASA je státní agentura, jež závisí na státním rozpočtu financovaném daňovými poplatníky. Administrátor NASA pracuje v ústředí agentury v hlavním městě Washingtonu jen deset minut autem od Bílého domu. Do jeho kompetence patří každoročně vyjednat s vládou finanční prostředky pro NASA. Goldin se dal do práce, aby přesvědčil lidi o významu otázky původu. Byl to závažný problém, protože NASA už pracovala na vesmírné misi, jež by mohla být předchůdkyní tohoto velikého úsilí. Tehdy vstoupil do hry americký astronom Charles Beichman.

Své univerzitní vzdělání začal v roce 1970 studiem filosofie na Harvardově univerzitě. Jeho zájem o předsokratovskou filosofii živily velké otázky, které tito myslitelé kladli o původu vesmíru, planet a života. V prvním roce studia mohl zvolat své „heuréka! – mám to!“ (na rozdíl od Archiméda ne v lázni a ne nahý), když si uvědomil, že moderní astronomie vyvíjí nástroje a techniky, které jsou potřeba ke zkoumání těch otázek, jež ho nejvíce zajímaly. Velké otázky nebyly jen předmětem filosofických spekulací, hledat odpověď na ně bylo teď možné pomocí nástrojů moderní vědy.

Začal tedy navštěvovat přednášky z astronomie a v roce 1973 skončil studia s vyznamenáním (*magna cum laude*). V té době byla na vzestupu infračervená astronomie díky novým přístrojům, které se objevily na trhu a jeho to táhlo k vesmírným misím, jež chtěly těžit z těchto nových technik.

Jako infračervené se označuje světlo s větší vlnovou délkou, než má světlo viditelné. Ač je nevidíme, přenáší určitou energii, která ohřívá předměty, na které záření dopadá. Určité záření vysílají všechny věci a u předmětů o pokojové teplotě a nižší je to především záření infračervené. Infračervené paprsky vysílají planety i vzdálené galaxie díky mladým hvězdám, které se v nich tvoří.

Beichman v NASA postupoval po kariérním žebříčku, až se stal ředitelem centra pro zpracování a analýzu infračerveného záření na Kalifornském technickém institutu (CalTech) financovaném NASA. Toto postavení přinášelo spojení s Jet Propulsion Laboratory (JPL). I tato instituce, kde vědci a technici připravují nové vesmírné mise, náleží NASA a je řízená CalTechem. Beichman byl tedy v tom nejlepším postavení, aby se ujal řízení vědecké náplně programu zkoumajícího problémy počátku, jmenovitě plánování projektu TPF. V roce 1996 pozval vědce pracující na problémech počátku do JPL, kde NASA připravovala dvě mise, jež mohly být okamžitě zahrnuty do tohoto programu.

První byl projekt SIRTf (Space Infrared Telescope Facility, vesmírný infračervený teleskop). Už byl téměř dokončen a byl to logický odrazový můstek, protože jak NGST, tak TPF měly pracovat v infračervené oblasti spektra. SIRTf byl nakonec přejmenován na Spitzer Space Telescope podle astrofyzika Lymana Spitzera ml. a byl vypuštěn v roce 2003.

Druhým předchůdcem byla navržená sonda SIM (Space Interferometry Mission, vesmírná interferometrická mise). Interferometrie je technika rozvinutá koncem 19. století založená na vzájemném překrytí dvou svazků světla. Tímto způsobem se dají měřit ty nejmenší vzdálenosti i další fyzikální charakteristiky. Jedno z prvních využití interferometrie v astronomii uskutečnil v druhé dekádě 20. století na observatoři na Mount Wilson

v Kalifornii Albert Abraham Michelson\*, nositel Nobelovy ceny za rok 1907.

Michelson pocházel z rodiny, která emigrovala do Spojených států z Polska. Během první světové války sloužil v námořnictvu. Po válce se věnoval užití svého interferometru v astronomii. Uvědomil si, že pomocí interferometru lze dosáhnout mnohem lepšího rozlišení než obyčejným teleskopem. Této techniky lze využít k měření průměru hvězd a rozlišení obou složek blízkých dvojhvězd. Aby získal dva svazky světla, použil se svým asistentem Francisem Peasem dvě malá zrcátka, která umístili na tuhou ocelovou tyč do vzdálenosti 120 palců (304,8 cm) od sebe a tuto konstrukci dal před objektiv 100 palcového (254 cm) teleskopu. Zrcátka byla skloněna pod úhlem 45 stupňů vzhledem ke spojnici teleskopu s hvězdou, takže světlo z hvězdy se na nich odráželo směrem k ose dalekohledu. Zde ale stála oběma svazkům v cestě další dvě zrcátka, jež světlo odrážela do ohniska; tam docházelo k interferenci.

Michelson a Pease dovedli k dokonalosti interferometr se 120 palcovou vzdáleností zrcátek a hned se pustili do stavby zařízení s dvojnásobnou velikostí. V roce 1920 se jim podařilo změřit průměr gigantické hvězdy Betelgeuse. Určili jej na 240 milionů mil (přibližně 386 milionů kilometrů),<sup>13</sup> což je zhruba poloměr dráhy Marsu. Obří rozměr se do značné míry shodoval s teoretickým odhadem britského astrofyzika Arthura Eddingtona. Tento úspěch se dá pokládat za počátek věku astronomické interferometrie.

V následujících desetiletích se místo malých zrcátek na jednom teleskopu začalo svádět dohromady světlo z několika různých dalekohledů. Když ESO schválilo v roce 1987 výstavbu čtyř identických teleskopů v chilské poušti Atacama, počítalo se s tím, že zde bude interferovat světlo z osmimetrových dalekohledů. Projekt získal přitažlivý název Very Large Telescope

---

\* Michelson je proslulý především experimentem, který provedl už koncem 19. století, prokazujícím nezávislost rychlosti světla na pohybu Země. Tento experiment otevřel cestu ke speciální teorii relativity, interferometrická technika, kterou zde využil, však našla řadu dalších uplatnění. Pozn. překl.

(Velmi velký dalekohled), zkráceně VLT, a jeho výstavba začala v roce 1991. Zařízení je umístěno na vrcholu hory Cerro Paranal a od jednotlivých dalekohledů jsou v podloží prorazeny tunely vedoucí do podzemní laboratoře, kde jsou světelné svazky svedeny dohromady.

Kromě čtyř velikých teleskopů jsou zde čtyři pomocné dalekohledy o průměru 1,8 metru, jejichž úkolem je přivést do interferometru ještě dodatečné světlo. Neobyčejně náročnou fází při výstavbě komplexu bylo srovnání celé optiky. To trvalo až do roku 2001. Současně s tím konstruktéři z JPL stavěli podobné zařízení v kalifornské Pasadeně, sice menší, ale sonda SIM je měla vynést do vesmíru.

Mise započala čtyřměsíční studií proveditelnosti, jež rychle vedla k uzavření dvou smluv za 200 milionů dolarů. Firmy TRW a Lockheed Martin měly přijít s životaschopným projektem, jenž by umožnil, aby sonda SIM pátrala po blízkých kamených planetách. Planety se neměly pozorovat přímo, to měl být úkol budoucích misí, nýbrž měly být odhaleny díky kmitání jejich mateřských hvězd. To bylo podobné předchozím měřením na základě metody radiálních rychlostí, jenže SIM neměla sledovat pohyb hvězdy pomocí Dopplerova jevu, nýbrž skutečně určovat změny polohy hvězdy. Ta se měla měřit s přesností, jež umožňovala skutečně vidět piruetu, kterou hvězda dělá vlivem působení přitažlivosti planety. Vypuštění sondy bylo plánováno na rok 2005.

Sonda SIM nebyla určena pouze k hledání exoplanet. Extrémně přesná interferometrická měření, jež měla provádět, byla vhodná pro řadu dalších astronomických studií, měla například pomoci s určením průměru vesmíru. Ale největší zájem měla NASA právě o exoplanety. Obzvláště zdůrazňovala, že zařízení na SIM bude mít dostatečnou citlivost, aby mohlo rozpoznat planety jen několikrát těžší než Země. Dostaly přezdívku super-Země. Protože planety objevené metodou radiálních rychlostí měly vesměs hmotnost mnohonásobně větší než Země, sonda SIM představovala obří skok v technice detektorů.

Interferometrie byla dalším důvodem, proč se NASA začala zajímat o Keckovy dalekohledy. Tyto dva identické obří teleskopy byly postaveny tak, aby se světlo z nich dalo kombinovat podobně jako na chilském VLT, a to dávalo NASA možnost vyzkoušet interferometrickou metodu na Zemi dříve, než ji bude aplikovat ve vesmíru. Kolem roku 2000 se zařízení SIM sice stále zdokonalovalo, ale pomaleji, než se očekávalo. Technika nutná k provádění interferometrie na sondě vykazovala obtíže, a tak bylo její vypuštění odloženo na rok 2009. NASA však projektu důvěřovala, sestavila vědecký tým pro tuto misi a na prvním místě seznamu byl Geoff Marcy. Jeho členové pokrývali všechny vědecké otázky, k jejichž řešení měla mise přispět. Otázky z programu hledání původu se v projektu zredukovaly na dvě: Jak jsme se tady ocitli? Jsme tu sami?<sup>14</sup> Bez explicitní zmínky o kosmologii a dalších čistě astrofyzikálních cílech mise nabývali někteří vědci dojmu, že hledání exoplanet pohlcuje neúměrné množství prostředků a ohrožuje tak tradičnější astronomický výzkum, kterým se zabývají oni. Byly to ovšem obavy, jež se omezovaly na obec profesionálních astronomů. Laická veřejnost zprávy o hledání dvojčete Země hltala, a toho si byl Goldin vědom. Nic nevadilo, že se oficiálně sdělovalo, že do pátrání po planetách pomocí TPF chybí nejméně půl druhého desetiletí a NASA teprve studuje, zda bude schopná v tomto časovém rámci potřebnou kosmickou sondu postavit; apetit veřejnosti byl neukojitelný. Prozatím Goldinův sen vycházel – NASA měla nový smělý cíl. Vyslání specializované kosmické sondy se zdálo být skvělou myšlenkou, jenže NASA byla nucená hrát si na honěnou s ESA. Za Atlantikem se totiž už zrodil obdobný návrh, který vypadal slibně. Vše zde hnal kupředu jeden muž, který stál u kormidla.

Malcolm Fridlund původně pracoval na přípravě (neuskutečněných) kosmických projektů PRISMA a STARS, o nichž jsme hovořili ve 4. kapitole, jež by mohly sloužit i k hledání exoplanet. Pak ovšem těžce onemocněl otravou krve a málem zemřel, a jeho místo v týmu zaujal Fabio Favata. Do práce se vrátil v roce 1997, v okamžiku, kdy se pod vedením Favaty předchozí

projekty transformovaly v misi Eddington. Protože teď pro Fridlunda nebylo na tomto projektu volné místo, dostal nabídku, aby zkoumal možnosti nové mise nazvané Darwin. Z počátku tím moc nadšený nebyl.

V agentuře už působil deset let, avšak žádný z projektů, na kterém pracoval, se nedostal dále než na rýsovací prkno. Aby mohl pracovat v ESA, zřekl se místa výzkumníka v Londýně, protože ho lákaly možnosti, jež se zde nabízely. Není těžké pochopit proč. Evropské výzkumné centrum pro vesmírný a technologický výzkum (ESTEC, European Space and Technology Research Centre) v holandském Noordwijku je velmi působivá instituce. Má rozlohu velké vesnice rozložené za písečnými dunami, jež ji chrání před Severním mořem. Co je ale důležitější, chcete-li být aktivním hráčem ve vědeckém průzkumu vesmíru, ESTEC je pro vás to pravé místo. Zde se rodí vesmírné mise a zde každé vesmírné plavidlo prochází zkušebními komorami, než se vydá do vesmíru.

Když Fridlundovi nabídli dočasné místo výzkumníka u ESA, okamžitě je přijal a o rok později získal i místo trvalé. Nejdříve bylo jeho úkolem studovat možnosti vědeckého výzkumu z povrchu Měsíce. Bylo to krátce po výzvě prezidenta Bushe v roce 1989 k návratu na Měsíc, a Evropa nechtěla zůstat pozadu. Fridlund měl za úkol studovat, jak by se dal použít interferometr na povrchu Měsíce.

Představa byla taková, že by rakety dopravily na Měsíc deset teleskopů, jež by pracovaly společně a jejich rozlišovací schopnost by odpovídala dalekohledu mnohem většímu. Byla by to analogie sítě radioteleskopů různých institucí rozestých po zeměkouli.

Myšlenka byla v té době příznivě přijata, zjistilo se ale, že projekt by byl technicky příliš náročný, než aby měl naději na okamžitou realizaci. Fridlund tedy dostal za úkol zkoumat možnosti menších, snadněji proveditelných projektů, byl však velmi zklamán, když ani z nich se žádný neuskutečnil.

Jádrem projektu Darwin, jemuž se teď měl věnovat, byl technicky neobyčejně náročný vesmírný interferometr, tvořený

několika vesmírnými teleskopy pohybujícími se na oběžné dráze v pevné formaci. Okamžitě si uvědomil technickou náročnost takového zařízení, a proto řekl svým nadřízeným, že nemá zájem o práci na další misi, která se nikdy nedostane dál než do stadia projektu.

Nadřízení s ním uzavřeli dohodu, že podaří-li se mu během šesti měsíců dokázat, že Darwin je neproveditelný, tak projekt ukončí a Fridlunda přesunou na nějaké plodnější úkoly. A tak se dal do hledání všech nedostatků projektu Darwin ve snaze ukázat, že záměr je neuskutečnitelný.

Projekt vznikl v roce 1993, kdy ESA žádala o návrhy projektů vesmírných misí, jež mohli podávat všichni evropští vědci. Darwin byl vlastně analogií hledače planet TPF, svého rivala z NASA však předběhl o řadu let. Aby se svým útokem neztrácel čas, Fridlund se soustředil na bod, který se mu zdál nejjasnější překážkou: úspěšná práce zařízení je možná jen tehdy, jestliže bude vyneseno někam do vzdálenosti Jupitera. Proč?

Díváte-li se nějakou dobu na jasnou tmavou oblohu, dříve či později uvidíte padající hvězdu, někdy jich bude i několik. Jsou to malé částice kosmického prachu, jež shoří v naší atmosféře. Patří do populace zodiakálního prachu, jenž se nachází mezi planetami sluneční soustavy a neustále se doplňuje z ohonů komet a při občasných srážkách asteroidů v pásu mezi Marsem a Jupiterem. Každá částice tohoto prachu je výkonným zářičem v infračervené oblasti a Fridlund se domníval, že jejich kombinované záření by misi Darwin „oslepilo“. Proto si myslel, že Darwina je třeba vyslat až k dráze Jupitera, kde je kosmický prach řidší a následně je slabší i jeho záření.

To bylo skličující. V roce 1990 vyslala ESA misi zvanou Ulyses, která měla zkoumat polární oblasti Slunce. Aby se dostala na správnou oběžnou dráhu, bylo třeba užít Jupitera jako praku. Sonda letěla k Jupiteru, a ten ji pak usměrnil na dráhu směřující k jednomu slunečnímu pólu a pak se stočila na druhou stranu. Ulysses se na správnou dráhu dostal tak, že raketoplán jej vynesl na oběžnou dráhu kolem Země spolu s další raketou, která jej pak

vyslala na šestnáctiměsíční cestu k Jupiteru. Jak něco podobného za rozumné peníze uskutečnit s několika velkými teleskopy nutnými pro misi Darwin bylo těžko představitelné. A tak Fridlund začal podrobněji studovat zodiakální prach.

To, k čemu došel, bylo překvapující: pokud pozorujete kolmo k ekliptice, tedy k rovině, v níž obíhá Země kolem Slunce a v níž leží v podstatě celá sluneční soustava, prach nepředstavuje žádný problém. To znamenalo, že Darwin by mohl pracovat blíže k Zemi, což by podstatně snížilo náklady na jeho vypuštění. Jedna z nejpodstatnějších námitek se rozpadla – na prach.

Fridlund začal podrobně studovat další aspekty mise a po šesti měsících práce došel k závěru. Zjistil, že zcela proti jeho intuici neexistuje žádná jasná nepřekonatelná překážka realizace projektu. Ano, byl neobyčejně náročný, protože žádná podobná mise se ještě nekonala, a navíc bylo potřeba vyvinout kvůli němu speciální techniku – ale právě pro takové úkoly měla vesmírná agentura sloužit. Takže v rozporu se svou původní představou nenavrhl zastavení projektu, nýbrž naopak doporučil hledat jeho vhodné průmyslové zabezpečení. A v roce 1997 získala firma Alcatel z francouzského Cannes tříletý kontrakt s ESA na vyvíjení architektury mise.

Návrh slibující úspěch vypadal tak, že projekt bude zajišťovat flotila osmi kosmických lodí. Šest z nich ponese teleskopy o průměru 1,5 metru, což byl rozměr podobný tomu, jaký byl plánován v projektu Eddington. Celá šestice poletí v šestiúhelníkové formaci, v níž jednotlivé kosmické lodi budou od sebe vzdáleny asi 25 metrů. Tato flotila bude vzdálená od Země asi 1,5 milionu kilometrů. Každý z teleskopů by vysílal přijaté světlo do „admirálské“ lodi uprostřed, kde spolu budou světelné svazky interferovat, a kde se budou zaznamenávat získané informace. A konečně osmá loď bude někde v pozadí a jejím úkolem bude komunikace se Zemí. Inženýři našli způsob, jak všech osm kosmických plavidel naskládat do „nosu“ rakety Ariane 5, která náležela ESA a byla jednou z nejmohutnějších na planetě, takže vyslání by bylo možné uskutečnit naráz. Ještě žádná předchozí

mise bez lidské posádky nebyla tak náročná, ale plán se zdál proveditelný. Kdyby se hned začalo tvrdě pracovat, mohla se mise uskutečnit v roce 2012.

Časově byla rozvržená na pět let. První léta by zabralo zaměření asi 200 hvězd, převážně hvězd spektrálního typu G, tedy podobných Slunci, do vzdálenosti 33 světelných let. To by byla detekční fáze, ve které by se Darwin snažil najít kamennou planetu obíhající centrální hvězdu v obyvatelné zóně a udělat rodinné portréty těchto sluneční soustavě podobných systémů.

To ovšem není lehký úkol. Problém s viděním planety, jako je Země, obíhající kolem hvězdy podobné Slunci spočívá v kontrastu. Hvězdy své světlo generují, zatímco planety jen odrážejí světlo hvězd. Na optických vlnových délkách, kde je hvězda nejjasnější, je planeta přezářena Sluncem řádově miliardkrát. Vidět ji je podobný úkol jako rozpoznat tenisový míček položený vedle světlometu ze vzdálenosti dvou kilometrů. V infračervené oblasti spektra je to o něco snadnější, protože Slunce vysílá infračerveného světla méně než světla viditelného. Navíc planety samy trochu infračerveného světla vyzařují, a tak kontrast mezi hvězdou a planetou klesne na „pouhou“ miliontinu. Pořád se ale zdálo, že vidět planetu je nemožné. Jeden elektroinženýr ze Stanfordovy univerzity v Kalifornii však publikoval už v roce 1978 teoretické řešení.<sup>15</sup> Interferometru se běžně užívá k zesílení světla přicházejícího z pozorovaného objektu. Australoameričan Ronald Bracewell ukázal, že stačí jen trochu přizpůsobit polohu teleskopů, aby se vyrušilo světlo z centrálního objektu. Jde o takzvané nulovací měření. Žádná planeta na oběžné dráze se nebude stále nacházet přesně ve směru, kde leží centrální těleso, a proto se světlo z ní nevyruší, zůstane viditelné. To byl důvod, proč Darwin i TPF byly ve Spojených státech navrženy jako anulující interferometry.

Po skončení detekční fáze se mělo vybrat 50 nejlepších planet pro další studium. To by mimo jiné spočívalo v rozložení planetárního světla ve spektrum za účelem analýzy planetární atmosféry. Každá planeta by se musela pozorovat několik týdnů, měl-li

se nakumulovat dostatek světla nutný k analýze, ale tato námaha měla být královsky odměněna. Darwin byl schopen nejen izolovat světlo z exoplanety (to vlastně znamená získat její obraz) a zjistit hlavní složky její atmosféry. Vědci by na základě těchto údajů mohli navíc pátrat i po stopách života na planetě, protože například jen naše dýchání ovlivňuje vlastnosti zemské atmosféry. Zkrátka projekt Darwin nebyl ničím menším než vědeckou metodou pátrání po mimozemském životě.

Hledání života ve vesmíru bylo vždycky tak trochu za uznávanými hranicemi solidní vědy. Program hledání mimozemské inteligence, SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence, hledání mimozemské inteligence) má pohnutou historii a je pravidelně kritizován i astronomy jako příliš spekulativní, než aby se na něj vyhazovaly peníze. Například vybudování sady radioteleskopů, které by byly schopny odposlechnout radiokomunikaci na vzdálenost stovek světelných let by bylo nákladnější než program Apollo přistání na Měsíci. Často se proto spoléhá na to, že cizí civilizace by postavily mohutné antény vysílající signál směrem k nám, aby upoutaly naši pozornost. Ale tento smělý předpoklad zpochybňuje řada vědců. Program SETI, který NASA s velkou slávou vypustila do světa na Kolumbův den v roce 1992, byl na příkaz Kongresu o rok později zastaven. Kritici často poukazují na to, že mezi objevením prvního mikrobiologického života na naší planetě a vývojem inteligence do takového stupně, že se mohlo uskutečnit rádiové spojení, uplynulo 4,5 miliardy let. Jestliže by se takto vyvíjel život na všech planetách, pak by mohlo existovat mnoho planet, kde je sice život, dokonce i inteligentní život, ale žádné rádio – pokud ovšem technické civilizace nejsou extrémně dlouhověké. Skepticismus týkající se SETI způsobil, že nikdo kromě „přesvědčených vědců“ nebyl ochoten spojit s tímto programem svoje jméno. Darwin však byl něco jiného.

Ten totiž nepotřeboval, aby inteligentní život vysílal nějaké signály – mohl zjistit přítomnost různých forem života. Mohly to být inteligentní bytosti, hloupá zvířata nebo živé organismy ve vodě. Stačilo, aby dýchaly, nebo přijímaly nějakou potravu

a podrobily ji metabolickému procesu, který vede k zisku energie. Tím by se totiž měnilo složení atmosféry.

Není-li na planetě život, je složení atmosféry určeno čistou chemií. Jakmile se ale život objeví, musí přijít na pomoc biologie. Ta pomůže určit složení ovzduší.

Vezměme si jako příklad kyslíkovou atmosféru na Zemi. Ta se původně – před 2,3 miliardy let – vytvořila činností sinic. Sinice se vyvinuly tak, aby získávaly energii fotosyntézou, jak to dnes dělají rostliny obecně. Při metabolismu vyvolaném slunečním světlem vylučují jako odpad kyslík. Ten původně absorbovaly horniny a oceány, během několika stovek milionů let se však tyto rezervoáry naplnily a kyslík začal vstupovat do ovzduší. Mluví se o „Velké oxidační události“, která vedla k vývoji mikroorganismů, jež dokázaly kyslík využít ve svém metabolismu. Vedlo to i k širokému úhynu řady organismů, pro které byl kyslík toxický. Někteří vědci proto mluví o „kyslíkové katastrofě“, z našeho hlediska však šlo o událost příznivou, protože evoluční řetězec vedl nakonec k lidem a jejich mozkům žádostivým kyslíku.

Z toho můžeme dovodit, že bez života by v zemské atmosféře bylo podstatně méně kyslíku. Kdyby život na Zemi zanikl, kyslík by byl postupně absorbován horninami. I dnes je většina kyslíku na Zemi vázána v horninotvorných minerálech. To tedy znamená, že hledání kyslíku v atmosféře exoplanety by bylo dobrým prvním pokusem o zjištění, zda je tam život, a jak předpokládala mise Darwin, studium spektra infračerveného světla z planety to mohlo umožnit.

Šťastnou okolností je, že absorpční čáry vody, ozonu a oxidu uhličitého leží vedle sebe mezi vlnovými délkami 6 až 18 mikronů, tedy v oblasti infračervených délek, kde se kontrast hvězdy a planety zmenší na zvládnutelný poměr milion ku jedné. To je obrovský bonus, protože oxid uhličitý signalizuje existenci atmosféry, ozon ukazuje, že je v ní kyslík a voda svědčí o přítomnosti oceánů. V naší sluneční soustavě mají oxid uhličitý ve své atmosféře i Mars a Venuše, ale voda a ozon jsou jen v atmosféře zemské.

Všichni vědci souhlasili, že přítomnost zmíněných plynů na planetách podobných Zemi by byla silným argumentem, že jde o planety, na nichž je život. Nemusel by to být inteligentní život, ale byl by to život.

Pozitivní bylo i to, že ESA stavbě infračervených teleskopů rozuměla. V té době se právě rodil projekt Herschel, infračervený teleskop o průměru 3,5 metru, který se po svém vypuštění v březnu 2009 stal největším dalekohledem ve vesmírném prostoru.<sup>16</sup> Prvenství drží až do dneška a udrží si je do té doby, než bude vyslán do vesmíru teleskop NGST (přejmenovaný na James Webb Space Telescope, JWST). K tomu ale nedojde dříve než v roce 2018.

Negativem ovšem bylo, že Bracewell sice zvládl matematickou teorii nulovacího interferometru, nikomu se jej však dosud nepodařilo postavit ani na Zemi, natož ve vesmíru. K překonání této mezery Fridlund navrhl malou misi k otestování techniky, kde se mělo využít malých dalekohledů o velikosti konzerv. Stejnou mezeru ve znalostech pocítovali i v Americe. To byl další důvod, proč se NASA stala podílnicí Keckovy observatoře, takže si zde vědci mohli vyzkoušet techniku nulovací interferometrie a přesvědčit se, zda bude fungovat.

Jak bádání na obou stranách Atlantiku pokračovalo, bylo stále jasnější, že stojí za to spojit síly. Společná strategie při vývoji přístrojů a techniky dovolila podělit se o náklady. Mohly se sdílet expertizy a nakonec by to dovolilo uskutečnit jednu společnou misi. Pionýrskou spoluprací mezi ESA a NASA byly solární mise a při nich vše klapalo k oboustranné spokojenosti. Fridlund tehdy tvrdil, že význam této spolupráce není jen v ekonomické oblasti. Vzpomíná: „Je jistě výhodné nemuset vyvíjet veškerou techniku sami a jedná se o tak důležitý projekt pro lidstvo, že jsme pokládali za správné uskutečnit ho společně.“ V prvních letech nového milénia šlo vše skvěle. ESA i NASA se chovaly jako při štafetovém běhu – okamžitě přejímaly kolík, když partner uběhl svůj úsek. Když evropský tým vyřešil jeden problém, americký partner vyřešil druhý. Vedlo to k enormnímu optimismu

a vzrušení. Velká pomoc přišla i od průmyslových týmů. Oproti zvyklostem investovaly do projektů své vlastní peníze, nespolehaly se jen na granty z ESA. Poháněni vírou v úspěch najímali průmysloví partneři zaměstnance a podporovali studenty, aby pracovali na úkolech souvisejících s misí. Všechny poháněla touha dosáhnout mezníku lidské historie, najít dvojče Země a zjistit, zda hostí život.

Ale z ESA nepřicházely jen dobré zprávy. Na stejné chodbě jako Fridlund v ESTEC sídlil i Fabio Favata, vědec z týmu projektu Eddington. To byla také mise agentury, která měla hledat exoplanety na základě jejich tranzitů – a Fabio bojoval o její život.

## Jmenný rejstřík

- Aldrin, Edwin „Buzz“ 74  
Anders, William 75n  
Anglada-Escudé, Guillem 139–141  
Armstrong, Neil 74
- Bahcall, John 161  
Barnard, E. E. 33  
Batalhaová, Natalie 141  
Beichman, Charles 82–84, 113, 115, 117, 133  
Bonfils, Xavier 141  
Borman, Frank 75n  
Borucki, William 60–64, 124–127, 143, 147n, 174  
Bracewell, Ronald 90, 93  
Bunsen, Robert 15–16  
Bush, George 74, 75, 87,  
Bush, George W. 111, 114  
Butler, Paul 23–25, 28n, 39–41, 43, 50, 53, 63, 72–74, 76–78, 98, 102–105, 118–121, 137–138, 140, 159  
Buys Ballot, C. H. D. 13
- Campbell, Bruce 22, 28, 31  
Cannononová, Annie Jump 80  
Cesarsky, Catherine (CHEOPS) 170  
Clinton, Bill 75, 111  
Collins, Michael 74
- Delfosse, Xavier 136  
Dixon, Jeremiah 58–59  
Dole, Stephen H. 144–146  
Doolittle, Eric 31  
Doppler, Christian Andreas 11–14, 18  
Doyle, Laurance 154n
- Eddington, Arthur 70, 84
- Favata, Fabio 68–70, 86–87, 94, 168  
Fischerová, Debra 120  
Flamsteed, John 28  
Flemingová, Williamina 80  
Fox William 16  
Frail, Dale 36–37, 38  
Fraunhofer, Joseph 15–16, 79  
Fridlund, Malcolm 68, 86–89, 93n, 112–116, 122n, 150, 166, 168, 170–171, 179
- Gatewood, George 50–52  
Gliese, Wilhelm 99–100  
Goldin, Daniel 75n, 79, 81–83, 86, 111n  
Gray, David 42–45, 52  
Gregory, James 57n  
Griffin, Mike 117, 121  
Grunsfeld, John 155, 174

- Halley, Edmond 57n  
Harrison, George 14  
Harrisonová, Fiona 117  
Henry, Gregory 54  
Hershey, John L. 34  
Herschel, John 16  
Herschel, William 31, 49  
Hipparchos z Nikaie 62  
Horrocks, Jeremiah 56n  
Hubble, Edwin 20  
Hudgins, Douglas 141
- Charbonneau, David 58, 71, 156–157, 54n, 64, 179
- Jacob, William Stephen 31n  
Jenkins, Jon 171–175, 179
- Kamp, Peter van de 33n, 50, 99  
Keck, William Myron 73  
Kepler, Johannes 40, 63n  
Kirchhoff, Gustav 15–17  
Koch, David 64  
Konacki, Maciej 65n
- Lalande, Jérôme 50, 60  
Leighton, Robert B. 66n  
Leslie, Donald 14  
Lissauer, Jack 147,  
Lockheed Martin 85, 111  
Lovell, Jim 75–76  
Lucas, George 155  
Lyne, Andrew 34, 36, 37
- Marcy, Geoffrey 9, 23, 29, 31, 39–41, 43, 45, 50–54, 63, 72n, 76–78, 86, 98, 102–105, 118–121, 124, 129–132, 137–138, 142, 154, 157, 159–160, 174, 179  
Mason, Charles 58n  
Maxmilián IV. Josef 15
- Mayor, Michel 26, 28, 30, 38n, 40, 42–43, 52n, 63, 68, 77–80, 98, 119, 123–124, 134, 174, 183, 184  
Michelson, Albert Abraham 84  
Morabitová, Linda 106  
Morrison, Philip 39  
Moulton, Forest Ray 32
- Newton, Isaac 105n, 147
- O’Keefe, Sean 115–117
- Pacini, Franco 39  
Pease, Francis 84  
Pepe, Francesco 78, 183, 184  
Pickering, Edward 80  
Pogson, Norman 62
- Queloz, Didier 27–30, 38–40, 42n, 45, 49, 52, 53, 55, 63, 68, 77–80, 98, 118, 119, 123–124, 139, 174, 175–176, 179
- Rees, Martin 28  
Ricker, George 163n  
Roxburgh, Ian 66–71
- Sasselov, Dimitar 141  
Seagerová, Sara 129, 133, 142, 149, 157, 160–164, 179  
See, Thomas Jefferson Jackson 32n  
Shapley, Harlow 144  
Shemar, Setnam 36n  
Scheiner, Julius 11  
Schulze-Makuch, Dirk 152, 163  
Smith, Bradford 46  
Smith, Lamar 164  
Southwood, David 95n, 96n  
Spitzer, Lyman ml. 83  
Strughold, Hubertus 143–145, 146  
Struve, Otto 18–20, 25, 27, 52

- Terrile, Richard 46  
Traub, Wesley 131–133  
Twicken, Joe 172n
- Udalski, Andrzej 64n  
Udry, Stephane 134n  
Ulvestad, James 155
- Vogt, Steven 9–10, 72–74, 76n, 98,  
119–121, 137–141  
Von Bloh, W. 136
- Walker, Gordon 22, 28, 31  
Wollaston, William Hyde 14n, 79  
Wolszczan, Aleksander 36–38

Edice Spektrum, svazek 4.

Stuard Clark

# Hledání druhé Země

Podivuhodná historie  
pátrání po vzdálené planetě  
podobné té naší

Z anglického originálu *The Search for Earth's Twin*,  
vydaného nakladatelstvím Quercus v Londýně  
roku 2016, přeložil Jiří Langer

Doslov napsal Petr Škoda

Obálku a grafickou úpravu navrhl Vladimír Verner

Vydalo nakladatelství Vyšehrad, spol. s r. o.,

roku 2017 jako svou 1678. publikaci

Odpovědný redaktor Martin Žemla

Vydání první. AA 10,56. Stran 208

Vytiskla Těšínská tiskárna, a. s.

Doporučená cena 298 Kč

Nakladatelství Vyšehrad, spol. s r. o.,

Praha 3, Víta Nejedlého 15

e-mail: [info@ivysehrad.cz](mailto:info@ivysehrad.cz)

[www.ivysehrad.cz](http://www.ivysehrad.cz)

ISBN 978-80-7429-907-0