

Masurarea vitezei de rotație a planetei Saturn

prin metoda Doppler-Fizeau

Efectul Doppler (Doppler Shift) este esențial pentru înțelegerea mișcării obiectelor cosmice care emit unde electromagnetice (inclusiv lumina). Viteza relativă dintre obiectul sursă și observator conduce la o deviație a proprietăților reale ale undelor emise de către un obiect ceresc.

Hippolyte Fizeau (1819-1896) a arătat că liniile spectrale ale unui obiect în mișcare suferă o deplasare direct proporțională cu deviația lungimii de undă.

Dacă sursa de lumină se îndepărtează de observator, perioada (implicit și lungimea de undă) este percepută ca fiind mai mare decât cea originală, deplasarea se face astfel către zona infraroșu din spectru (Red Shift).

Dacă sursa de lumină se apropie de observator, perioada asociată este mai mică decât cea originală, deplasarea se face către zona albastră din spectru (Blue Shift).

Pentru viteze nerelativiste, viteza radială poate fi exprimată astfel:

$$Vr = \frac{\Delta\lambda * c}{\lambda}$$

Unde:

c - viteza luminii

$\Delta\lambda$ – deviația lungimii de undă a liniei spectrale

λ – lungimea de undă

Spectrul planetelor mari din sistemul nostru solar reprezintă practic o "oglină" a spectrului emis de Soare.

Folosind un spectroscop de înaltă rezoluție, cu fantă, se poate determina prin efectul Doppler-Fizeau viteza de rotație a planetelor mari. În exemplul următor s-a utilizat un spectroscop Lhires III cu o rețea de difracție de 2400 linii/mm și o fantă de 23 microni pentru a măsura viteza de rotație a planetei Saturn.

Ecuția de mai sus poate fi folosită pentru surse care emit lumina. Pentru calculul vitezei radiale de rotație a planetelor, ecuația se modifică deoarece sursa de lumina este Soarele iar noi măsurăm spectrul emis de Soare și reflectat de planetă. Ținând cont de rotația planetei Saturn, vom avea o parte a spectrului care se îndreaptă către noi (blue shifted) și alta care se îndepărtează (red shifted). Din această cauză noi măsurăm viteza de 2 ori la ecuatorul planetei și trebuie să ținem cont de efectul Doppler de 2 ori, deci să multiplicăm cu un factor de 1/2. Deasemenea, deoarece lumina emisă de Soare a fost deviată prin absorbție și apoi prin reflexie, va trebui să multiplicăm din nou cu un factor de 1/2. Astfel va trebui să utilizăm un factor de corectie de 1/4, ecuația noastră devenind:

$$Vr = \frac{\frac{1}{4} * \Delta\lambda_{obs} * c}{\lambda_0}$$

Pentru a putea măsura corect, fanta spectroscopului trebuie centrată pe linia de ecuator a discului aparent al planetei. În cazul de față cu ajutorul unei camere de ghidaj (fig. 1). Banda centrală orizontală a spectrului reprezintă spectrul planetei iar cele 2 benzi mai subțiri, superioară și inferioară, provin de la inelul planetei. Se pot observa o multitudine de linii de absorbție, atât verticale cât și înclinate (oblice).

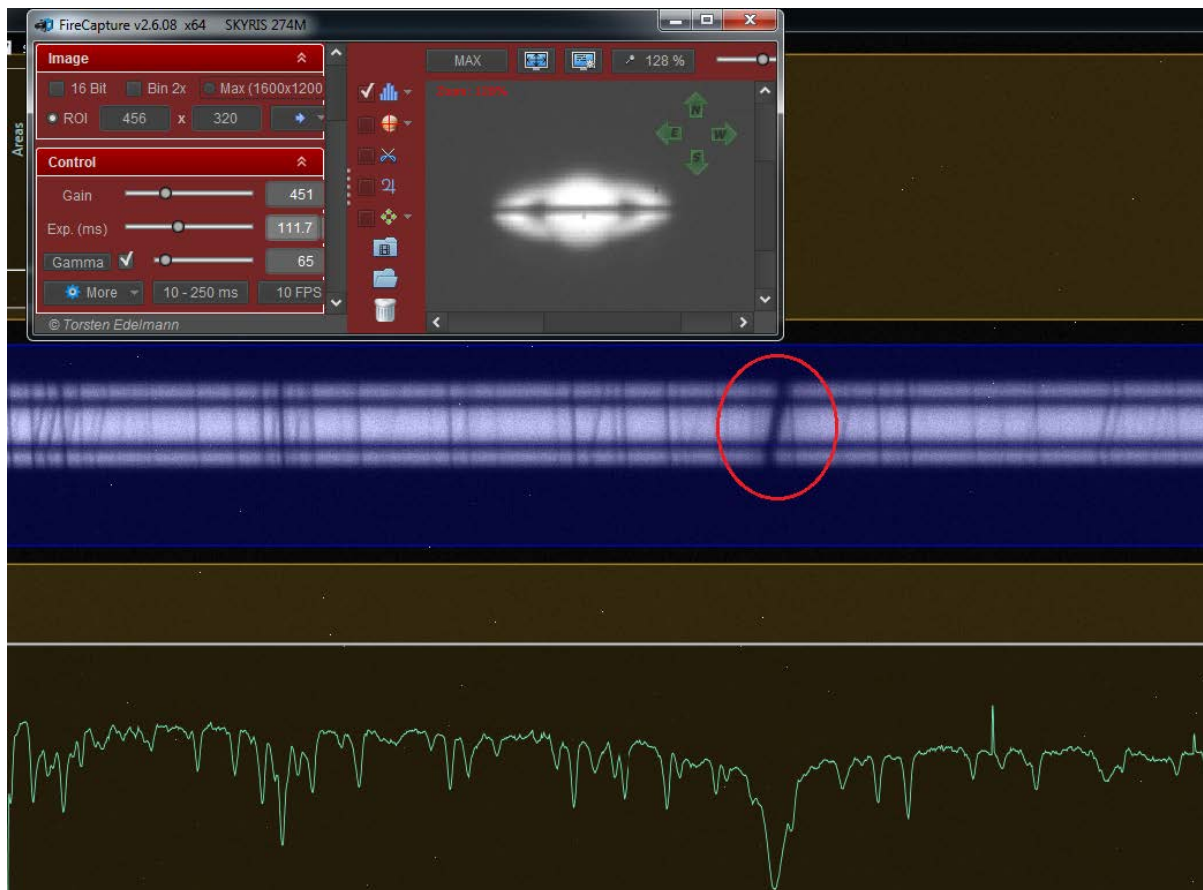
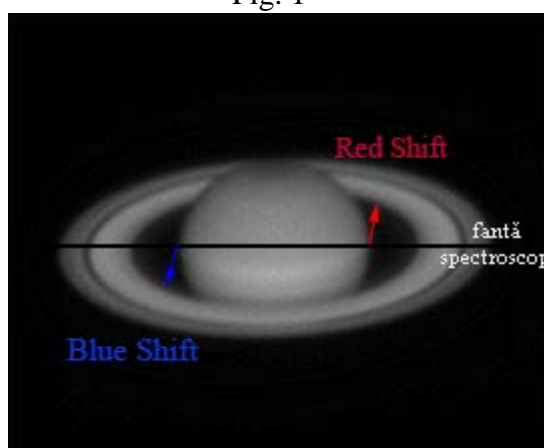


Fig. 1



-detaliu aliniere fantă spectroscop-

Putem observa că liniile de absorbție ale luminii emise de Soare și reflectate de atmosfera planetei sunt oblice. Liniile spectrale generate de atmosfera Pământului (liniile telurice ale H₂O) nu sunt afectate de rotația planetei Saturn și de aceea le regăsim verticale.

Zona încercuită cu culoare roșie este cea de interes, calculul îl vom face folosind cea mai proeminentă linie de absorbție din intervalul ales și anume Hydrogen Alpha = 656.28 nm. Valoarea deviației (dx) reprezintă diferența în pixeli dintre limita superioară și cea inferioară a liniei Hydrogen Alpha măsurate exclusiv la linia de ecuator a planetei, inelele fiind excluse.

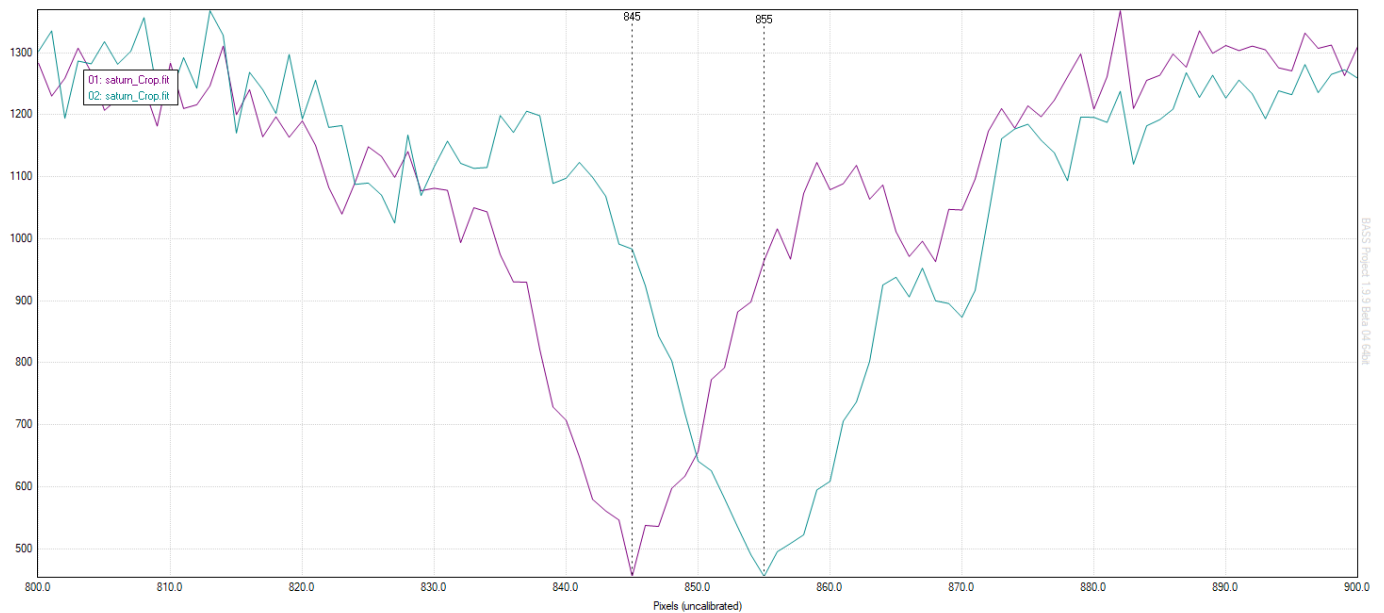


Fig. 2

Măsurând deviația Doppler-Fizeau a liniei Hydrogen Alpha (fig. 2) găsim o valoare $dx=10$ pixeli, cu o dispersie de 0.00832158 nm/pixel (calculată în BAAS Project)

Rezultate:

$$\lambda_0 = 656.28\text{nm}$$

$$\Delta\lambda_0 = 0.00832158 \text{ nm/pixel (dispersia)}$$

$$Dx = 10$$

$$\Delta\lambda_{\text{obs}} = \Delta\lambda_0 * dx$$

$$C = 300000 \text{ km/s}$$

De unde rezultă $V_r = 9.509 \text{ km/s}$

Conform informațiilor găsite în bibliografie, viteza medie acceptată este de **9.7 km/s** ceea ce conduce la o abatere de 2.1%.

În figura 3 se regăsește spectrul calibrat și normalizat al planetei Saturn, din zona Hydrogen Alpha.

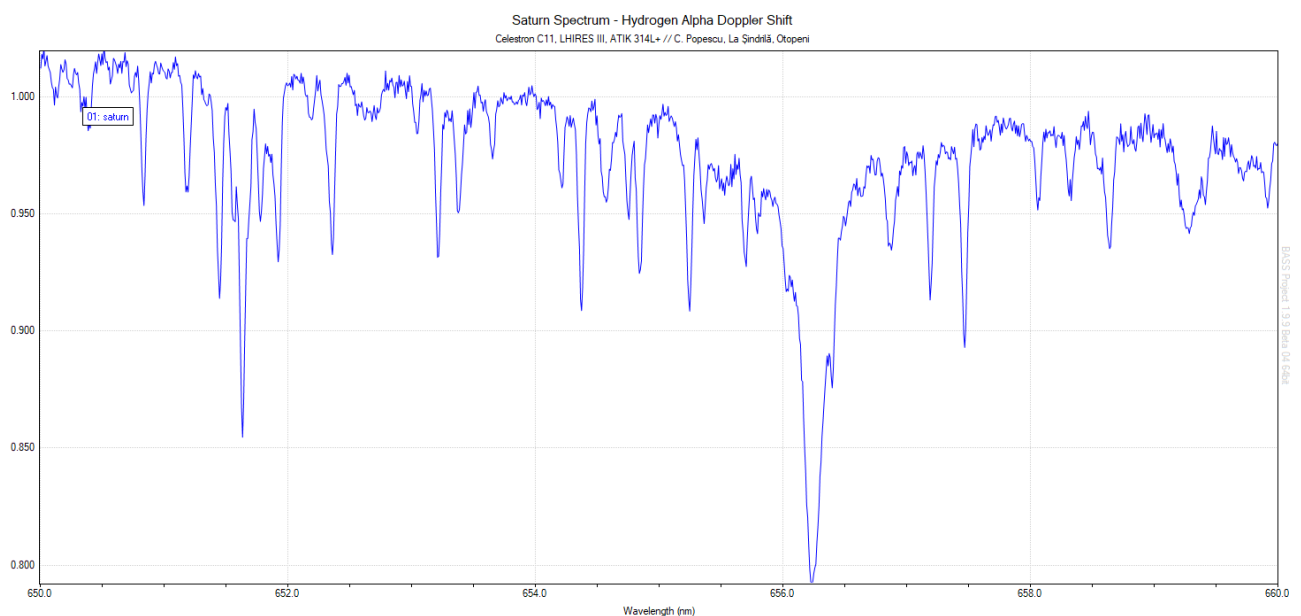


Fig. 3

Resurse hardware:

Telescop - Celestron C11

Spectroscop - LHIRES III, 2400 linii/mm, 23 μ

Camera spectroscop - ATIK 314L+

Camera ghidaj - Celestron Skyris 274M

Resurse software: BAAS Project, Demetra, FireCapture

Timp expunere – 1 x 180 sec.

Bibliografie:

1. Spectroscopy for amateur astronomers – by Marc F.M. Trypsteen and Richard Walker
2. Shelyak Instruments – Planet's rotation

Autor: Cristian Ioan Popescu