Diskuse výsledků:

④ Ze známé velikosti rychlosti světla $c = 299\ 790\ km.s^{-1}$ a ze vzdálenosti Merkuru od Země (vypočítáme ji z 3. Keplerova zákona) lze velmi přesně určit velikost astronomické jednotky v kilometrech. Vypočítejte ji, když víte, že 17. 8. 1965 činila vzdálenost Merkuru od Země 0,617 782 AU a vyslaný impuls z radaru se po odrazu vrátil zpět na Zemi za 616,125 s.

Délka 1 AU = ______________________________ kilometrů

Do doby radarových pozorování bylo pořízeno asi 20 map Merkuru, a to i velmi zkušenými pozorovateli. Zbývá vysvětlit, co vedlo tyto pozorovatele k závěru, že Merkurova rotace je vázaná. Siderická oběžná doba Merkuru $T = 87,97$ dne a siderická doba rotace P je, jak dnes víme, $P = 87,97.2/3 = 58,65$ dne. Vypočítejte synodickou oběžnou dobu Merkuru S:

$1/S = 1/T - 1/T_0$, kde $T_0 = 365,24$ dne;

$S =$ ______ dne.

Pro délku slunečního dne R na Merkuru platí: $1/R = 1/P - 1/T$. Protože současně $P = T.2/3$, je $R = a.T = b.P$. Čemu jsou rovna čísla a, b? (Vypočítejte je po dosazení $P = T.2/3$ do předchozího vztahu.)

$a =$ ____ , $b =$ ____ , $R =$ ______ dne.

Tři veličiny týkající se pohybu Merkuru (P, R, S) mají přibližně stejné společné násobky:

6.P = ______ dne,
2.R = ______ dne,
3.S = ______ dne.

K pozorování jsou vhodné jen východní elongace na jaře a západní na podzim, které se opakují zhruba po roce (přesně po ____ dnech). V tu dobu je Merkur natočen k Zemi přibližně stejnou stranou (protože $3.S \doteq 6.P$). Natočení je stejné jen po dobu asi 6 let (za 6 let rozdíl naroste na 25 dní, a to lze již zaznamenat). Bohužel pozorovatelé nikdy systematicky nesledovali Merkur déle než 5 let. Rozdíly mezi jednotlivými pozorovateli z různých období ovšem existují a jsou značné.

Úlohu připravil RNDr. Zdeněk Pokorný, CSc. s použitím článku D. B. Hoffa a G. Schmidta: Laboratory exercises in astronomy - the rotation of Mercury (Sky and Telescope 58, 1979, č. 3, 219-221). Pro vnitřní potřebu vydala Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně. K tisku připraveno v červenci 1988.

ASTRONOMICKÉ PRAKTIKUM

Rotace Merkuru

Rychlost rotace planety je důležitý fyzikální parametr, podobně jako hmotnost tělesa, existence atmosféry, magnetického pole apod. U Merkuru se na základě vizuálních pozorování Schiaparelliho (1889) a Lowella (přelom století) dosti dlouho soudilo, že rotace planety je vázaná, tj. jedna otočka se rovná periodě oběhu kolem Slunce (88 dnům). Spektroskopicky se zjistilo, že rotace Merkuru je pomalá, avšak přesnou hodnotu doby rotace nebylo možno takto určit. Teprve radarová pozorování z 60. let přispěla k vyřešení problému: doba rotace Merkuru je jen 2/3 oběžné periody, tj. necelých 59 dní. Ověříme si na základě radarových záznamů tuto hodnotu a budeme diskutovat, proč vizuální pozorování svedla pozorovatele planety ke klamné periodě 88 dní.

Jak radarová metoda pracuje? V radarovém svazku, vyslaném ze Země, je celý kotouč planety. Odražený signál, který byl původně ostrým impulsem na jedné frekvenci, se vrací rozložený v čase i frekvenci. Na obr. 1 vidíme, jak vzniká rozklad ve frekvenci. Je dán dopplerovským posuvem po odrazu od rotující planety. Rozklad v čase je způsoben tím, že se nejdříve odrazí signál v tzv. subradarovém bodě a později v kruhových prstenech soustředných kolem subradarového bodu (obr. 2). Pro časové zpoždění Δt signálu 2 oproti 1 platí

(1) $$\Delta t = 2\, r/c \qquad (\text{neboť } r = c\, \Delta t/2),$$

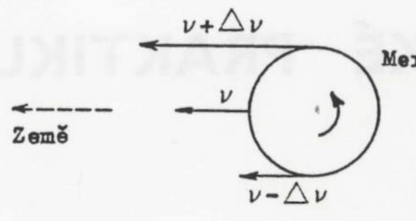
kde c je velikost rychlosti světla. Z obr. 2 plyne

(2) $$x = R - r, \quad y = \sqrt{R^2 - x^2},$$

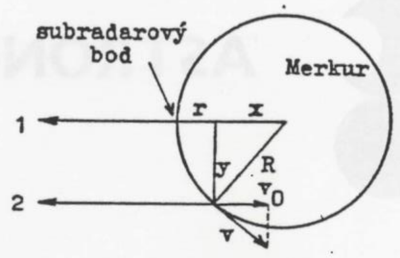
kde $R = 2420$ km je poloměr Merkuru. Složku rychlosti v_0, kterou se od nás vzdaluje (nebo k nám přibližuje) právě ta část povrchu, od níž se signál odrazil, určíme z frekvenčního posunu $\Delta\nu$ na základě Dopplerova jevu:

(3) $$2\, v_0/c = \Delta\nu/\nu .$$

Řeckým písmenem ν je označena frekvence vyslaného impulsu.



Obr. 1.



Obr. 2.

Z podobnosti trojúhelníků (obr. 2) plyne

$\Delta t = \frac{2r}{c}$ $R = r + x$ $x = R - r$ $y = \sqrt{R^2 - x^2}$

(4) $v/v_0 = R/y$,

kde v je hledaná rychlost rotace. Perioda rotace P je pak rovna

(5) $P = 2\pi R/v$.

Pracovní postup:

1. Změřte frekvenční posun $\Delta\nu$ na obr. 3: tužkou si na záznamu pro Δt = 120 μs (a potom i na dalších třech) vyznačte body, kde úroveň signálu začíná klesat k základní úrovni. Určete (bez ohledu na znaménko) velikost frekvenčního posunu pro každý z těchto bodů, vypočítejte průměrnou hodnotu a zapište do tabulky 1.
2. Pomocí vztahů (1) až (5) vypočítejte postupně veličiny r, x, y, v_0, v a P v jednotkách, uvedených v tabulce 1. Výsledky zapisujte postupně do tabulky 1. Poznámka: frekvence ν = 430 MHz, 1 den = 86 400 s.
3. Hodnoty P získané pro čtyři různá časová zpoždění zprůměrujte a srovnejte s přesnými hodnotami periody rotace 58,646 ± 0,005 dne (sonda Mariner 10; 2/3 oběžné periody 87,9693 dne = 58,6462 dne).

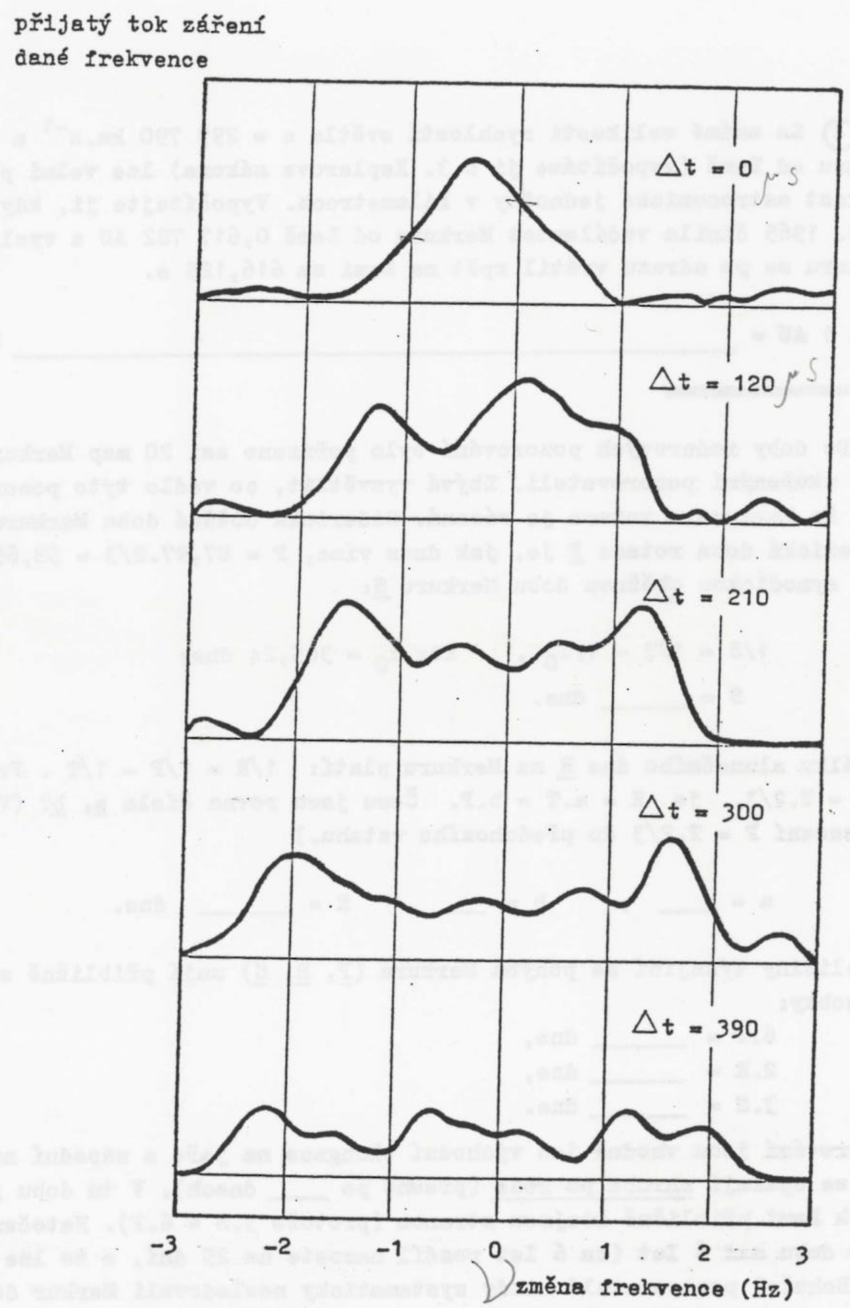
(→ strana 4)

Tabulka 1.

Δt (μs)	$\Delta\nu$ (Hz)	r (km)	x (km)	y (km)	v_0 ($km.s^{-1}$)	v ($km.s^{-1}$)	P (dny)
120							
210							
300							
390							
						aritmetický průměr:	1,35

$\nu_0 = 430$ MHz $= 4,3 \cdot 10^8$ Hz

$\Delta t = 220\ \mu s = 1,2 \cdot 10^2$ $10^{-6} =$
$= 1,2 \cdot 10^{-4}$ s



Obr. 3. Záznamy radarových signálů odražených od Merkuru (Δt uvedené u každého záznamu je v mikrosekundách). Pozorování ze 17. 8. 1965, radioteleskop Arecibo, Portoriko. Frekvence vyslaného impulsu byla 430 MHz.