

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Z. Plavcová; E. Vokalová
Rádiové záření z Jupitera

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 2 (1957), No. 2, 224--231

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137282>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1957

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

RADIOVÉ ZÁŘENÍ Z JUPITERA

V poslední době bylo zjištěno, že z planety Jupitera přichází velmi intenzivní záření na radiových vlnách. Prvá měření byla dělána Burkem a Franklínem ve Washingtonu na 22 MHz. Ukázalo se, že toto záření má velmi proměnnou intenzitu a že může být zachyceno pouze na delších vlnových délkách. O původu tohoto Jupiterova radiového záření byly vytvářeny nejrůznější domněnky, konečné rozhodnutí bude však možno udělat až na základě dostatečného počtu hodnotných měření.

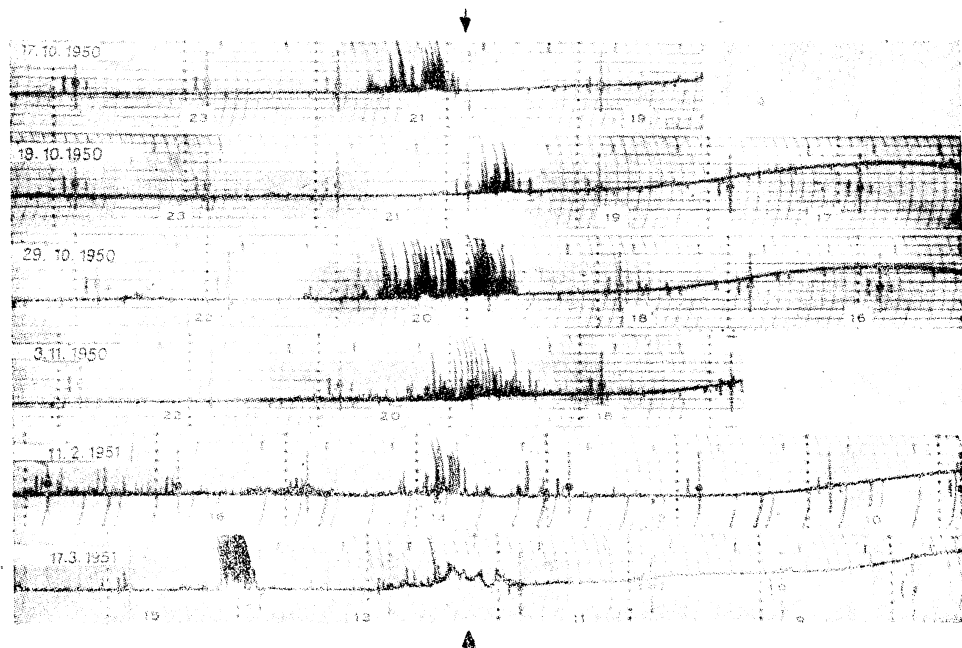
Jedním krokem k objasnění zjevu je práce vykonaná v Australii C. A. Shailem. Zde se v radiofyzikálním oddělení při universitě v Sydney konají již delší dobu soustavná měření šumu, který k nám přichází z vesmíru. Pracuje se při tom na nejrůznějších vlnových délkách. Po objevu Jupiterova radiového záření byly znovu přehlédnuty záznamy na různých frekvencích. Tu se ukázalo, že na nejnižší používané frekvenci — na 18,3 MHz — se objevují občas určitá prudká zvýšení intenzity. Původně byla tato »vzplanutí« pokládána za poruchy způsobené pozemskými zdroji. Blížším rozbořením se však ukázalo, že zdrojem těchto poruch byl Jupiter.

Antena používaná k měření na této frekvenci měla poměrně širokou antenní charakteristiku — 17° mezi body s polovičním výkonem. Aby byla možná lokalizace zdrojů radiového záření, byl napaječ uzpůsoben tak, že bylo možno připojit dva přijímače, při čemž v meridianové rovině měl jeden přijímač maximální citlivost, kdežto druhý nulovou. Protože polární diagramy v těchto dvou případech byly známy, bylo možno srovnáním signálních výkonů na obou dvou záznamech určit směr zdroje radiového záření. Takto uzpůsobená antena se používala po dobu jednoho roku až do června r. 1951. Od června toho roku se používalo k záznamu kosmického šumu na této frekvenci pouze jednoho přijímače s antenou, která měla polární diagram úzký ve směru sever — jih, avšak velmi široký ve směru západ — východ. Měření se dvěma přijímači umožnila zjistit, že prudká zvýšení intenzity na záznamech jsou způsobována Jupiterem, neboť v tom případě bylo možno zjistit směr, ze kterého záření přichází. Když byla potom podobná prudká zvýšení intenzity naprosto stejného typu zjištěna i na záznamech získaných jedním přijímačem v době, kdy Jupiter ležel v »zorném poli« anteny, bylo možno s velkou pravděpodobností předpokládat, že i ona jsou způsobována Jupiterem.

Nyní se zmíníme podrobněji o jednotlivých měřeních. Na obr. 1 je šest vybraných záznamů, získaných v první serii pozorování. Okamžik průchodu Jupitera je označen šipkami. Na těchto ukázkách je velmi dobře vidět, že záznamy jsou celkem hladké, až na asi dvě hodiny, kdy Jupiter procházel »zorným polem« anteny. Je rovněž velmi dobře patrné, že okamžik maximální výchylky se za několik měsíců posunul z pozdního večera na poledne, takže je jasné, že se jedná o zdroj mimozemského původu. Dále je i dobře vidět, že rektascence zdroje se mění. V pravé části záznamu je totiž současně zaznamenán zvýšením výchylky i průchod části Mléčné dráhy, která vysílá poměrně silné záření na radiových vlnách. Kdyby se rovníkové souřadnice zdroje neměnily, byl by časový interval mezi jeho průchodem a průchodem Mléčné dráhy konstantní. To, že se tento

interval mění, je tedy důkazem, že zdroj je nám poměrně blízký, že je členem naší planetární soustavy.

Při měření na dvou přijímačích je ovšem možno udělat přesnější určení polohy tohoto intenzivního zdroje. Příklad dvojích záznamů je na obr. 2. Pro záznamy

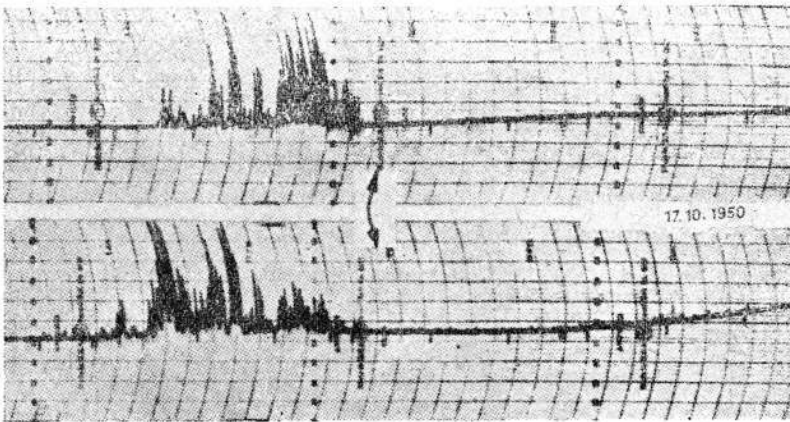


Obr. 1. — Záznamy prudkých vzplanutí radiového záření. Jednotlivé záznamy jsou seřazeny tak, aby doby Jupiterova průchodu ležely na spojnici šipek. Na záznamu z 11. února se objevuje dosti silný atmosférický šum, 17. března kolem 14^h je zaznamenána pozemská radiová stanice.

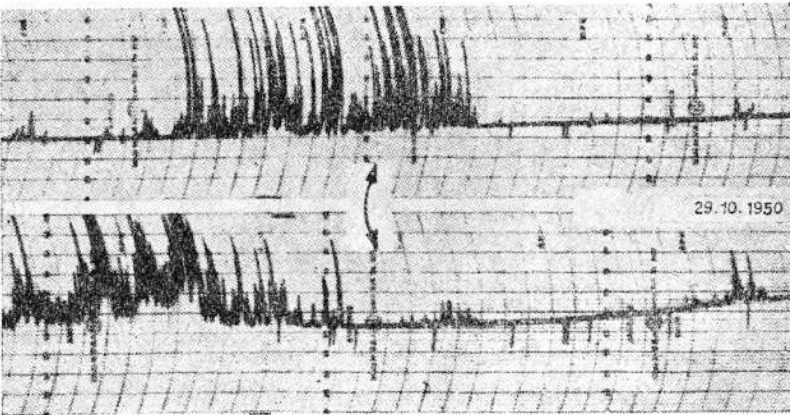
v hořejší části měla antena maximální citlivost, kdežto pro spodní záznamy měla antena v meridiánu citlivost nulovou. V obr. 2(b) se objevilo záření z Jupitera ještě dříve, než zdroj prošel poledníkem. Doba jeho průchodu může být určena podle toho, kdy na spodním záznamu se přestane objevovat signál. Toto místo je označeno šípkou. Na obr. 2(a) vzplanutí začalo až po projití zdroje poledníkem a okamžik nulového signálu u druhého přijímače nemůže být přímo odečten. Jak jsme se zmínili již dříve, je však možno při známých antenních diagramech určit čas průchodu zdroje z poměrů amplitud na dvou záznamech. Přesnost takového určení je asi $\pm 4_{\text{min}}$, nebo-li $\pm 1^\circ$. Tímto způsobem je možno bezpečně rozlišit záření Jupitera od vzplanutí na Slunci.

Několik ukávek z druhé serie pozorování je na obr. 3. V této době bylo možno antenou zachycovat radiové vlny z určitého zdroje téměř po dobu osmi hodin denně, neboť antenní charakteristika ve směru východ—západ byla velmi široká. Jupiter měl příznivou polohu k pozorování v období mezi 15. srpnem až 2. říjnem 1951. Přesné určení polohy zdroje nebylo v té době sice možné, přesto však je

velmi pravděpodobné, že tyto skupiny vzplanutí pocházejí z Jupitera. Jejich charakter je úplně stejný jako v dřívějších záznamech. Dále je velmi nepravděpodobné, že by nějaký pozemský zdroj se pravidelně objevoval kolem půlnoci a čas jeho výskytu se posunul stejným směrem a o tutéž hodnotu (asi 4 hodiny) jako



(a)



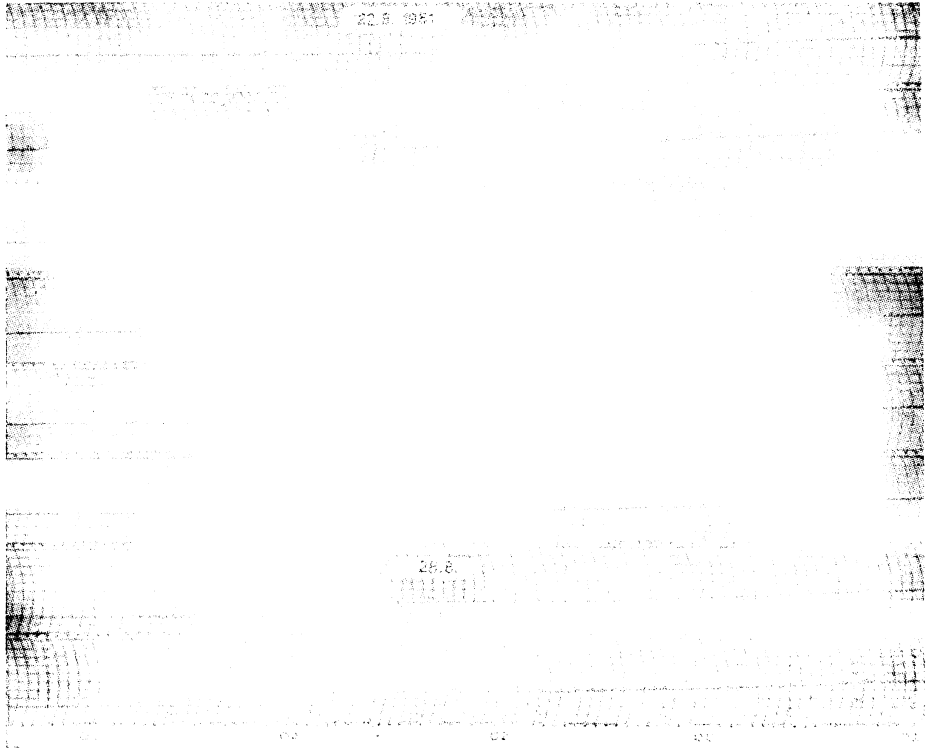
(b)

Obr. 2. — Jupiterovo záření při pozorování se dvěma přijímači. Horní záznam v (a) a (b) je udělán s antenou, která má maximální citlivost v meridiánové rovině (plná křivka v (c)). Při dolních záznamech má antena v meridiánové rovině citlivost nulovou (čárkovaná křivka v (c)). Doby průchodu Jupitera jsou označeny šipkou.

i čas průchodu Jupitera. Mimo to, jak ještě ukážeme, je velmi úzký vztah mezi záznamy intenzivního záření a rotací Jupitera. Je tedy z těchto měření možno dělat hodnotné závěry.

Prvou zajímavou věcí je, že přestože Jupiter byl v anténím svazku téměř po celou dobu své rotace, bylo zaznamenáváno záření jen po dobu jedné až dvou

hodin. Abychom mohli říci něco bližšího o rozměrech zdroje záření na Jupiteru a o jeho poloze, musíme zkoumat závislost objevování se záření na rotaci Jupitera. Pro jednotlivé dny, kdy se konala pozorování, byly určeny délky centrálního meridiánu Jupiterova kotoučku (to je meridiánu, jenž pro pozemského pozorovatele prochází středem kotoučku planety) v té době, kdy bylo pozorováno

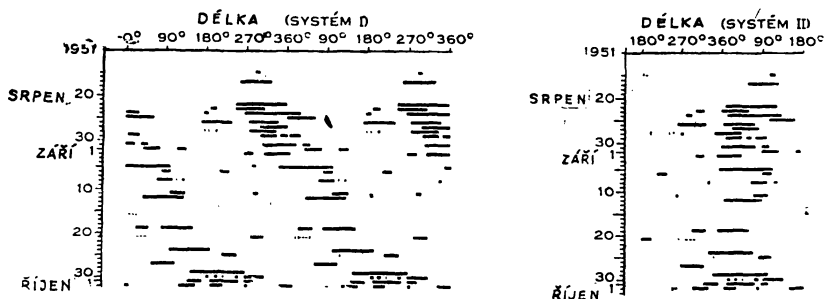


Obr. 3. — Záznamy při měření s antenou, která má velmi širokou anténní charakteristiku. Jupiterovo záření je zaznamenáno vždy zhruba uprostřed. Poruchy způsobené pozemskými stanicemi jsou na záznamu 23. srpna v 00^h a 01^h a 26. srpna mezi 00^h a 00^h30^m.

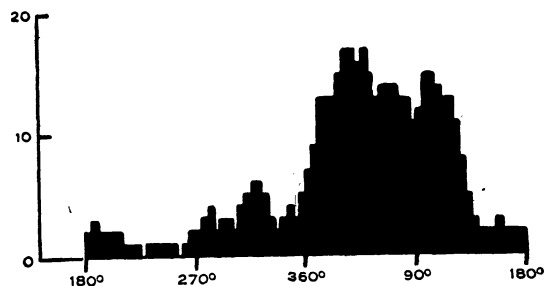
Jupiterovo radiové záření. Na obr. 4 je tato závislost vynesena graficky. Na Jupiteru jsou zavedeny dva délkové systémy, a to z toho důvodu, že rovníkové části Jupitera se otáčejí rychleji nežli ostatní oblasti. Systém I je dobře použitelný na rovníkové oblasti, přijatá rotační doba je $9^{\text{h}}50^{\text{m}}3^{\text{s}},003$, systém II, vhodný pro ostatní části, má rotační periodu $9^{\text{h}}55^{\text{m}}40^{\text{s}},652$. Na obr. 4 je použito obou systémů. V levé části je použito systému I, kdežto v pravé systému II. Je jasné, že kdyby určitý zdroj měl rotační dobu totožnou s rotační dobou I. nebo II. systému, byly by úsečky na obr. 4 seřazeny pod sebe. V opačném případě by se systematicky posunovaly k větším nebo menším délkám podle toho, zda se zdroj pohybuje pomaleji nebo rychleji, než jak se předpokládá v daném systému. Z obr. 4 je jasné vidět, že daleko lépe vyhovuje systém II, kde se projevuje jen nepatrný posun

směrem k menším délkám. To tedy znamená, že zdroj má poněkud kratší periodu, než jaká byla přijata pro systém II. Z tohoto grafu bylo zjištěno, že doba rotace je $9^h 55^m 13^s + 5^s$.

Zajímavé je rovněž uvažovat o tom, jaké jsou asi rozměry zdroje radiového záření na Jupiteru. Za tím účelem je výhodné udělat histogram četnosti výskytu



Obr. 4. — Periodicita Jupiterova záření na 18,3 MHz. Dolů je nanášeno datum pozorování, do prava délka centrálního meridiánu v době, kdy bylo zaznamenáno záření.



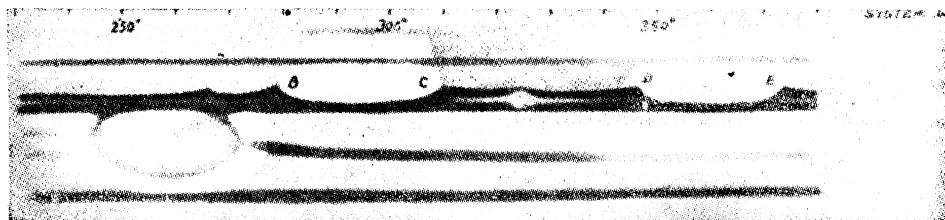
Obr. 5. — Četnost výskytu radiového záření z Jupitera v závislosti na délce pro pětistupňové intervaly délky.

šumu pro pětistupňové intervaly délky centrálního meridiánu (obr. 5). Z něho je především vidět, že četnost výskytu vzplanutí Jupiterova radiového záření je daleko větší kolam délek 67° (mezi 0° až 135°) nežli v jiné oblasti. Lze těžko předpokládat, že by to byl náhodný zjev, neboť histogram byl sestaven z pozorování přibližně 120 rotačních period Jupitera. Dá se tedy předpokládat, že záření přichází jen z určitých oblastí na Jupiteru. Kdyby však radiový šum přicházel pouze z jediného zdroje vyzařujícího všemi směry, měl by histogram na obr. 5 jiný tvar. Objevilo by se ploché maximum, prudce klesající u délky 180° . Obr. 5 ukazuje sice dosti ploché maximum, avšak jeho hranice jsou užší, asi 135° . Je několik možných domněnek, které by vysvětlily toto zúžení doby výskytu radiového šumu. Jedna je ta, že radiové záření z Jupitera je podněcováno slunečním, pravděpodobně ultrafialovým zářením. Vzhledem k tomu, že Země je Slunci mnohem blíže než Jupiter (asi 5krát), je Země pozorována s Jupitera vždy velmi blízko Slunce. To znamená, že východ Slunce je dosti přibližně na Jupiteru i východem Země.

Začne-li vysílat zdroj radiové záření až s určitým zpožděním po východu Slunce, projeví se to na obr. 5 zmenšením počtu délek centrálního meridiánu, při kterých lze pozorovat radiový zdroj. Jiná velmi přijatelná hypotéza je ta, že na Jupiteru je ionosféra podobně jako i na Zemi, která znemožňuje průchod radiového záření při větších úhlech dopadu. To znamená, že záření může unikat do prostoru pouze z určité oblasti v okolí nadhlavníku zdroje, kdežto při větších zenitových vzdálenostech se záření odráží od ionosféry a vrací se k povrchu Jupitera. V té době, kdy zenit zdroje je v blízkosti centrálního meridiánu, může tedy na Zemi dopadat radiové záření ze zdroje. Je-li však zdroj v blízkosti viditelného okraje, t. j. v té době, kdy Země pozorovaná se zdroje na Jupiteru je u obzoru, znemožní ionosféra průchod radiových vln. Ionosféru Jupiterovu ovšem neznáme, takže další závěry nemůžeme dělat. Kdyby se však ukázalo, že tato domněnka je správná, bylo by možno tímto způsobem ionosféru zkoumat. Při tom by ovšem bylo nutně zapotřebí konat pozorování na více různých frekvencích.

Rozhodnout o podstatě radiového záření není prozatím ještě možné, z popsaných pozorování se však zdá, že vyzařující oblast má poměrně malý rozsah. Je proto možné pokusit se alespoň zhruba o identifikaci zdroje s viditelnými oblastmi na Jupiteru. Za základ bylo vzato, že 14. srpna 1951 byla délka zdroje 67° (v systému II) a rotační doba $9^{\text{h}} 55^{\text{m}} 13^{\text{s}}$. Oblast byla v činnosti ještě i 2. října, kdy pozorování skončila. Podle nákreсу Jupitera od du Martheraye z r. 1952 se zdá pravděpodobným, že zdroj je umístěn v jižním mírném pásu. U skupiny skvrn, které byly po několik měsíců v tomto pásu pozorovány, byla zjištěna rotační doba $9^{\text{h}} 55^{\text{m}} 13^{\text{s}}$, to je stejná jako u radiového zdroje. Koncem listopadu 1951 zakreslil E. J. Reese visuálně nejaktivnější oblasti v jižním mírném pásu. Jak jsme se již zmínili, délka radiového zdroje se spojitě mění. Koncem listopadu by bývala byla 354° . To odpovídá délce bílé skvrny označené DE v obr. 6. Ze všech těchto věcí se dá usuzovat, že radiové záření, alespoň zčásti, pochází z viditelně nejaktivnějších oblastí v jižním mírném pásu. Bližší identifikace není prozatím možná.

Velmi užitečné by bylo sledovat, jak se projevuje přechod Jupiterových měsíčků přes poledník, na němž pravděpodobně leží radiový zdroj. To by umožnilo bližší identifikaci. Prozatím byly pozorovány tři takovéto přechody. V jednom případě se neprojevila vůbec žádná změna v záznamech radiového šumu, ve druhém byl pozorován velmi nejistý náznak zákrytu. V těchto dvou případech byla však poloha měsíčku velmi vzdálena od pravděpodobné polohy zdroje. Ve třetím případě v době průchodu II. měsíčku dne 24. září nastalo náhlé přerušování šumu v tom okamžiku, kdy se satelit promítal na poledník, na němž leží zdroj. Je ovšem možné, že tento pokles byl náhodný, neboť záření bylo přijímáno již déle než dvě hodiny. Pravdě-



Obr. 6. — Část Jupiterova disku 29.—30. listopadu 1951.

podobnější však je, že prudký pokles byl způsoben zákrytem, neboť zdroj byl v té době vzdálen ještě 25° od centrálního meridiánu a 32^m potom byl zaznamenán ještě slabý šum. Oblast zakrytá měsíčkem byla téměř přesně ta, jako je pravděpodobná poloha zdroje radiového záření. Zvláštní je, že zakrytý zdroj Jupiterovým měsíčkem trval téměř půl hodiny, ačkoliv měl trvat pouze 16 minut. Jsou dvě možnosti jak vysvětlit tento úkaz. Jednak je možné, že skutečný konec byl maskován tím, že intenzita záření během zákrytu stále pozvolna klesala. Druhá možnost je ta, že zdroj není přímo na povrchu planety, nýbrž v určité výšce nad ní. Kdyby byl zdroj ve výšce $0,1 R$ (R = poloměr viditelného povrchu) nad povrchem Jupitera (asi 7000 km), vzrostla by doba trvání zákrytu právě na 32 minut. V době, kdy přecházel stín měsíce přes zdroj, změna v záznamu se neobjevila. To by tedy znamenalo, že Slunce nemá přímý vliv na radiové záření Jupitera.

Jupiterovo radiové záření by také mohlo pomoci při studiu podmínek šíření radiových vln v meziplanetárním prostoru v blízkosti roviny ekliptiky, obzvláště v tom případě, když paprsky procházejí v blízkosti Slunce. Jupiterovo záření se velmi rychle mění, jako zdroje radiového záření pro studium tohoto problému by se dalo využít pouze proměnného vzhledu jeho výbuchů. Velkou výhodou je, že intenzita Jupiterova záření je daleko větší než kteréhokoli kosmického zdroje.

Až doposud je možno udělat pouze málo závěrů, protože pozorování bylo konáno po poměrně krátkou dobu. V době, kdy byl Jupiter pozorován kolem poledne, byla průměrná denní intenzita asi třikrát menší, než když byl pozorován v noci. Změnami ionosférické absorpce by se změnila intenzita v poměru $1 : 1,2$. Změna vzdálenosti mezi Jupiterem a Zemí by způsobovala další změnu v poměru $1 : 1,8$. Zbývá tedy vysvětlit ještě změnu v poměru $1 : 1,4$. Ta by mohla být způsobena blízkým přiblížením se dráhy paprsků ke Slunci. Sluneční korona při jednoduchém sféricky symetrickém modelu by zdroj zářící na 18,3 MHz skrývala až do vzdálenosti $2^\circ,2$ od středu Slunce (podle Prestona a Bracewella).

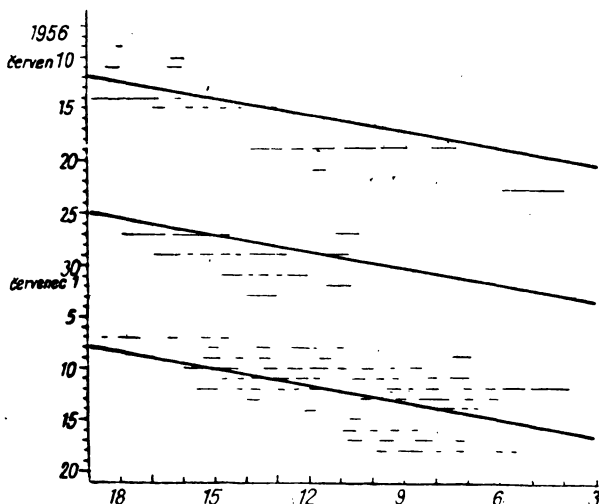
7. března 1951 v 13^h byl Jupiter vzdálen od Slunce o $3^\circ,0$ a 17. března v 10^h o $4^\circ,6$. V obou případech nebyly zjištěny žádné známky refrakce v koruně v mezích přesnosti pozorování. 9. března byl Jupiter vzdálen pouze o $1^\circ,6$ od středu Slunce a nebylo možno pozorovat žádné změny v záznamu. Po pět dní po konjunkci 12. března však nebylo pozorováno žádné záření z Jupitera, ačkoliv podmínky byly příznivé. V případě, že přerušeni nemělo původ v samotném zdroji na Jupiteru (což je nepravděpodobné), nasvědčovalo by to tomu, že existuje určitá nesymetričnost v jižní polovině vnější korony.

Zajímavé je rovněž, že období říjen—listopad 1950 a srpen—září 1951 byla vzplanutí velmi krátká s trváním kratším než 1^m , v únoru až dubnu 1951 trvala již déle (několik minut) a v okolí konjunkce byly změny již celkem povlnné. Toto prodloužení by bylo možno vysvětlit rozptylem záření ve vnější koruně. Každý výbuch z Jupitera bude totiž při malé vzdálenosti Jupitera od Slunce pozorován dvakrát: jednak po přímé dráze a jednak po odrazu od Slunce.

Přes to, že doposud ještě zdaleka není vysvětleno, jak radiové záření na Jupiteru vzniká, byl přece udělán již první krok k jeho výzkumu. Práce C. A. Shaina má velký význam již v tom ohledu, že ukazuje, kterými cestami by se další výzkum měl brát.

Nakonec se musíme ještě zmínit o tom, že Jupiter není jedinou planetou, která vysílá na radiových vlnách. V poslední době objevil John D. Kraus z Ohioské university na 11 m záření z Venuše. I šum z Venuše jeví velké fluktuace v inten-

sité. Mimo to byla však objevena zřetelná 13denní periodičita v intenzivním radiovém záření. Způsob, jakým se období největší činnosti časově posunují den ode dne (obr. 7), vede k závěru, že i signál z Venuše pochází z jedné omezené oblasti nebo z několika takových oblastí seskupených více na jedné straně planety. Dalším velmi důležitým závěrem je, že rotační perioda Venuše je kratší nežli jeden den.



Obr. 7. — Periodičita Venušina záření na 11 m v červnu a červenci 1956.

Tento výsledek je velmi závažný, protože až doposud se žádným jiným způsobem nepodařilo zjistit, jak rychle se Venuše otáčí kolem své osy. Její viditelný povrch je zahalen do hustých mraků, takže nejsou vidět žádné podrobnosti, podle kterých by bylo možno rotaci změřit.

Přímky na obr. 7 ukazují čas, kdy pevný zdroj na planetě by procházel daného dne centrálním meridiánem pro třináctidenní opakovací interval. Jak je vidět, souhlasí tyto přímky velmi dobře s pozorováním. Snad ještě lépe by však vyhovoval interval 12,75. To tedy znamená, že obě planety se vrátí do stejné úhlové fáze každých 13 dní. Zanedbáme-li vlivy, které působí pohyb Venuše a Země kolem Slunce, můžeme určit snadno rotační dobu podle vztahu $A = 24 \left[1 - \frac{1}{N+1} \right]$ hodin, kde N je počet dnů v opakovacím intervalu. Podle tohoto vztahu je rotační perioda pro 13denní interval $22^{\text{h}} 17^{\text{m}}$ a pro 12,75denní $22^{\text{h}} 15^{\text{m}}$. Mechanismus vzniku radiového záření na Venuši není ještě znám. To, že zdroj může být pozorován jen po poměrně krátkou dobu, je možno vysvětlit podobně jako u Jupitera tím, že Venuše má ionosféru s hustotou elektronů alespoň takovou jako na Zemi. V tom případě je průzračná pouze pro úzké okolí nadhlavníku zdroje.

V případě Jupitera i Venuše bude nanejvýš důležité konat další pozorování na různých frekvencích a methodami určenými přímo k tomuto účelu.

Z. Plavcová a E. Vokalová

Bylo použito článku C. A. Shaina: *18,3 Mc/s Radiation from Jupiter*, Australian Journal of Physics, Vol. 9,1 (1956) a zprávy John D. Krause: *Rotation Period of the Planet Venus as determined by Radio Observations*, Nature, No 4535, Vol. 178 (1956).