

3. Naše skleněné a rádiové oči

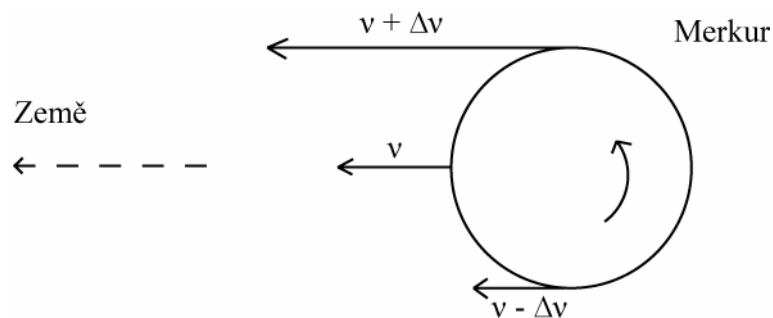


praktikum

Rotace Merkuru

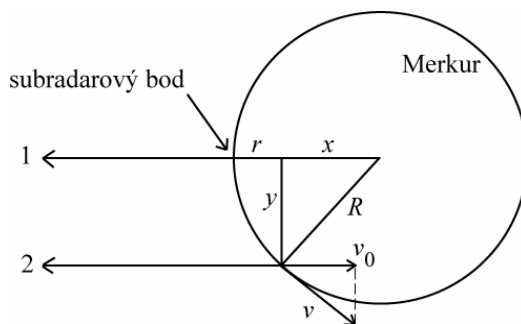
Rychlost rotace planety je důležitý fyzikální parametr, podobně jako hmotnost tělesa, existence atmosféry, magnetického pole apod. U Merkuru se na základě vizuálních pozorování Schiaparelliho (1889) a Lowella (přelom 19/20. století) dosti dlouho soudilo, že rotace planety je *vázaná*, tj. jedna otočka je rovna 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 dvacátého století 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.

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).



Obr. 1. Rozklad signálu ve frekvenci.

3. Naše skleněné a rádiové oči



Obr. 2. Rozklad signálu v čase.

Pro časové zpoždění Δt signálu 2 vůči 1 platí

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

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

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

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:

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

Řeckým písmenem ν je označena frekvence vyslaného impulsu. Z podobnosti trojúhelníků (obr. 2) plyne

$$(4) \quad \nu/v_0 = R/y,$$

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

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

Poznámka: dokážete vysvětlit, proč je ve vztahu (3) uveden koeficient 2?

Pracovní postup:

1. Změřte frekvenční posun $\Delta\nu$ na obr. 3: tužkou si na záznamu pro $\Delta t = 120 \mu\text{s}$ (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 tohoto posunu a zapíšte ji do tabulky 1.

2. Pomocí vztahů (1) až (5) vypočítejte postupně veličiny r , x , y , v_0 , ν a P v jednotkách, uvedených v tabulce 1. Výsledky zapisujte postupně do tabulky 1¹⁾. Poznámka: frekvence $\nu = 430$ MHz, 1 den = 86 400 s.

3. Hodnoty P získané pro čtyři různá časová zpoždění zprůměrujte a srovnajte s přesnou hodnotou periody rotace, získanou sondou Mariner 10: $58,646 \pm 0,005$ dne ($2/3$ oběžné periody $87,9693$ dne = $58,6462$ dne).

4. Ze známé velikosti rychlosti světla $c = 299\,790$ km s^{-1} a ze vzdálenosti Merkuru od Země (vypočítáme ji ze 3. Keplerova zákona) lze velmi přesně určit velikost astronomické jednotky v kilometrech. Vypočítejte ji, když víte, že v den pozorování 17. 8. 1965 nastala tato konfigurace Slunce, Země a Merkuru: Merkur

¹⁾ Případně si napište krátký program pro výpočet; při jeho ladění se ovšem bez postupného výpočtu uvedených veličin neobejdete.

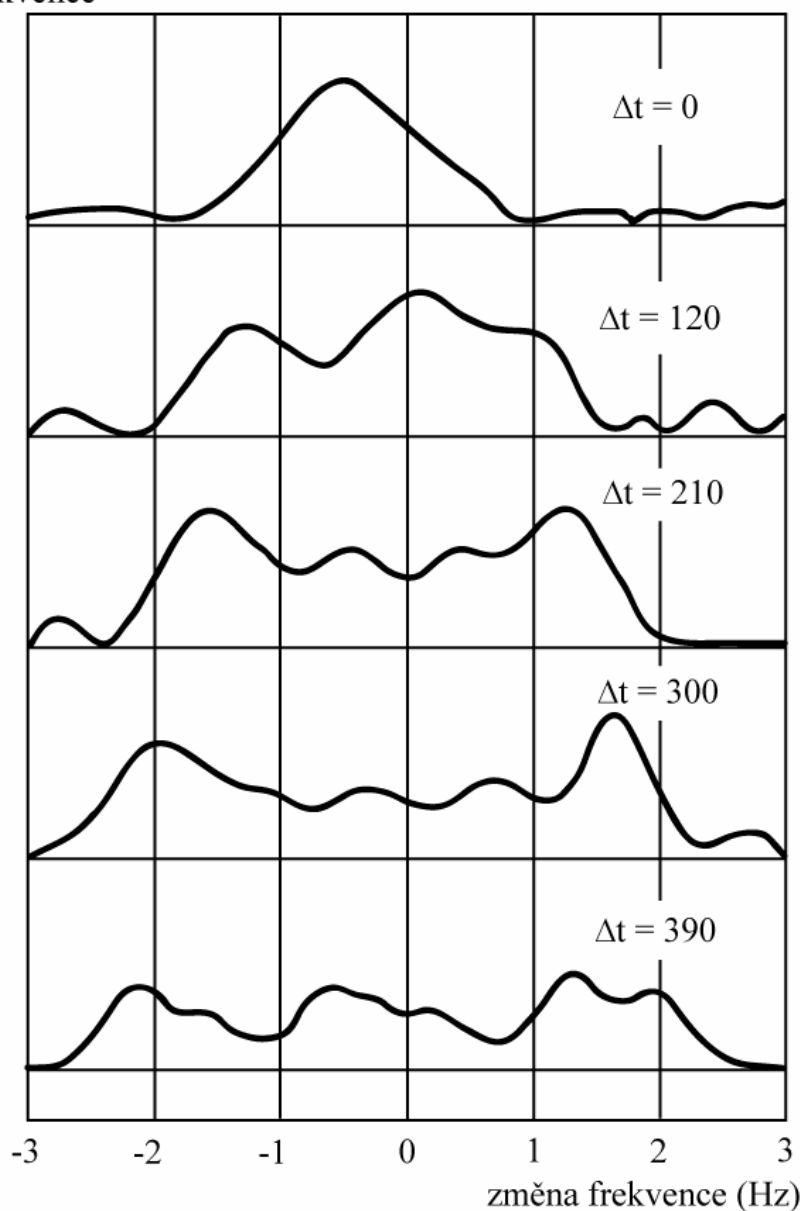
3. Naše skleněné a rádiové oči

byl 0,3977 AU od Slunce, Země 1,0116 AU od Slunce a úhel Slunce-Země-Merkur byl roven 4° . Vyslaný impuls z radaru se po odrazu od Merkuru vrátil zpět na Zemi za 616,125 s.

Praktikum bylo připraveno 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).

Vstupní data, výsledky:

přijatý tok záření
dané frekvence



Obr. 3. Záznamy radarových signálů odražených od Merkuru (Δt uvedené u každého záznamu je mikrosekundách). Pozorování je ze 17. 8. 1965, radioteleskop Arecibo, Portoriko (jeho snímek používáme jako „logo“ této kapitoly). Frekvence vyslaného impulsu byla 430 MHz.

3. Naše skleněné a rádiové oči

Tabulka 1

Δt (μs)	Δv (Hz)	r (km)	x (km)	y (km)	v_0 (km s^{-1})	v (km s^{-1})	P (dny)
120							
210							
300							
390							
aritmetický průměr:							

Podle bodu 4: délka 1 AU = _____ km.