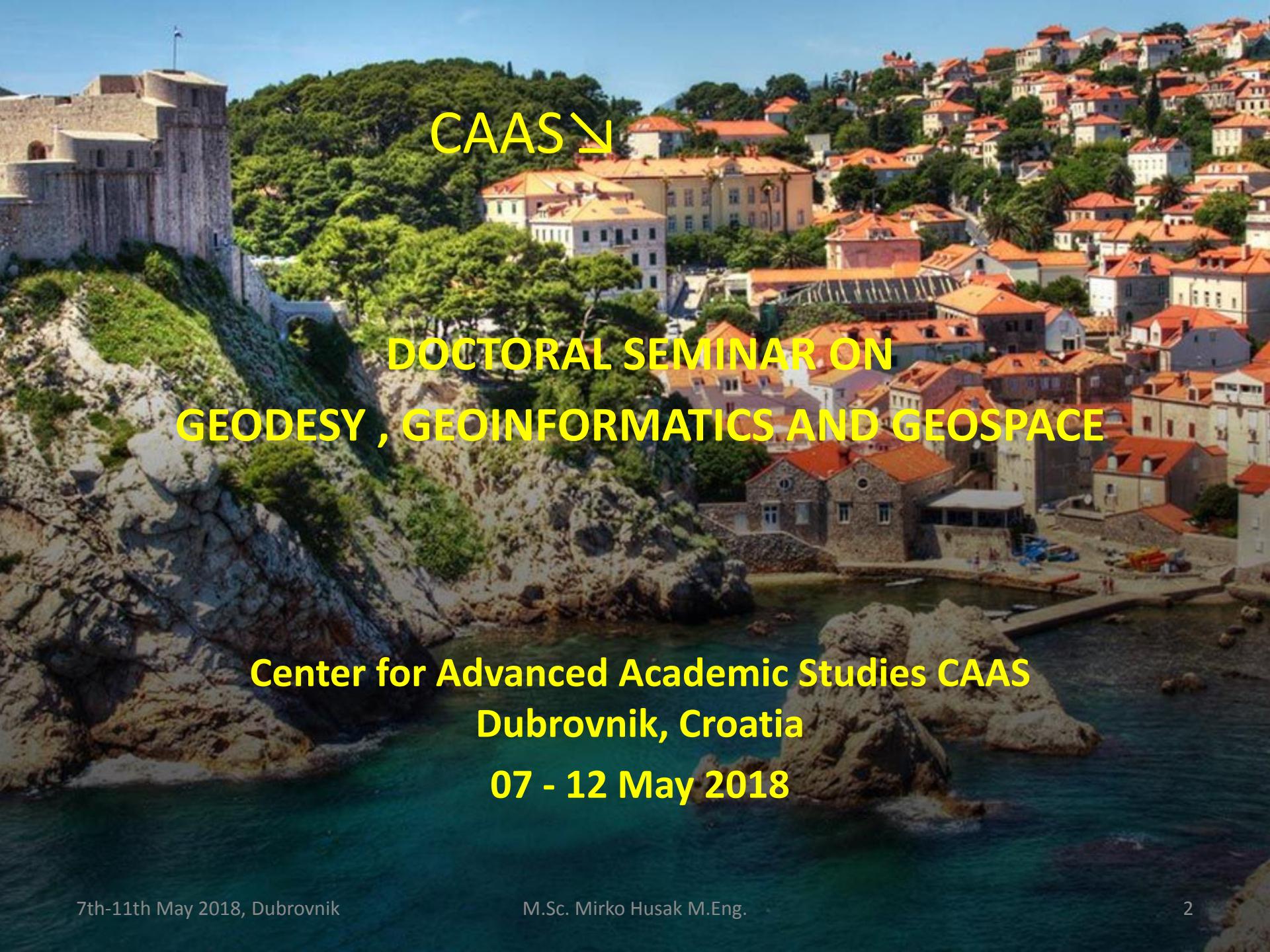


DOCTORAL SEMINAR ON GEODESY , GEOINFORMATICS AND GEOSPACE

**Center for Advanced Academic Studies CAAS
Dubrovnik, Croatia**

07 - 12 May 2018

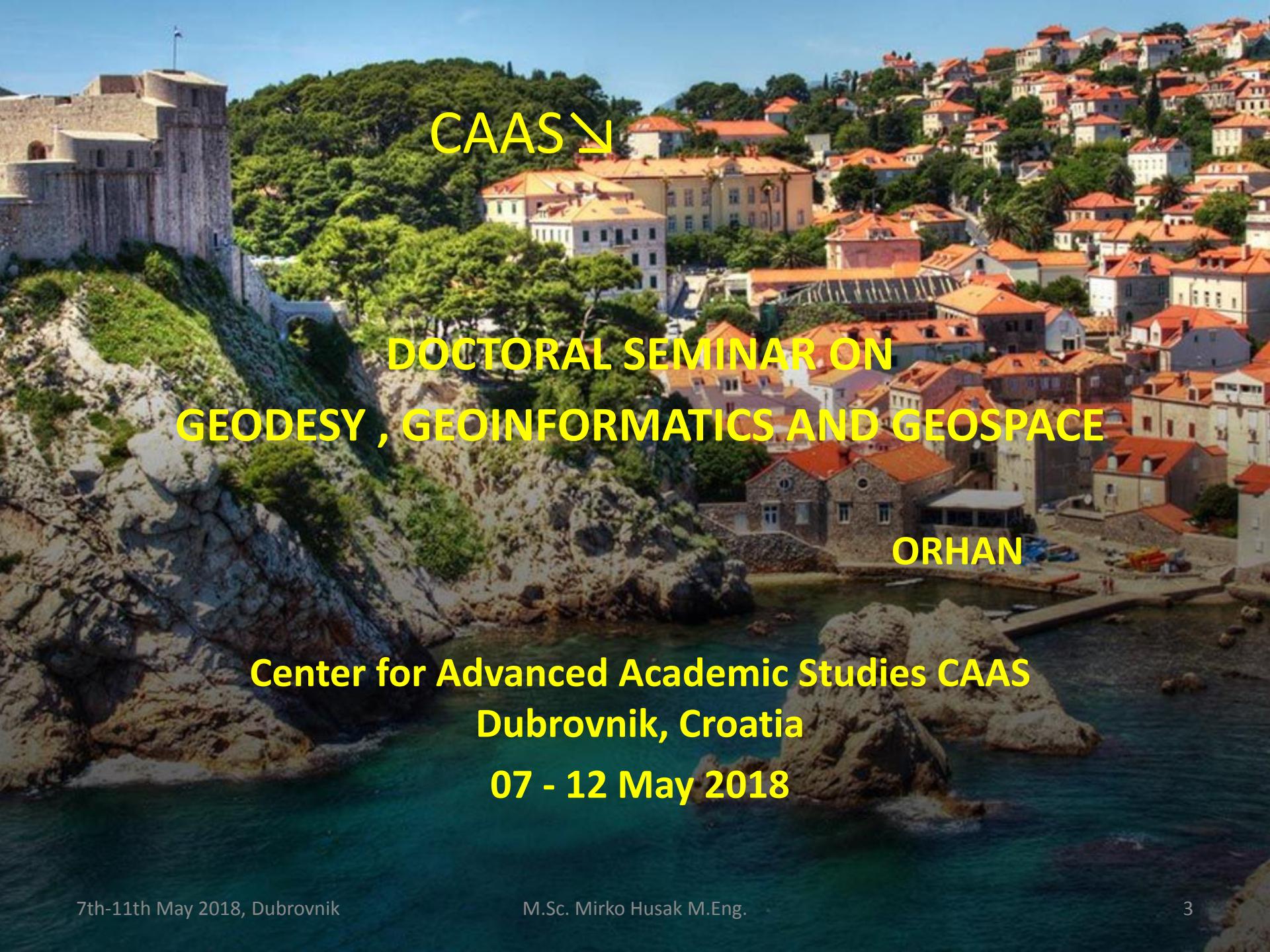


CAAS

**DOCTORAL SEMINAR ON
GEODESY , GEOINFORMATICS AND GEOSPACE**

**Center for Advanced Academic Studies CAAS
Dubrovnik, Croatia**

07 - 12 May 2018



CAAS

DOCTORAL SEMINAR ON
GEODESY , GEOINFORMATICS AND GEOSPACE

ORHAN

Center for Advanced Academic Studies CAAS
Dubrovnik, Croatia

07 - 12 May 2018

DOCTORAL SEMINAR ON GEODESY , GEOINFORMATICS AND GEOSPACE

Center for Advanced Academic Studies, Dubrovnik, Croatia

07 - 12 May 2018

M. Sc. Mirko Husak M. Eng.

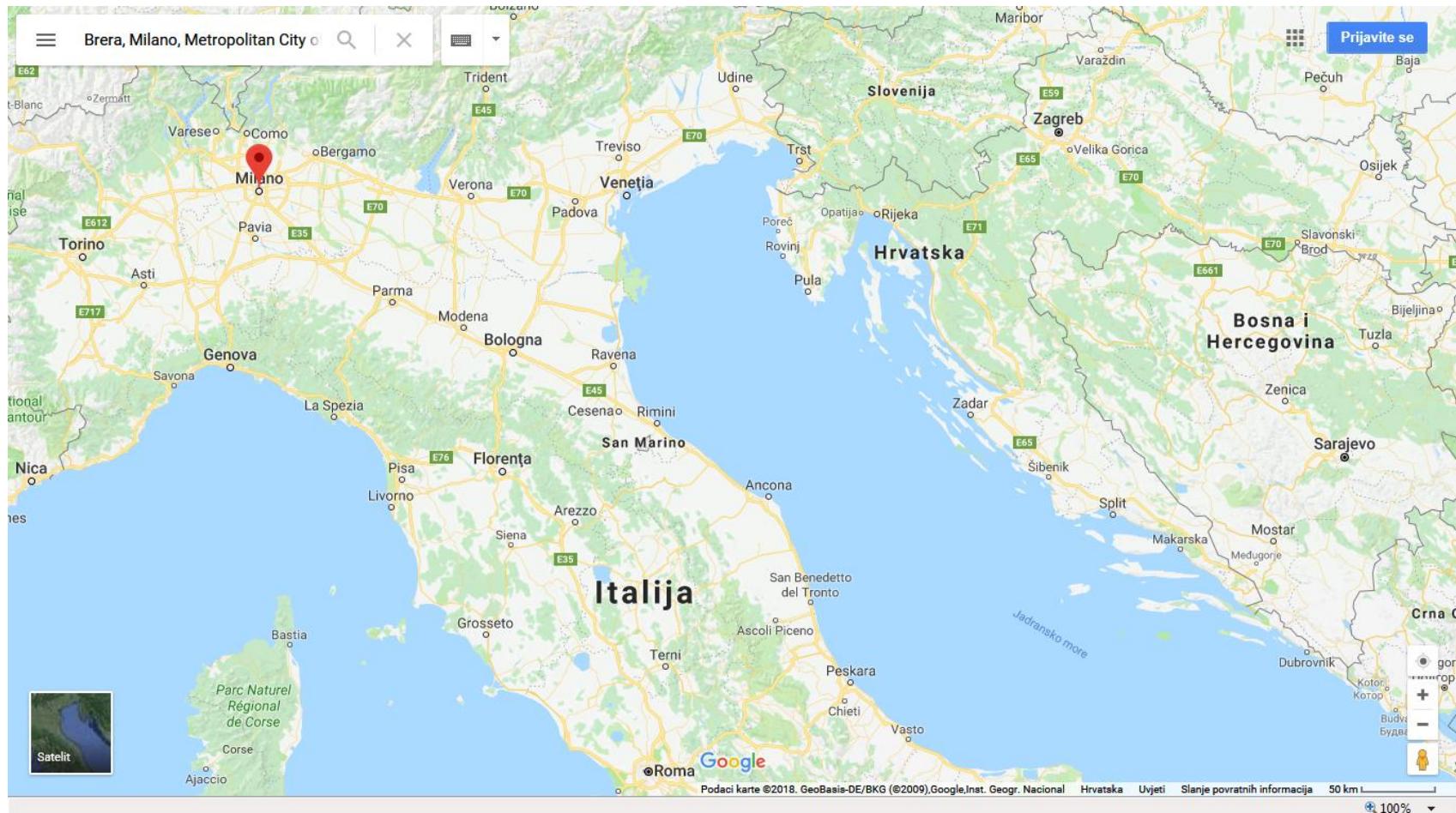
PhD student

Faculty of geodesy, Zagreb University

Contribution of Ruđer Bošković in determining Sun rotation elements i $i \Omega$ using Sunspot observations

DOCTORAL SEMINAR ON GEODESY , GEOINFORMATICS AND GEOSPACE

Dubrovnik, Croatia



Contents

1. Ruđer Bošković – life and work – in brief
2. Sun rotation elements i i Ω
3. Research work of Bošković
4. Contemporary research of the rotation elements of the Sun
5. Conclusions
6. Summary

1. Ruđer Bošković – in brief

(Dubrovnik, 18th May 1711-Milan, 13nd February 1787)

Jesuit priest

Astronomer: Brera observatory

Polymath: Applied mathematics

Geometric method

Boscovic's adjustment: $\sum|v_i|=\text{minimum}$

Physists: Model of atom

Constructor of optical instruments

Geodesist: survey of arc of the meridian

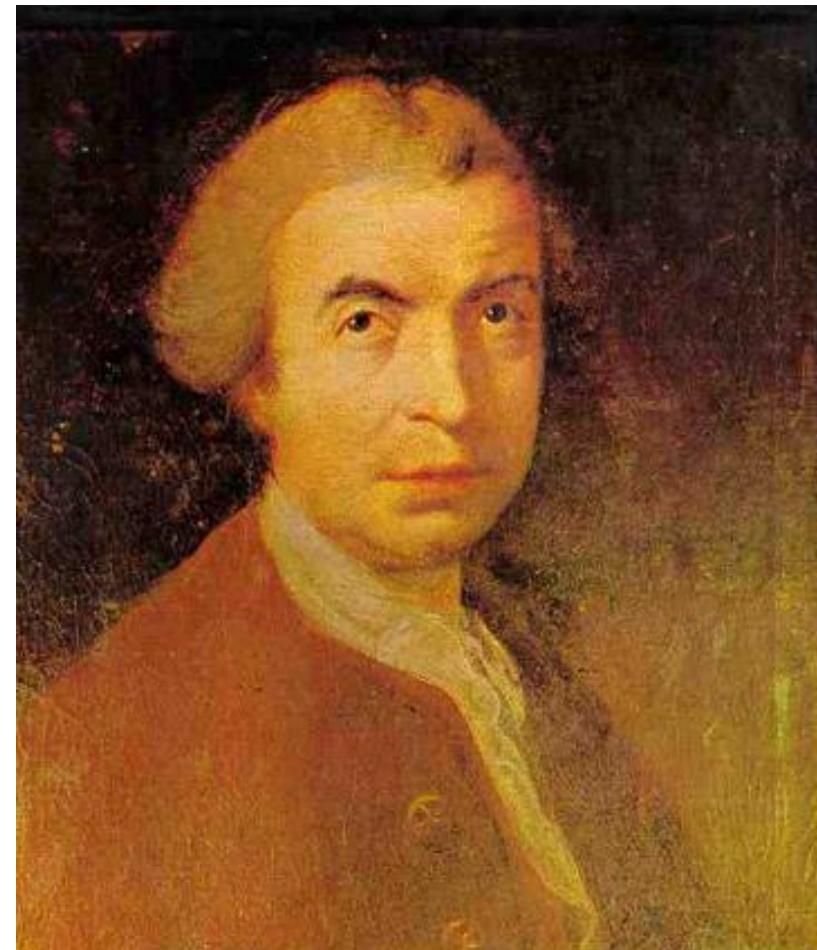
Rome – Rimini

Philosopher: Philosophiae naturalis theoria

Poet: scientific poems in hexameter

Cartographer: Map of States of the Church

Diplomacy: Lucca, Dubrovnik



Portrait by [Robert Edge Pine](#), London, 1760.

Life and work

1711 – 1725 Dubrovnik

1725 – 1757 Rome, student and teacher

1747 Visiting home – Dubrovnik

1757 – 1763 Vienna: diplomatic duties for Lucca, Philosophiae naturalis theoria

1760 Visiting London and Greenwich observatory

1764-1773 Teaching in Pavia, Brera – instruments, project for observatory

1774 – 1782 Paris, Director of optics for the navy

1782 – 1785 Bassano, Italy. Opera I-V

1787 He passed away

Education

Dubrovnik (-1725): **Collegium Ragusinum**



Rome (1725-1760): **Collegium Romanum**
Student (1727-1741) and Teacher (1740-1760)





Parere di tre Matematici sopra i danni che si sono trovati nella Cupola di S. Pietro (1742)

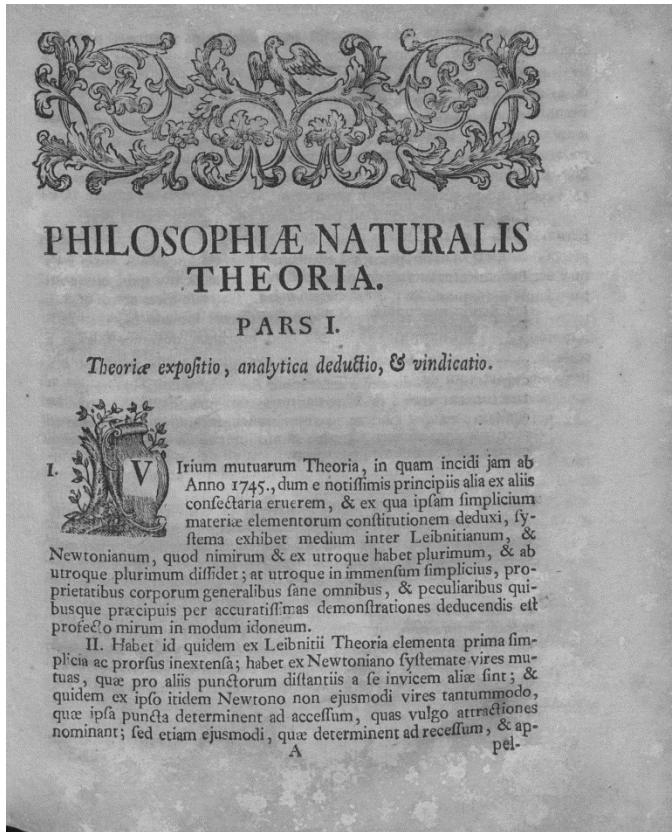
(On the opinion of three mathematicians concerning the damage to the dome of St Peter's)

[\(https://en.wikipedia.org/wiki/Roger_Joseph_Boscovich\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Roger_Joseph_Boscovich)

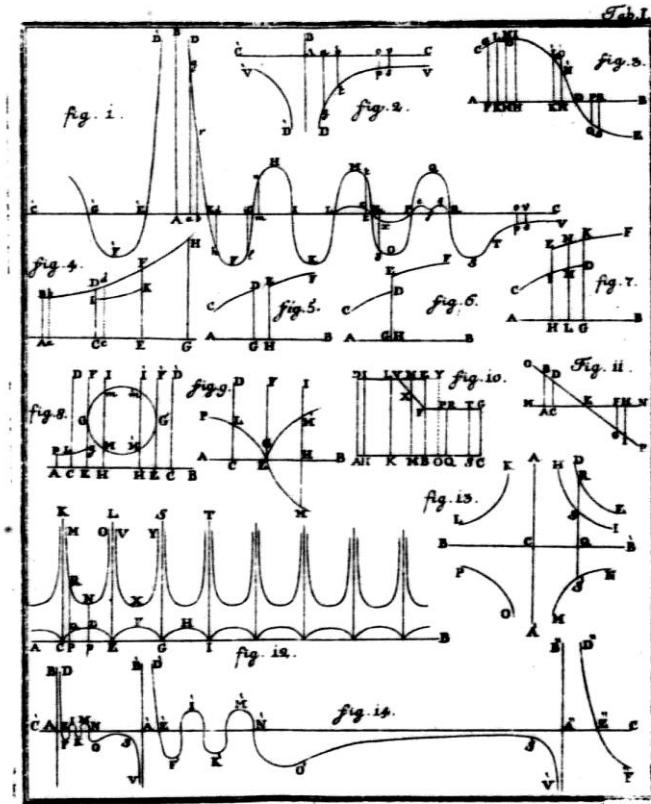
Philosophiae naturalis theoria.

Main work based on one natural law

Vienna 1757, Venice 1763

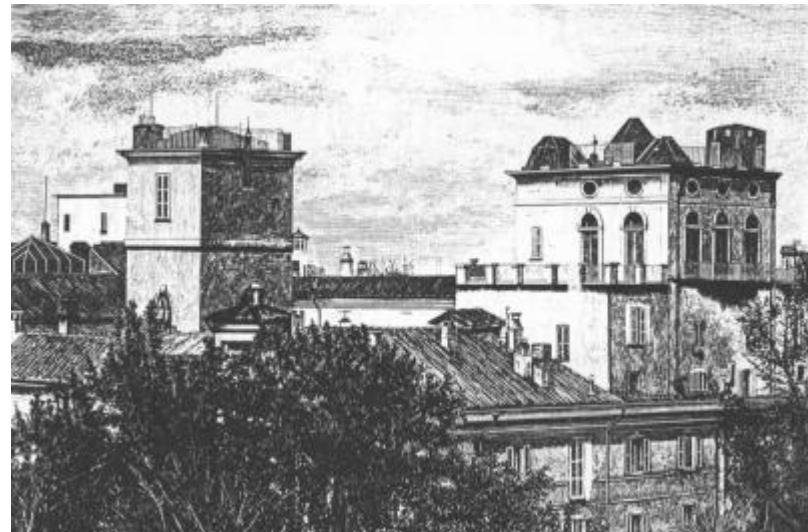


Boscovic's curves



Life and work

Pavia 1764
Brera – Milan



**Model of the Brera observatory made by
Ruđer Bošković (Museo nazionale della
Scienza e della Tecnologia "Leonardo da
Vinci,")**



Brera

Brera observatory today

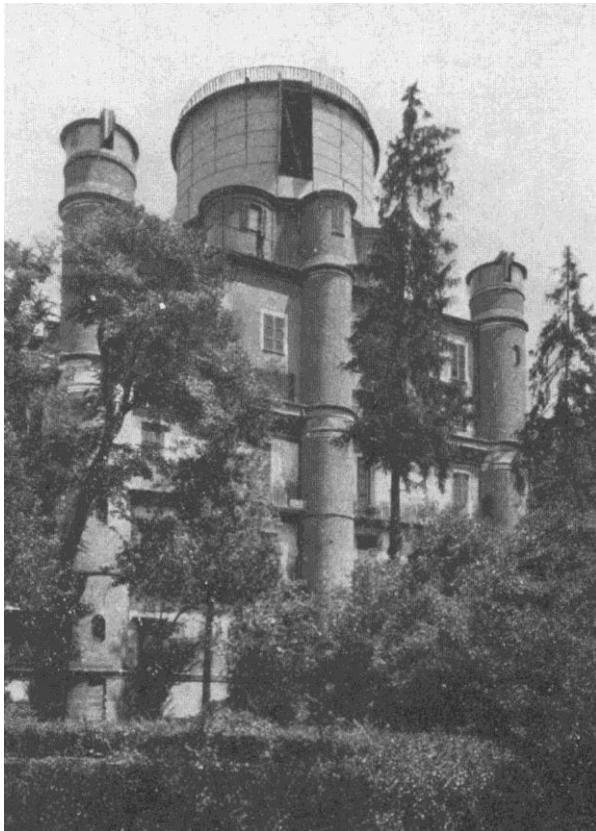
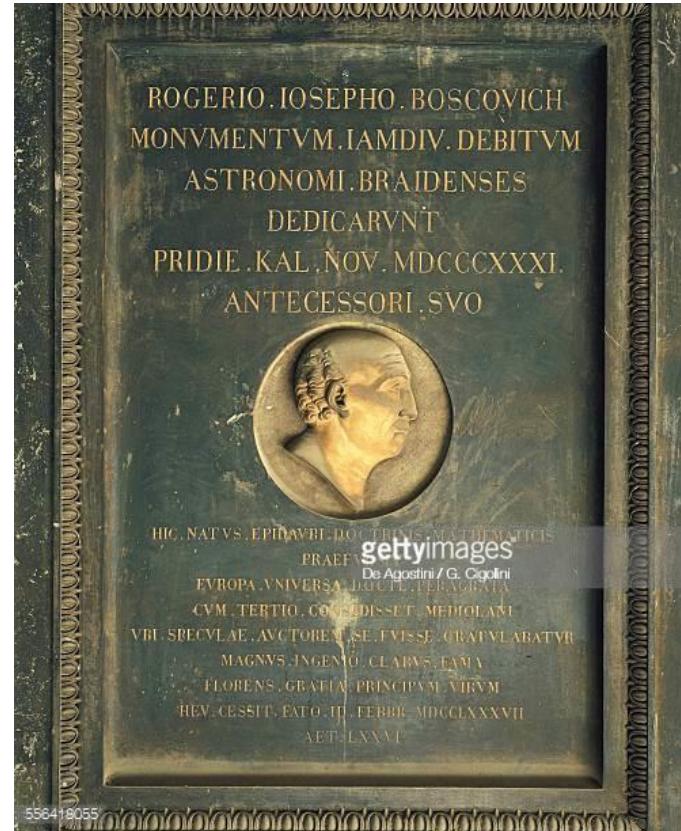


Plate in Brera Observatory



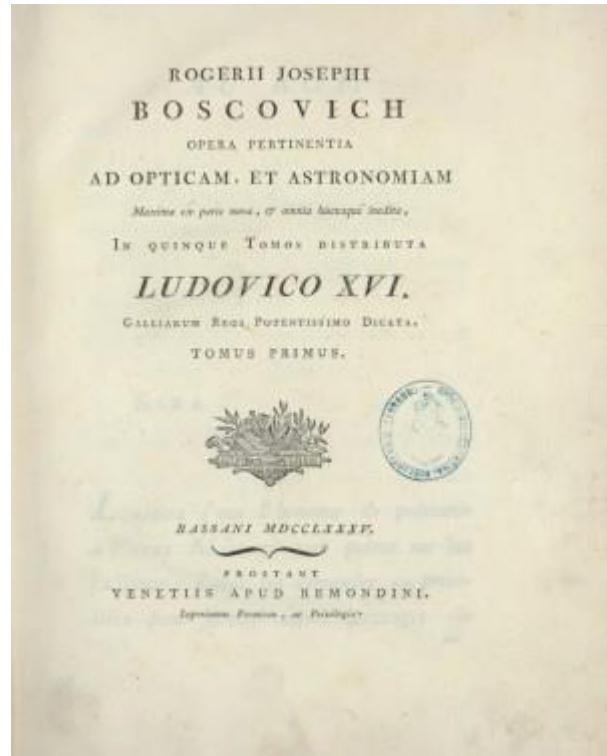
Paris (1774-1782)

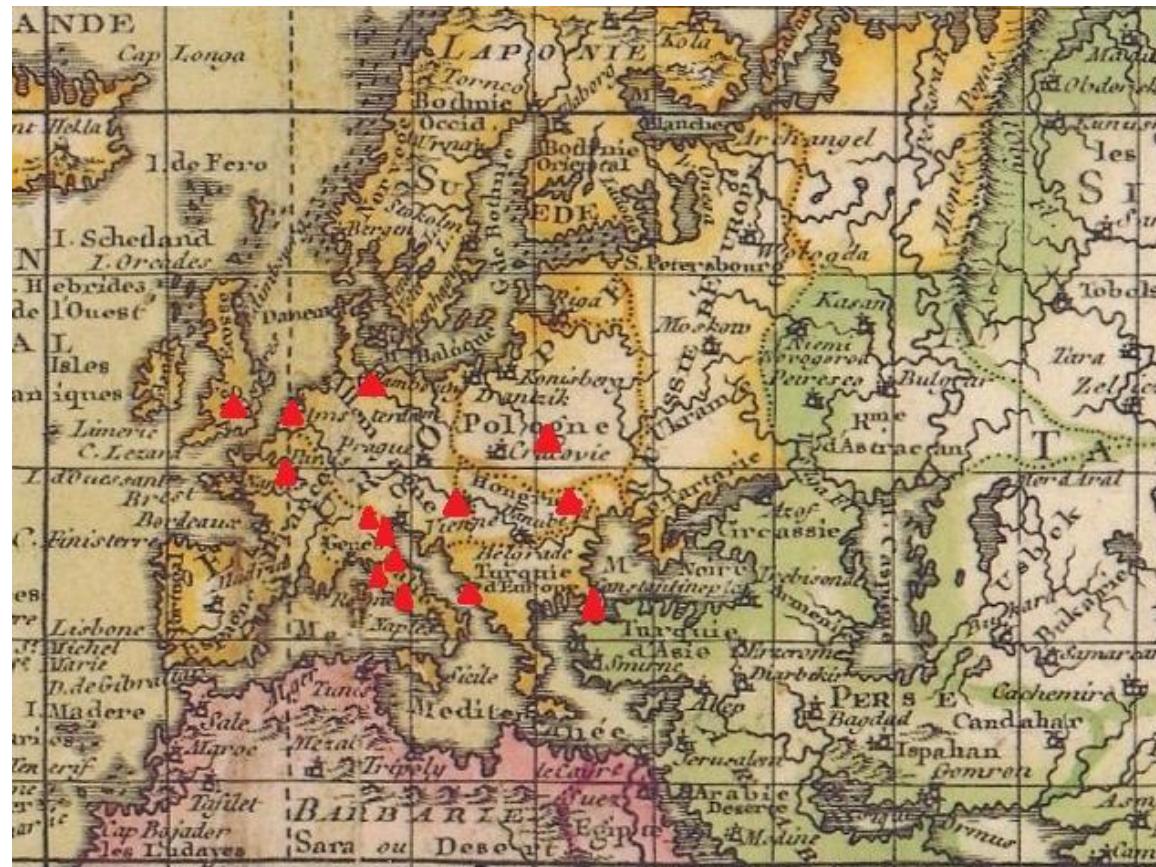
Preparing and editing Opera's

Director of optics for the navy

- Works on optics and astronomy (I-V)
- an elegant solution of the problem to determine the orbit of a comet from three observations, and
- works on micrometre and
- achromatic telescopes.

Bassano (1782-1785)





Map of diplomatic activities - Bošković's travells

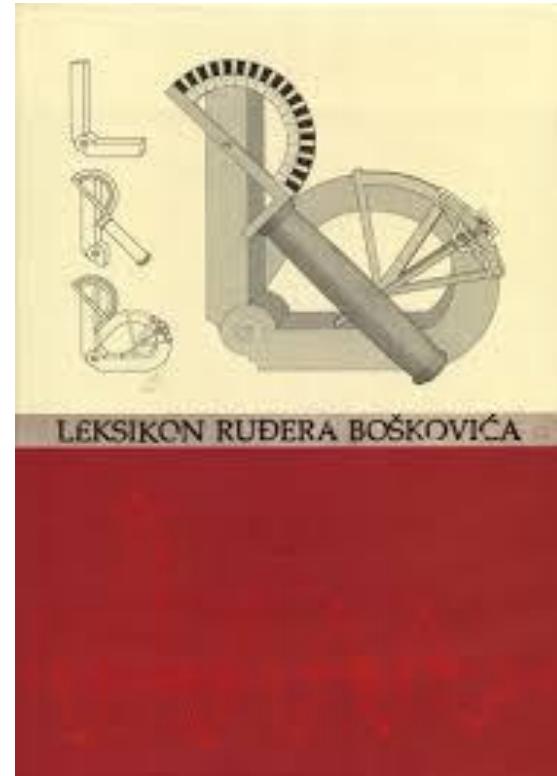
<http://virtualna.nsk.hr/boskovic/diplomacija/>

More about Josip Ruđer Bošković...

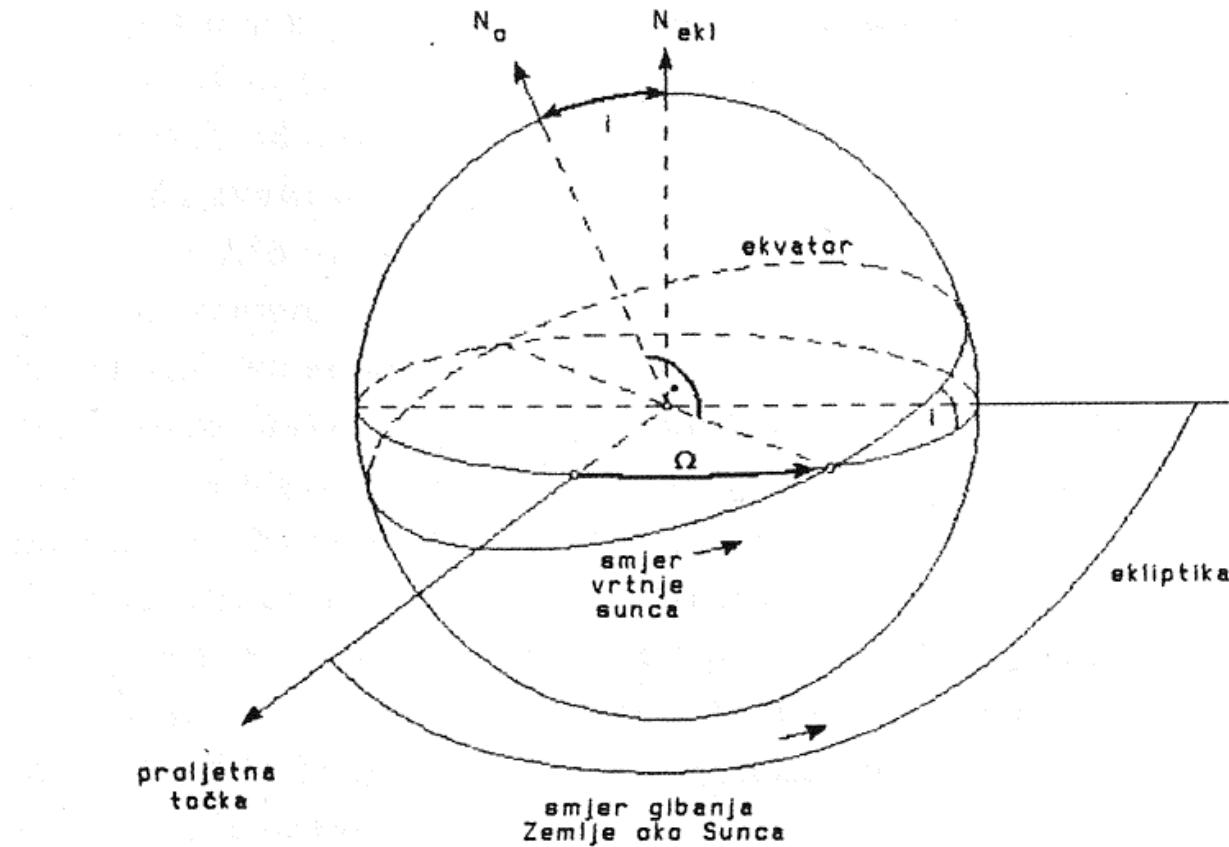
Links and books

- <http://virtualna.nsk.hr/boskovic/>
- Leksikon Ruđera Boškovića
Brief and informative
- https://en.wikipedia.org/wiki/Roger_Joseph_Boscovich

Leksikon Ruđera Boškovića



Sun rotation elements i i Ω



Slika 4 - 2: Elementi rotacije Sunca.

Sun rotation elements i i Ω

Carrington elements of Sun rotation

Sun rotation

Positions of Sunspot

heliographic coordinates (B,L)

i - inclination angle between planes of ecliptic and equator of Sun

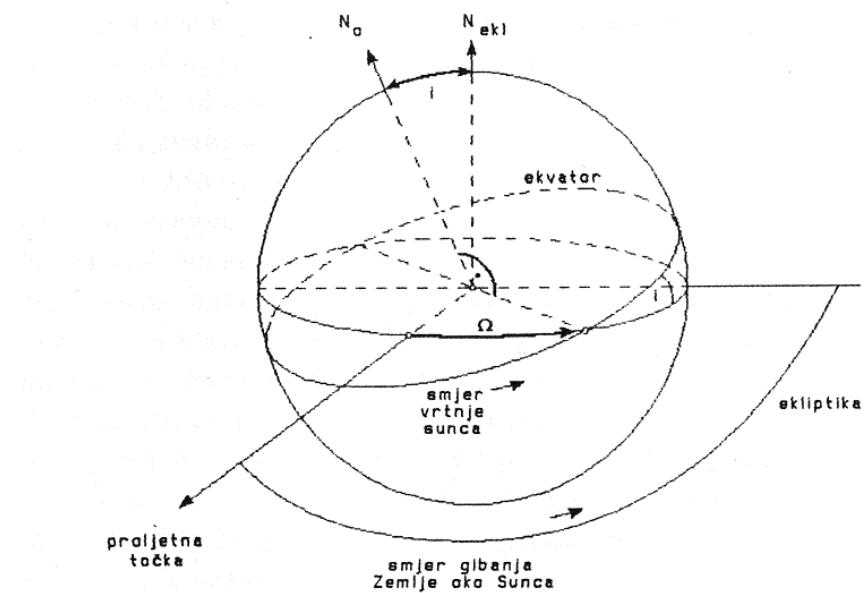
Y - year

$$\Omega = 74,40^\circ + (Y - 1850) \cdot 0,014^\circ$$

$$i = 7,25^\circ$$

Sun rotation period lasts 25-29 days (Bogutovac 2011).

Sun



Slika 4-2: Elementi rotacije Sunca.

Differential rotation of Sun

Sun rotation

Sun is plasma body

Faster closer to Sun equator

Slower closer to Sun pole

Positions of Sunspot

heliographic
coordinates (B,L)

Sun rotation period

lasts 25-29 days

(Bogutovac 2011).

Reinsch et al (1999)

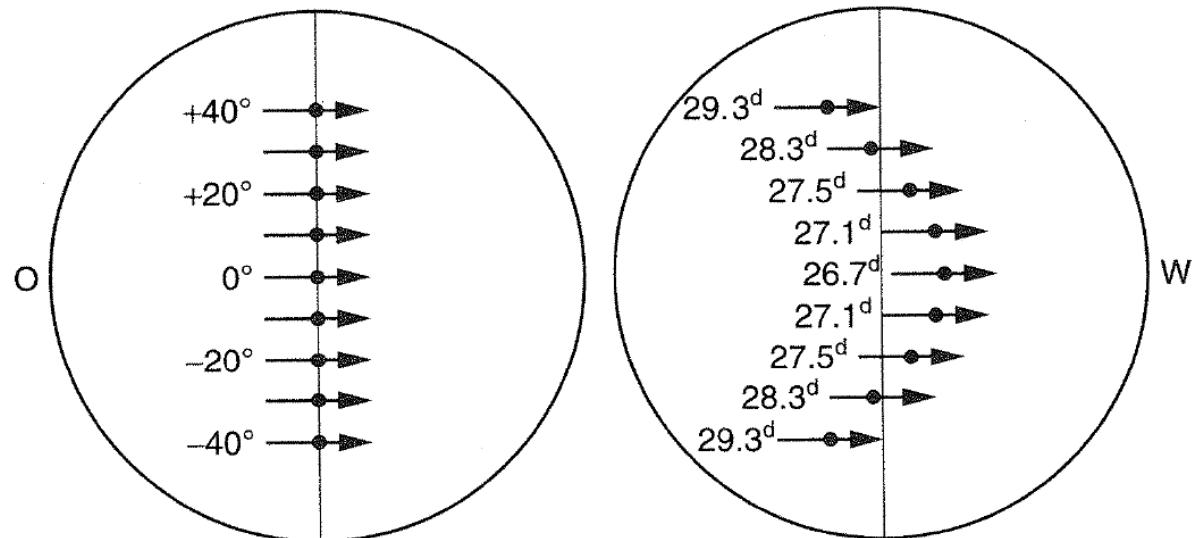


Abb. 7.4: Differentielle Sonnenrotation.

Heliographic coordinates (B,L) and Plane coordinates (x, y)

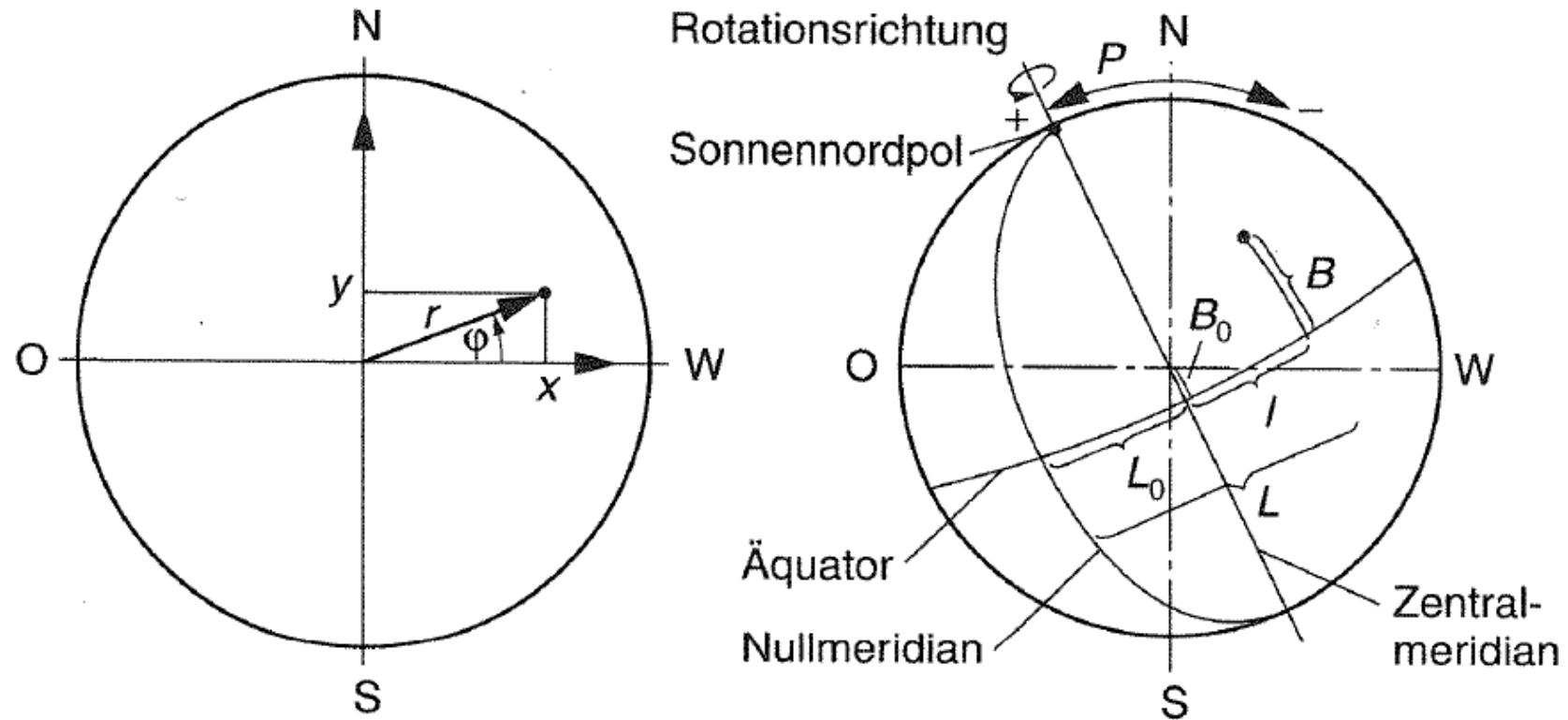


Abb. 7.1: Ebene Koordinatensysteme für Lagemessungen (links) und heliographisches Koordinatensystem (rechts).

Mathematical model

$$x = R \cos B \sin l$$

$$y = R (\sin B \cos B_0 - \cos B \sin B_0 \cos l)$$

$$\sin \theta = r / R$$

$$\sin B = \cos \theta \sin B_0 + \sin \theta \cos B_0 \sin \varphi$$

$$\sin l = \cos \varphi \sin \theta / \cos B$$

$$L = L_0 + l$$

Bošković's works regarding this research

- *About sunspots (De maculis solaribus)*, Rome 1736
 - Geometric and trigonometric method for determining rotation elements of the Sun using three positions of one Sunspot
- *Works regarding optics and astronomy (Opera pertinentia ad opticam et astronomiam)*, I-V. Venetiis apud Remondini, Bassano 1785.
 - *Sun rotation about its axis determined by observation of its Sunspots (Sur les éléments de la rotation du soleil sur son axe déterminés par l'observation de ses taches)*
 - In 1777 France, Bošković observed six days one regular middle-sized Sunspot and he traced its position on the Sun surface
- *On the sun, moon and eclipses (1760 De Solis ac Lunae defectibus)*
 - In the poem Bošković described how Sunspots look like

1760 De Solis ac Lunae defectibus (On the sun, moon and eclipses)

Bošković described how Sunspots look like (in Croatian):

"Sjajno nagradjuju čelo. Jer bilo da nastanu nove

Njemu nasred lica ili pjege, njih više, u jednu da se spoje.

Ili se kidaju, deru pa više ih bude iz jedne –

One u isto vrijeme na isti odlaze dio

Neba, vidimo, uvijek u krugu koncentrično kružeć

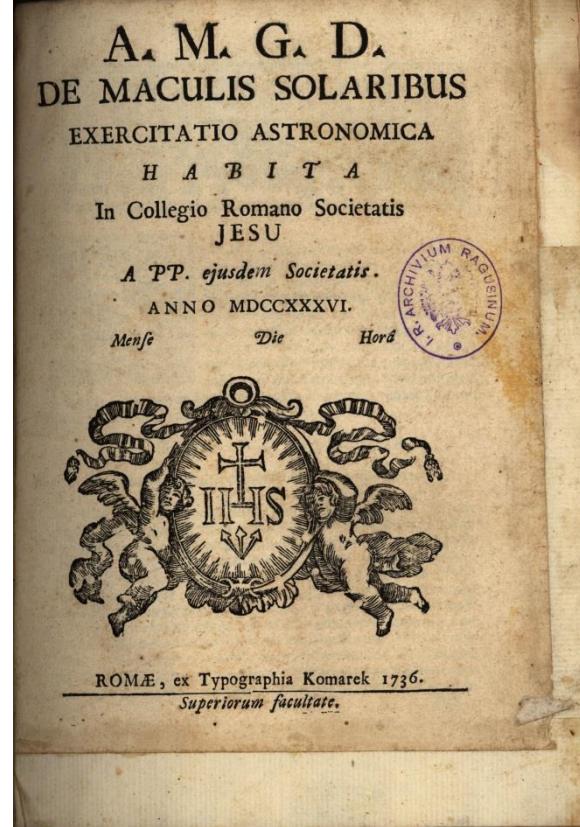
Te se oko Titana po srijedi jednodušno vrte."

Dissertations – the first one

1736 *About sunspots*

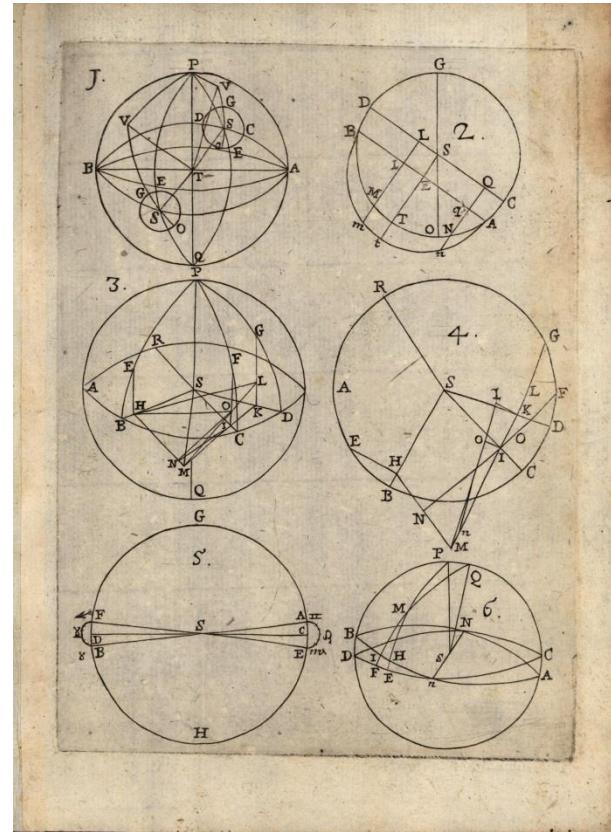


(*De maculis solaribus*)



About sunspots (De maculis solaribus), Rome 1736 – the first dissertation

- Determining rotation elements of the Sun using three positions of one Sunspot
 - Geometric method and
 - Trigonometric method for
- 7 pages in Latin, 1 page with six figures



Works regarding optics and astronomy
(Opera pertinentia ad opticam et astronomiam),
I-V. Venetiis apud Remondini, Bassano 1785.

- Opusculum II, pages 75-178, in old French
 - *Sun rotation about its axis determined by observation of its Sunspots*
(Sur les éléments de la rotation du soleil sur son axe déterminés par l'observation de ses taches)
- In 1777 France, Bošković observed six days one regular middle-sized Sunspot and he traced its position on the Sun surface
 - The observations of Bošković, pages 87-89
 - September 12, 13, 15, 16, 17, 19 1777
 - The calculations, pages 166-169
 - Tables I. – XII.
 - APPENDICE, all observations, pages 170-178
 - September 12, 13, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 1777

Results of Bošković

Period of Sun rotation:

- Absolute period of rotation 26,77 days
 - Sinodic period of rotation 28,89 days

Tab. VI.	
3 : 6	6°. 12'
4 : 6	6. 22
3 : 5	7. 18
3 : 5	9. 26
3 : 3	9. 12
	38. 40
	7. 44

Tab. VII.

Tab. VIII.

<i>Tab. IX.</i>
4 16°. 3°. 7
1 <u>12°. 3°. 0</u>
4°. 0°. 7
T 56°. 7 . . . 1,0834
M = 34°. 2°. 7 = 316°. . . 0,4866
900 . . . 0,0143
T' = 16°. 6°. 1,4203

<i>T</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>X</i>
4	1	+	26 ¹ , 69
5	2	+	26, 75
6	2	+	26, 65
5	3	+	27, 64
6	2	+	26, 82
6	3	+	26, 67
			160, 62
			26, 77

Tab. XI.

Tabular

Opera pertinentia ad opticam et astronomiam

Bošković's calculations, pages 166-167

166

TOMUS V.

Tab. I.

$12^{\circ}, 1^{\circ}, 50', 5''$	$C = \dots \dots \dots 0,18799$	$SI = \dots \dots \dots 2,87484$
$2, 25, 12$	$A = 359, 4 + 2,07723$	$\cos SIB = \dots \dots \dots 0,9714352$
$12, 2, 25, 12$	$\Delta x C = 800, 0 + 2,07723$	$\sin SIB = \dots \dots \dots 0,071151$
$-3, 48$	$B = 15, 57, 4$	$BI = \dots \dots \dots 2,520193$
$12, 3, 8, 22$	$SB = 357, 4$	$SD = \dots \dots \dots 2,746994$
	$SB' = 91, 4 + 2,07954$	
		Fig. 2
$3^{\circ}, 5$	$D = 3^{\circ}, 55, 5$	$R = \dots \dots \dots 7,0118907$
$-3, 5$	$SB = 1, 5$	$\sin SCI = 43, 0 + 0,833750$
58°	$\cos D = 3, 57 \dots \dots 0,998967$	$SI = 11$
-175°	$SI = 15 \dots \dots 2,176091$	$\sin TSC = 43, 49 + 0,831588$
$-18, 15$	$E = 43, 4 + 2,075589$	$BI = \dots \dots \dots 2,520193$
$30, 12$	$BI' = 30, 12 + 2,075589$	$SI = \dots \dots \dots 7,01189157$
$7, 6$	$\tan BST = 81, 57 \dots \dots 0,842596$	$\sin CSD = 30, 37 + 0,046640$
$5, 40, 6, 1 = \text{Ion. } \odot$	$\cos I = 23, 28 \dots \dots 0,995168$	
	$\cos D = 3, 51, 5 + 0,000020$	$\cos CSD = \dots \dots \dots 0,998744$
$23, 0$	$\cos PSP = 23, 9 \dots \dots 0,999318$	$SB = \dots \dots \dots 2,746994$
$3, 1$	$SIB = 38, 48$	$SI = \dots \dots \dots 2,746994$
230		$\sin TSD = 38, 34 + 0,993183$
69°	$\sin BST = \dots \dots \dots 0,004205$	$\text{Ion. } \odot = 33, 18, 6$
$71, 30$	$BI = \dots \dots \dots 2,075589$	$\text{Ion. } \odot = 10 + 11, 45$
$21, 0$	$SI = 62, 9 + 0,814984$	$\text{Ion. } \odot = 10, 37$
$3, 0$	11°	$T.M = 13, 3^{\circ}, 1$
$3^{\circ}, 18, 5$		
$3, 55, 5 = \text{dec. } \odot$		

Tab.

167

OPUSCULUM II.

Tab. II.

	T.	M.	long.s	lat.Es
1	$12^{\circ}, 3^{\circ}, 1'$	$10^{\circ}, 11^{\circ}, 43'$	$20^{\circ}, 37^{\circ}$	
2	$15, 2, 28$	$10, 24, 43$	$19, 36$	
3	$15, 3, 7$	$11, 20, 3$	$19, 33$	
4	$16, 3, 43$	$10, 3, 1$	$19, 53$	
5	$17, 3, 18$	$9, 25, 23$	$19, 18$	
6	$19, 4, 30$	$8, 12, 9$	$19, 63$	

Tab. III. bin. 3 & 5

$C^0 - C = \dots \dots \dots 1^{\circ}, 41' \equiv 102^{\circ}, 59,01679$	$11^{\circ}, 6^{\circ}, 54$
$B^0 - B = \dots \dots 15, 20 \equiv 1350, 31,08444$	$17, 31$
$C - C' = \dots \dots 1, 4 \equiv 64, 1, 18,05180$	$20, 43$
$X = \dots \dots 16, 3 \equiv 102, 1, 18,05180$	$14, 51$
$B^0 = 11^{\circ}, 20, 3$	$102, 1, 18,05180$
$L = 18, 6, 6$	$15, 16$
$B = 10, 11, 43$	$8, 18$
$B + L = 22, 17, 48$	$10, 25$
$\log D = 11, 6, 54$	$\text{somme} = 25, 14$
	$\log D = 11, 11, 32$

En bout la quatrième & la sixième

$C - C' = \dots \dots \dots 33 \dots 1,518574$
$X = \dots \dots 8, 17 = 497 \dots 2,696237$
$B^0 = 11, 20, 3$
$L = 11, 18, 20$
$B = 10, 11, 43$
$B + L = 22, 17, 48$
$\log D = 11, 11, 32$

Tab.

Opera pertinentia ad opticam et astronomiam

Bošković's calculations, pages 168-169

168 T O M U S V.

		Tab. V.	
N =	3°. 19'. 23	BG =	19°. 33'
E' =	3. 11. 9	EC' =	22. 45
B =	11. 10. 3	SD =	0.04325
SD/H =	30. 13	SD' =	0.02220
ESD' =	31. 6	SDH =	39. 13
suppl/em.	118. 54	DGF =	30. 13
	64. 27		
		CD =	0.33053
		CD' =	0.38671
		CI =	0.02208

Tab. VI.		Tab. VII.		Tab. VIII.	
3 : 6	6°. 12'	log.D =	19°. 10'. 21'	7	30°. 21'
4 : 6	6. 22	log.B =	10. 13. 42	8	16. 36
3 : 5	7. 48	cot.BD =	38. 30	3	— 10. 17
3 : 5	9. 48	cot.BC =	30. 27. — 0.44172	4	— 34. 0
3 : 3	9. 11	tan.PM =	00. 48. 0.36719	5	— 37. 6
		PW' =	7. 44	6	— 63. 36
		sin.PM' =	30. 4. 0.06663		
		sin.PD' =	— 0.961279		
		tan.PD' =	— 30. 21. 0.77481		

Tab. IX.		Tab. X.		Tab. XI.	
4.	16°. 3. 7	4: 2 . .	26°. 69	A =	305°. 25. . 2.593190
2.	12. 3. 0	5: 2 . .	46. 71	T' =	26. 77. . 1.447048
	4. 0. 7	6: 2 . .	26. 69	(A - T) =	338. 48. . 2.446048
T	20. 7. . 1. 0.03426	5: 1: 2 . .	27. 49	T'' =	28. 59. . 1.4460706
M = 34°. 21'. 23. 06	. . . . .	6: 2 . .	26. 69		
	900.	6: 3 . .	26. 67		
T' = 16°. 69.	1. 0.03426	160. 69			
		26. 77			

Tab.

Opera pertinentia ad opticam et astronomiam

APPENDICE: Bošković's observations, pages 169-170

OPUSCULUM II.		169
Tab. XII.		
1 . . . B = 10°. 11°. 42'	SD = 0.03590	1.87831 9,725232
3 . . . B' = 11. 20. 3	SD' = 0.04233	0.00639 7.8051901
6 . . . B'' = 1. 11. 9	SD'' = 0.03210	tan. 70° 49'. 5 . . . 0.458736
DSD = 38. 21		tan. 0. 33. 7 . . . 7.990409
Supplm. . . 141. 39		SD'D = 70. 16
70. 40. 5		1.86455 9.729420
D'SD' = 51. 6		0.02015 8.304279
Supplm. . . 128. 54	CD = 0.035122	tan. 64° 27' . . . 0.320529
64. 27	CD' = 0.03463	tan. 1. 18 . . . 8.2554230
BC = 20. 37	C'D' = 0.03871	SD'D' = 63°. 9'
BC' = 19. 33	CI = 0.03748	SD'D'' = 65. 45
B'C'' = 22. 45	C'I' = 0.03108	G'D'G = 133. 25
sin.B'C'	sin.B'C'	sin.B'C' 9.524566
cos.BC	cos.B'C'.	cos.B'C' 9.506486
sin.DSD'	sin.D'SD'	sin.D'SD' 9.506486
CI	T.757459	C'I' T.283349
sin.SD'D	sin.SD'D'	sin.SD'D' 9.495421
D'G = 11.81	0.026189	sin.SD'D'' 9.495421
	1.072179	D'G' = 5.69 0.713376
D'G' = 5.69	16.979 8.770088	cos.B'C' 9.506486
16.979	6.441 0.822233	sin.D'SD' 9.506486
6.641	tan. 21°. 17'. 5 0.633069	sin.D'G'G 9.506486
G'D'G = 133°. 25'	D'G'G = 31. 51	C'I' T.283349
Suppl. . . 30. 35	SD'D' = 65. 45	sin.SD'D' 9.495421
33. 2718	B'SN = 33. 54	cos. 6°. 40' 0.02116
	B'' = 1°. 11. 9	
	N = 1. 14. 3	

Tom. V. V. AP.

APPENDICE.		170
<i>Journal des Observations de plusieurs taches du soleil faites à Nîmes près de Sens chez S. E. M^{re} le Cardinal de Luynes l'^e année 1777.</i>		
<p>On avoit vu le 11 Sept. une belle tache du soleil avancée sur son disque du côté du bord oriental : le jour suivant j'ai commencé à déterminer les positions à l'aide d'une excellente pendule à secondes, & une machine parallatique, qui avoit une lunette de 27 pouces de foyer de son objectif munie d'un micromètre. La pendule étoit réglée à une méridienne vérifiée plusieurs fois par les hauteurs correspondantes : le même jour 11 on examina le micromètre : on trouva son fil mobile bien d'accord avec le fixe du milieu, quand l'index marquoit zero; & le diamètre apparent du soleil par un bon nombre d'observations, qui ne différoient de presque rien entre elles, de 1237 parties, le même étant alors de 31°.55' dans la Connoissance des temps.</p> <p>2. J'ai déterminé tous les jours la différence horaire de cette tache, & des autres survenues après au centre du soleil par l'arrivée des deux bords du soleil, & de la tache au fil horaire perpendiculaire au mobile parcouu, ou côtoyé par une des taches, ce qui donne la différence en ascension droite, & pour la différence en déclinaison j'ai porté le fil fixe parallèle au mobile sur chaque tache, & le mobile au bord boréal du soleil.</p> <p>3. Je mettrai premièrement le nombre des parties du micromètre, qui donnent la distance de la tache au parallèle du bord boréal : en la réduisant en parties du grand cercle, & en l'étant du demi-diamètre du soleil, on trouve la différence de déclinaison de la tache à celle du centre, le signe positif indiquant, que la tache est plus boréale, le négatif plus australe : mais on n'en a trouvé aucune plus australe.</p> <p>4. Je mettrai après les temps des bords, & des taches : la demi-diffé-</p>		

Opera pertinentia ad opticam et astronomiam

APPENDICE: Bošković's observations, pages 171-172

Prikaži sljedeću stranicu (strelica za desno)															
OPUSCULUM II.						171									
<p>différence des temps des deux bords donne le temps du centre ; qui étoit du temps de la tache , donc la différence horaire en ascension droite , le signe positif indiquant , que la tache est plus orientale , le négatif plus occidentale . Je mettrai ces différences après les observations . On verra , que le mouvement dans 24 heure de la tache par rapport au centre est très-petit : ainsi on pourra prendre le milieu entre plusieurs observations , & l'appliquer à un temps intermédiaire pris en heures , & minutes , en négligeant les secondes , & prenant même les minutes par un à-peu-près .</p>															
<p>11. Sept. bord boréal... 561 ; 555 ; 559 ; 563 ; 559 : milieu 559,4</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>1 bord .. 2°. 59'. 9" 3°. 6. 42" 3°. 10. 32" 3°. 14. 27" 3°. 22. 3"</td></tr> <tr><td>1 tache .. 3°. 0.53 3°. 8. 29 3°. 12. 20 3°. 16. 14 3°. 23. 51</td></tr> <tr><td>2 bord .. 3°. 1.16 3°. 8. 50 3°. 12. 40 3°. 16. 35 3°. 25. 12</td></tr> </table> <p>Différence ... 43", 5 ; 43", 44" ; 43", 43", 5 : milieu 43", 2</p>						1 bord .. 2°. 59'. 9" 3°. 6. 42" 3°. 10. 32" 3°. 14. 27" 3°. 22. 3"	1 tache .. 3°. 0.53 3°. 8. 29 3°. 12. 20 3°. 16. 14 3°. 23. 51	2 bord .. 3°. 1.16 3°. 8. 50 3°. 12. 40 3°. 16. 35 3°. 25. 12	171						
1 bord .. 2°. 59'. 9" 3°. 6. 42" 3°. 10. 32" 3°. 14. 27" 3°. 22. 3"															
1 tache .. 3°. 0.53 3°. 8. 29 3°. 12. 20 3°. 16. 14 3°. 23. 51															
2 bord .. 3°. 1.16 3°. 8. 50 3°. 12. 40 3°. 16. 35 3°. 25. 12															
<p>12. Sept.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>1 bord .. 2°. 59'. 9" 3°. 6. 42" 3°. 10. 32" 3°. 14. 27" 3°. 22. 3"</td></tr> <tr><td>1 tache .. 3°. 0.53 3°. 8. 29 3°. 12. 20 3°. 16. 14 3°. 23. 51</td></tr> <tr><td>2 bord .. 3°. 1.16 3°. 8. 50 3°. 12. 40 3°. 16. 35 3°. 25. 12</td></tr> </table> <p>Différence ... 43", 5 ; 43", 44" ; 43", 43", 5 : milieu 43", 2</p>						1 bord .. 2°. 59'. 9" 3°. 6. 42" 3°. 10. 32" 3°. 14. 27" 3°. 22. 3"	1 tache .. 3°. 0.53 3°. 8. 29 3°. 12. 20 3°. 16. 14 3°. 23. 51	2 bord .. 3°. 1.16 3°. 8. 50 3°. 12. 40 3°. 16. 35 3°. 25. 12	TOMUS V.						
1 bord .. 2°. 59'. 9" 3°. 6. 42" 3°. 10. 32" 3°. 14. 27" 3°. 22. 3"															
1 tache .. 3°. 0.53 3°. 8. 29 3°. 12. 20 3°. 16. 14 3°. 23. 51															
2 bord .. 3°. 1.16 3°. 8. 50 3°. 12. 40 3°. 16. 35 3°. 25. 12															
<p>telescope on les voyoit bien distinctes avec cette espèce d'atmosphère de petits points , qui d'ordinaire environne le noyau bien noir .</p>															
<p>1 tache : bord bor. . . 440 ; 440 ; 440 ; 440 ; 440 : milieu 440</p>															
<p>2 tache : bord bor. . . 522 ; 522 ; 522 ; 522 ; 522 : milieu 522</p>															
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>1 bord .. 3°. 0.42" 3°. 14". 8" 3°. 17. 45" 3°. 20. 48" 3°. 24. 16"</td></tr> <tr><td>1 tache .. 3°. 7.57 3°. 15.23 3°. 19. 0 3°. 22. 4 3°. 25.31</td></tr> <tr><td>2 tache .. 3°. 8.24 3°. 15.49 3°. 19.27 3°. 22.30 3°. 25.58</td></tr> <tr><td>2 bord .. 3°. 8.50 3°. 16.15 3°. 19.53 3°. 22.56 3°. 26.24</td></tr> </table>						1 bord .. 3°. 0.42" 3°. 14". 8" 3°. 17. 45" 3°. 20. 48" 3°. 24. 16"	1 tache .. 3°. 7.57 3°. 15.23 3°. 19. 0 3°. 22. 4 3°. 25.31	2 tache .. 3°. 8.24 3°. 15.49 3°. 19.27 3°. 22.30 3°. 25.58	2 bord .. 3°. 8.50 3°. 16.15 3°. 19.53 3°. 22.56 3°. 26.24						
1 bord .. 3°. 0.42" 3°. 14". 8" 3°. 17. 45" 3°. 20. 48" 3°. 24. 16"															
1 tache .. 3°. 7.57 3°. 15.23 3°. 19. 0 3°. 22. 4 3°. 25.31															
2 tache .. 3°. 8.24 3°. 15.49 3°. 19.27 3°. 22.30 3°. 25.58															
2 bord .. 3°. 8.50 3°. 16.15 3°. 19.53 3°. 22.56 3°. 26.24															
<p>Différence 1 tache 11"; 11" ; 11"; 12"; 12" : milieu 11", 4</p>															
<p>2 tache 38 ; 37,5; 38 ; 38 ; 38 : milieu 37,9</p>															
<p>13. Sept.</p>						16. Sept.									
<p>x. J'ai déterminé la même tache : j'en ai vu avec un bon telescope une autre très-mince près du même bord , mais on ne voyoit pas avec la lanette de la machine parallatique .</p>															
<p>bord boréal... 526 ; 524 ; 521 ; 527 ; 524 : milieu 524,4</p>															
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>1 bord .. 3°. 33'. 4" 2°. 35. 44" 2°. 39. 48" 2°. 42. 33" 2°. 50. 11"</td></tr> <tr><td>1 tache .. 2°. 34.41 2°. 37. 21 2°. 41. 25 2°. 44. 11 2°. 51. 49</td></tr> <tr><td>2 bord .. 2°. 35.11 2°. 37. 52 2°. 41. 56 2°. 44. 41 2°. 52. 21</td></tr> </table>						1 bord .. 3°. 33'. 4" 2°. 35. 44" 2°. 39. 48" 2°. 42. 33" 2°. 50. 11"	1 tache .. 2°. 34.41 2°. 37. 21 2°. 41. 25 2°. 44. 11 2°. 51. 49	2 bord .. 2°. 35.11 2°. 37. 52 2°. 41. 56 2°. 44. 41 2°. 52. 21							
1 bord .. 3°. 33'. 4" 2°. 35. 44" 2°. 39. 48" 2°. 42. 33" 2°. 50. 11"															
1 tache .. 2°. 34.41 2°. 37. 21 2°. 41. 25 2°. 44. 11 2°. 51. 49															
2 bord .. 2°. 35.11 2°. 37. 52 2°. 41. 56 2°. 44. 41 2°. 52. 21															
<p>Différence ... 33", 5 ; 33", 33" ; 34", 33" : milieu 33", 3</p>															
<p>15. Sept.</p>						17. Sept.									
<p>7. On voyoit déjà bien la seconde tache plus arrondie avec la petite lanette . La première étoit beaucoup plus grande : avec le grand Y 2 tele-</p>															
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>1 bord .. 3°. 42'. 35" 3°. 45. 29" 3°. 48. 22" 3°. 51. 19" 3°. 54. 3"</td></tr> <tr><td>1 tache .. 3°. 43.39 3°. 46.33 3°. 49.25 3°. 52.23 3°. 55. 8</td></tr> <tr><td>2 tache .. 3°. 44.75 3°. 47. 8 3°. 50. 1 3°. 53.59 3°. 55.44</td></tr> <tr><td>2 bord .. 3°. 44.43 3°. 47.37 3°. 50.30 3°. 53.27 3°. 56.12</td></tr> </table>						1 bord .. 3°. 42'. 35" 3°. 45. 29" 3°. 48. 22" 3°. 51. 19" 3°. 54. 3"	1 tache .. 3°. 43.39 3°. 46.33 3°. 49.25 3°. 52.23 3°. 55. 8	2 tache .. 3°. 44.75 3°. 47. 8 3°. 50. 1 3°. 53.59 3°. 55.44	2 bord .. 3°. 44.43 3°. 47.37 3°. 50.30 3°. 53.27 3°. 56.12						
1 bord .. 3°. 42'. 35" 3°. 45. 29" 3°. 48. 22" 3°. 51. 19" 3°. 54. 3"															
1 tache .. 3°. 43.39 3°. 46.33 3°. 49.25 3°. 52.23 3°. 55. 8															
2 tache .. 3°. 44.75 3°. 47. 8 3°. 50. 1 3°. 53.59 3°. 55.44															
2 bord .. 3°. 44.43 3°. 47.37 3°. 50.30 3°. 53.27 3°. 56.12															
<p>Différence 1 tache 0"; 0" ; 1"; 0"; 1" : milieu 0"</p>															
<p>2 tache 36 ; 35 ; 35 ; 36 ; 36,5 : milieu 35, 7</p>															

Opera pertinentia ad opticam et astronomiam

APPENDICE: Bošković's observations, pages 173-174

OPUSCULUM II.										173
une de ce côté-là , & du côté opposé deux très-près l'une de l'autre , & une autre un peu plus éloignée de la grande , toutes avec des atmosphères : la seconde paroisoit bien distinée avec son atmosphère , comme le jour précédent : on la voyoit très-bien dans la petite lunette .										
1 tache : bord bor. 331 ; 332 ; 334 ; 334 ; 331 : milieu 332,4										
2 tache : bord bor. 442 ; 442 ; 440 ; 441 ; 441 : milieu 441,2										
1 bord .. 3°. 18'. 0" 3°. 24'. 23" 3°. 28'. 12" 3°. 31'. 21" 3°. 35'. 12"										
1 tache .. 3°. 18'. 53" 3°. 25'. 16" 3°. 29'. 6" 3°. 32'. 15" 3°. 36'. 7"										
2 tache .. 3°. 19'. 18" 3°. 25'. 41" 3°. 29'. 30" 3°. 32'. 40" 3°. 36'. 31"										
2 bord .. 3°. 20'. 7" 3°. 26'. 30" 3°. 30'. 19" 3°. 33'. 29" 3°. 37'. 20"										
Diff. 1 tache -- 10" ; -- 10" ; 55" ; 9" ; 55" ; 10" ; -- 9" ; milieu -- 9" ; 9"										
2 tache 14°. 55" 14°. 55" 14°. 55" 15°. 55" 15°. 55" milieu 14°. 8"										
<hr/> 19. Sept.										
11. La première tache regardée par le telescope étoit diminuée , mais avoit son atmosphère , & toutes ses compagnes étoient disparues . La seconde & la troisième étoient grossies de maniere , que la seconde bien ronde en apparence avoit une petite compagne bien peu éloignée , & la troisième moins mince aussi la sienne . L'une , & l'autre avoient le noyau bien noir entouré de cette espèce d' atmosphère .										
1 tache : bord bor. 239 ; 241 ; 240 ; 240 ; 240 : milieu 240										
2 tache : bord bor. 330 ; 332 ; 334 ; 332 ; 332 : milieu 332										
3 tache : bord bor. 610 ; 609 ; 611 ; 610 ; 611 : milieu 610,2										
1 bord .. 2°. 34'. 26" 2°. 37'. 14" 2°. 41'. 51" 2°. 48'. 47" 2°. 46'. 43"										
1 tache .. 2°. 35'. 3" 2°. 37'. 50" 2°. 42'. 26" 2°. 44'. 23" 2°. 47'. 19"										
2 tache .. 2°. 35'. 24" 2°. 38'. 10" 2°. 43'. 47" 2°. 44'. 44" 2°. 47'. 40"										
3 tache .. 2°. 36'. 22" 2°. 39'. 8" 2°. 43'. 46" 2°. 45'. 43" 2°. 48'. 39"										
2 bord .. 2°. 36'. 34" 2°. 39'. 22" 2°. 43'. 59" 2°. 45'. 55" 2°. 48'. 51"										
Diff. 1 tache -- 27" ; -- 28" ; -- 29" ; -- 28" ; -- 28" ; milieu -- 28"										
2 tache -- 6" ; -- 8" ; -- 8" ; -- 7" ; -- 7" ; milieu -- 7,2										
3 tache 52" ; 50" ; 51" ; 52" ; 52" ; milieu 51,4										
<hr/> 21. Sept.										
11. Le ciel n'étoit pas assez pur , & de temps en temps en voyant bien tout le disque du soleil , on ne pouvoit pas apercevoir les taches . A la fin on vit avec la lunette de la machine parallérique la seconde , & la troisième des jours précédents : on voyoit foiblement la petite compagnie de la troisième , & une , qu'on crut nouvelle un peu plus boréale , & un peu plus occidentale . On ne put jamais voir la première ni avec la petite lunette , ni avec le telescope , quoique on voyoit de temps en temps aussi bien la seconde peu éloignée de sa place , laquelle pourtant avoit perdu sa petite compagnie , & paroisoit plus petite . Voici les déterminations de la seconde & troisième des jours précédents .										
1 tache : bord bor. 242 ; 242 ; 240 ; 243 ; 241 : milieu 241,6										
2 tache : bord bor. 592 ; 592 ; 594 ; 594 ; 592 : milieu 592,8										
1 bord .. 2°. 47'. 29" 2°. 51'. 54" 2°. 55'. 8" 2°. 58'. 45" 2°. 1'. 42"										
2 tache .. 2°. 48". 6" 2°. 52'. 32" 2°. 55'. 47" 2°. 59'. 23" 2°. 2'. 20"										
3 tache .. 2°. 49". 2" 2°. 53'. 28" 2°. 56'. 42" 2°. 0'. 19" 2°. 3'. 16"										
2 bord .. 2°. 49'. 37" 2°. 54". 2" 2°. 58'. 16" 2°. 0'. 53" 2°. 3'. 50"										
Diff. 1 tache -- 27" ; -- 28" ; -- 25" ; -- 26" ; -- 26" ; milieu -- 26"										
3 tache 29" ; 30" ; 30" ; 30" ; 30" ; milieu 29,8										
<hr/> 22. Sept.										
13. La seconde tache étoit aussi disparue , & il y en avoit une nouvelle vers le bord oriental , qu'on voyoit bien avec la petite lunette : avec le telescope on en découvroit aussi une autre beaucoup moins éloignée du bord , & très-foible . Dans l' cor-droit de la troisième on en voyoit trois : une beaucoup plus foible que les deux autres , qu'on y avoit vu le jour précédent : une de ces deux , qui avoit été déterminée ce jour-là , avoit une petite compagnie à côté , & je crois que celle-là fut la troisième des jours antérieurs : mais j'ai commencé à déterminer la position de toutes les deux pour le cas , où celle-ci , qui sera ici la précédente										

Opera pertinentia ad opticam et astronomiam

APPENDICE: Bošković's observations, pages 175-176

OPUSCULUM II.		175	TOMUS V.		
dente des deux mises au num. 3 , fut celle , qu'on a observé depuis le 19 . La 4 sera la nouvelle .					
3 tache : bord bor. $\begin{cases} 494; 496; 496; 496; 496 \\ 516; 518; 517; 518; 518 \end{cases}$ milieu 495,6					
4 tache : bord bor. 641; 640; 640; 640 : milieu 640,2					
1 bord .. 2°. 36'. 23" 2°. 39'. 24" 2°. 42'. 30" 2°. 45'. 10" 2°. 48'. 2"					
3 tache $\begin{cases} 2. 37. 21 \\ 2. 37. 26 \end{cases}$ 2. 40. 23 2. 43. 27 2. 46. 7 2. 49. 0					
4 tache .. 2. 38. 20 2. 41. 23 2. 44. 29 2. 47. 8 2. 50. 0					
1 bord .. 2. 38. 31 2. 41. 32 2. 44. 38 2. 47. 17 2. 50. 10					
3 tache $\begin{cases} - 6'; - 5'; - 7'; - 6', 5; - 6' \\ - 1'; - 0'; - 1'; - 1, 5; - 1 \end{cases}$ milieu - 6', 1					
4 tache 53; 55; 55; 54,5; 54 : milieu 54,3					
23. Sept.					
14. La première des deux marquées 3 paroisoit plus grande que la seconde : après la 4 on en voyoit une autre nouvelle plus près du bord .					
3 tache : bord bor. $\begin{cases} 432; 431; 431; 433; 433 \\ 461; 461; 461; 461; 462 \end{cases}$ milieu 431,8					
4 tache : bord bor. 610; 610; 609; 608; 608 : milieu 609					
1 bord .. 2°. 28'. 16" 2°. 30'. 55" 2°. 33'. 49" 2°. 36'. 42" 2°. 39'. 11"					
3 tache $\begin{cases} 2. 29. 2 \\ 2. 29. 7 \end{cases}$ 2. 31. 41 2. 34. 34 2. 37. 27 2. 39. 57					
4 tache .. 2. 30. 7 2. 32. 45 2. 35. 34 2. 38. 32 2. 41. 2					
1 bord .. 2. 30. 24 2. 33. 3 2. 35. 57 2. 38. 50 2. 41. 19					
3 tache $\begin{cases} - 18'; - 18'; - 19'; - 19'; - 18' \\ - 13; - 13; - 14; - 14; - 14 \end{cases}$ milieu - 18', 4					
4 tache 47; 46; 46; 46; 47 : milieu 46,4					
25. Sept.					
176					
25. Sept.					
15. J' ai déterminé la position des trois mêmes précédentes : il y en avoir une autre nouvelle plus près du bord ; mais je n' en ai pas pris la position .					
3 tache : bord bor. $\begin{cases} 474; 474; 474; 474; 475 \\ 500; 500; 500; 500; 501 \end{cases}$ milieu 474,2					
4 tache : bord bor. 562; 562; 563; 563; 563 : milieu 562,6					
1 bord .. 2°. 23'. 17" 2°. 27'. 25" 2°. 30. 1" 2°. 32'. 55" 2°. 35'. 41"					
3 tache $\begin{cases} 2. 23. 51 \\ 2. 23. 56 \end{cases}$ 2. 28. 4 2. 30. 41 2. 33. 35 2. 36. 15					
4 tache .. 2. 24. 56 2. 29. 5 2. 31. 41 2. 34. 35 2. 37. 20					
1 bord .. 2. 25. 25 2. 29. 33 2. 32. 9 2. 35. 3 2. 37. 49					
3 tache $\begin{cases} - 30'; - 30'; - 29'; - 29'; - 30' \\ - 25; - 25; - 24; - 24; - 25 \end{cases}$ milieu - 29', 6					
4 tache 35; 36; 36; 36; 35 : milieu 35,6					
26. Sept.					
16. On voyoit avec beaucoup de difficulté les deux marquées 3 : on voyoit très-bien la quatrième avec sa suivante , qui en avoit plusieurs plus petites vers la précédente , comme aussi on voyoit encore la nouvelle plus près du bord . M. Brisson de l' Académie des Sciences a été présent à l' observation : je lui ai fait voir les taches , & directement sur le soleil par la petite lunette , & par le télescope , & sur l' image prise tant vis-à-vis de la lunette , que renvoyée à côté par un petit miroir de métal appliquée devant l' oculaire .					
3 ta-					

Opera pertinentia ad opticam et astronomiam

APPENDICE: Bošković's observations, pages 177-178

OPUSCULUM IL		177	TOMUS V. OPUSC. II.	
3 tache : bord bor.	$\begin{cases} 338, 336, 330; \\ 338; 337 \end{cases}$	: milieu 337,6	4 tache : bord bor.	$\begin{cases} 398; 398; 399; \\ 398; 399; 399 \end{cases}$
4 tache : bord bor.	$\begin{cases} 307; 308; 308; \\ 309; 309 \end{cases}$	: milieu 308,2	1 bord . . . 2°. 20' . 36" 2°. 24' . 44" 2°. 27' . 32" 2°. 33' . 56"	
1 bord . . . 3°. 2°. 22"	$\begin{cases} 3°. 5'. 11"; \\ 3°. 8'. 3" \end{cases}$	$\begin{cases} 3°. 11'. 33"; \\ 3°. 15'. 58" \end{cases}$	4 tache . . . 3°. 21' . 3" 2°. 25' . 32" 2°. 28' . 18" 2°. 34' . 43"	
3 tache $\begin{cases} 3°. 2°. 47' \\ 3°. 2°. 52' \end{cases}$	$\begin{cases} 3°. 5'. 35" \\ 3°. 5'. 40" \end{cases}$	$\begin{cases} 3°. 8'. 28" \\ 3°. 8'. 33" \end{cases}$	2 bord . . . 2°. 22' . 24" 2°. 26' . 52" 2°. 29' . 40" 2°. 36' . 4"	
4 tache . . . 3°. 3°. 52'	$\begin{cases} 3°. 6'. 40" \\ 3°. 9'. 33" \end{cases}$	$\begin{cases} 3°. 13' . 5" \\ 3°. 17' . 21" \end{cases}$	4 tache — 17"; — 18"; — 18"; — 17": milieu — 17"	
2 bord . . . 3°. 4°. 30"	$\begin{cases} 3°. 7'. 19" \\ 3°. 10'. 11" \end{cases}$	$\begin{cases} 3°. 13'. 41" \\ 3°. 18'. 0" \end{cases}$		
3 tache $\begin{cases} - 39"; - 40"; - 39"; - 37"; - 40" \\ - 34"; - 35"; - 34"; - 32"; - 35" \end{cases}$		: milieu — 39		
4 tache . . . 26'; 25'; 26'; 28'; 25'; milieu 26				
27. Sept.				
17. Les deux marquées 3 n° étoient plus visibles : j'ai déterminé la seule 4, mais à côté de sa compagne il y en avoit plusieurs, comme aussi on voyoit bien les deux autres des jours précédents avec d'autres petites : je n'en parlerai plus, & je me bornerai à la seule détermination de la 4; puisque le départ de Noslou fixé pour le commencement d'Octobre rend inutile la détermination des nouvelles.			19. On voyoit très-bien les taches des jours précédents : celle, que je continuois à déterminer, étoit belle, isolée, pure : autour de deux autres il y avoit un bon nombre des petites, surtout autour d'une des deux ; on voyoit une nouvelle bien belle, isolée, pure, très-près du bord oriental, sur lequel elle avoit monté, probablement peu après l'observation du jour précédent. Le départ fixé pour le 1 Oct. ne permit pas d'y faire attention,	
4. tache : bord bor. 470; 468; 470; 468; 470 : milieu 469,2			4 tache : bord bor. 333; 333; 333; 333 : milieu 333	
$\begin{cases} 1 \text{ bord} . . . 2°. 25' . 47" 2°. 28' . 36" 2°. 31' . 25" \\ 4 \text{ tache} . . . 2°. 26' . 47" 2°. 29' . 36" 2°. 32' . 25" \\ 2 \text{ bord} . . . 2°. 27' . 54" 2°. 30' . 43" 2°. 33' . 33" \end{cases}$			$\begin{cases} 1 \text{ bord} . . . 1°. 52' . 49" 1°. 55' . 36" 1°. 58' . 17" 1°. 3" \\ 4 \text{ tache} . . . 1°. 53' . 25" 1°. 56' . 12" 1°. 58' . 54" 1°. 1°. 39" \\ 2 \text{ bord} . . . 1°. 54' . 57" 1°. 57' . 44" 1°. 0' . 25" 1°. 3' . 11" \end{cases}$	
4 tache . . . 2°. 5'; 3°. 5'; 4°. : milieu 3°. 3			4 tache — 28"; — 28"; — 27"; — 28": milieu — 27",7	
28. Sept.				
18. On voyoit bien toutes les taches du jour précédent avec du changement dans leurs petites compagnes, & sans aucune nouvelle vers le bord oriental : j'ai déterminé la position de la seule marquée 4.			20. Ayant fait toutes ces observations, j'ai calculé après la position géocentrique & héliocentrique de la première tache seule, pour en déduire les éléments de la révolution du soleil autour de son axe dans l'Opuscule précédent, où j'en ai développé toute la théorie.	
Tom. V.	2	4 ta-		OPU-

Observations

What does it mean? Time series observations.

OPUSCULUM II.					89
19. Sept.					.
bord boréal... 239 ; 241 ; 240 ; 240 ; 240 : milieu 240					
1 bord .. 2°. 34'. 26"	2°. 37'. 14"	2°. 41'. 51"	2°. 43'. 47"	2°. 46'. 43"	
tache .. 2 . 35 . 3	2 . 37 . 50	2 . 42 . 26	2 . 44 . 23	2 . 47 . 19	
2 bord .. 2 . 36 . 34	2 . 39 . 22	2 . 43 . 59	2 . 45 . 55	2 . 48 . 51	
Différence ... - 27"; - 28"; - 29"; - 28"; - 28": milieu - 28"					

Calculations

Calculations with logaritham tables – we don't use it any more

166		T O M U S V.	
Tab. I.			
$12^j \cdot 2^h \cdot 59^m \cdot 9^{ss}$	$\frac{3 \cdot 25 \cdot 12}{12 \cdot 3 \cdot 12 \cdot 10} = 3 \cdot 48$	C 0,189799 A = 559,4 . . . 2,747722 AxC = 8661,0 . . . 2,937521 R = 15° 57' 4 957,4 .SB' = 91,4 . . . 8,039054	SI 2,814843 cos.SIB 9,714352 sin.SIB 0,032151 BI 2,529195 SB 2,746994
$58^j,5$	$\frac{3,2}{585}$	D = 3° 55' 5 SB' = 1,5 cos.D' = 3 . 57 . . . 9,998967 15 1,176091	Fig. 2 R 7,018907 sin.SCI = 43° 0' . . . 9,833750 SI = II sin.TSC = 42° 49' . . . 9,832288
$\frac{1755}{181,35}$	$\frac{30,22}{7,6}$	B = 43° 1,2 . . . 1,635484 B'I 2,810542 tan.B'SI = 81° 57' . . . 0,849596	BI 2,529195 SI 7,185157 sin.CSD = 20° 37' . . . 9,546640
$5^f, 19^o, 58,5$	$5 \cdot 20 \cdot 6,1 = \text{lon. } \odot$	cos.I = 23 . 28 . . . 9,962508 .cos.D = 3 . 55,5 . . . 0,001020 cos.P'SP = 23 . 9 . . . 9,963528 SIB = 58 . 48	.cos.CSD 0,028744 SB 2,746994 .SI 7,185157 sin.TSD = 38° 24' . . . 9,793183
$23^j, 0$	$\frac{3,1}{230}$	.sin.B'SI 0,004301 B'I 2,810542 SI = 652° 9 . . . 2,814843 II'	lon.t = 10° 11' 42 lat.t = 20° 37 T.M = 12° 3° 1
690	$\frac{74;30}{11,9}$		
$3^o, 58,5$	$3 \cdot 55,5 = \text{dec. } \odot$		

Reseach

1. Calculations the Sun rotation elements:
 - Reconstruction of Bošković's calculations – Did he made errors?
2. Using nowaday's methods with Bošković's observations
 - Time Series Analysis (Tor 2002, Diebold et al 2006)
3. Methods of adjusment: L1 norm and L2 norm
 - L1 norm – Josip Ruđer Bošković (1711-1787)
 $\lim \sum |v_i| = \text{minimum}$
 - L2 norm – Carl Friedrich Gauß (1777-1855)
 $\lim \sum v_i^2 = \text{minimum}$
 - L1-norm or L2-norm adjustment
4. Can we calculate i and Ω using his observations

L1 method v. s. L2 method

References:

1. Tor (2002): **L1, L2 Kalman and Time Series Analysis in Deformation Analaysis.**
2. Diebold, Kilian, Nerlove (2006): **Time Series Anlysis.**
3. Bektaş and Şuşman (2010): **The comparison of L1 and L2-norm minimization methods.**

Older sources:

1. Churchill Eisenhart (1961): **Boscovich and the Combination of Observations**, 200-212.
2. Željko Marković (1968): **Prva teorija izravnjanja pogrešaka (The first theory of error adjustment)**, 360-365 u Vilko Niče ed.: Ruđe Bošković.

Sun rotation periods: Tab. X. and Tab. XI.

Tab. VI.		Tab. VII.		Tab. VIII.	
3 : 6	6°, 12'				
4 : 6	6, 12				
3 : 5	7, 18				
3 : 5	9, 26				
4 : 3	9, 12				
		avg.D = 17°, 15', 21'			
		avg.B = 10, 17, 43			
		cos.BD = . + 28 + 39 + 9,043379			
		cos.BC = . + 20 + 37 + 0,414573			
		tan.PM = . + 66, 48 + 0,367852			
		PP = . + 7, 44			
		sin.PM = . + 59 + 4 + 0,066631			
		sin.PM = + 0,953379			
		tan.BD = + 0,737471			
		tan.CPD = . + 39, 21 + 0,707481			
.		.		.	
Tab. IX.		Tab. X.		Tab. XI.	
4	36°, 3°, 7	4 : 1 . . .	26°, 6°	A = 365 ¹¹ 25 + 2,562590	
3	12 - 3, 0	5 : 1 . . .	26, 75	T = 16, 77 + 1,427643	
	4, 0, 7	6 : 1 . . .	26, 63	(A - T) = 338, 48 + 7,470468	
T	96, 7 . . . 1,085426	5 : 2 . . .	27, 04		
M = 34°, 21'.	21,081 . . . 0,480649	6 : 1 . . .	26, 82	T' = 28, 89 + 1,460706	
	900 . . . 2,014242	6 : 3 . . .	26, 67		
T' = 16°, 69	1,426317		160, 62		
			86, 77		

Tab.

Contemporary research of the rotation elements of the Sun

References:

H. Wöhl (1977): On the Solar Rotation elements i and Ω as Determined by Doppler Velocitz Measurements of the Solar Plasma.

Table 1 Solar rotation elements Ω and i as derived from measurements of the rotation of sunspots.

H. Balthasar, G. Lustig, D. Stark, H. Wöhl (1986): The solar rotation elements i and Ω derived from sunspot groups.

Greenwich (1874 to 1976)

Knazelhöhe (1947 to 1984)

H. Balthasar, D. Stark, H. Wöhl (1987): The solar rotation elements i and Ω derived from recurrent single sunspots.

Greenwich (1874 to 1976)

Table 1. Solar rotation elements Ω and i as derived from measurements of the rotation of sunspots (all angles in degrees)

Observer	Year of observation	Ω_{obs}	Ω_{1900}	Ω_{1976}	i
J. D. Cassini	1678	68	71.1	72.2	7.5
J. Cassini	1740	70	72.2	73.3	—
Lalande	1775	78.07	79.81	80.87	7.33
Delambre	1775	80.12	81.86	82.92	7.32
Böhm	1833	76.78	77.72	78.78	6.95
Laugier	1840	75.13	75.97	77.03	7.15
Wichmann	1846	83.78	84.53	85.59	7.75
Carrington	1850	73.67	74.37	75.43	7.25
Spoerer	1861/66	74.52	75.07	76.13	6.97
Wilsing	1882	75.78	76.03	77.09	7.17
(data above—except column 5—as cited by Epstein, 1904)					
Dyson and Maunder (1912)	1874–1911	—	74.59	75.65	7.18
Dyson and Maunder (1913)	1874–1912	—	74.48	75.54	7.18
Epstein (1916)	1905–1910	—	76.30	77.36	7.20
Epstein (1917)	1903–1910	—	73.97	75.03	7.27

(Ω increases by about $0.01396^\circ/\text{year}$ by the precession)

Contemporary research of the rotation elements of the Sun

References:

H. Wöhl (1977): On the Solar Rotation elements i and Ω as Determined by Doppler Velocitz Measurements of the Solar Plasma.

Table 1 Solar rotation elements Ω and i as derived from measurements of the rotation of sunspots.

H. Balthasar, G. Lustig, D. Stark, H. Wöhl (1986): The solar rotation elements i and Ω derived from sunspot groups.

Greenwich (1874 to 1976)

Knazelhöhe (1947 to 1984)

H. Balthasar, D. Stark, H. Wöhl (1987): The solar rotation elements i and Ω derived from recurrent single sunspots.

Greenwich (1874 to 1976)

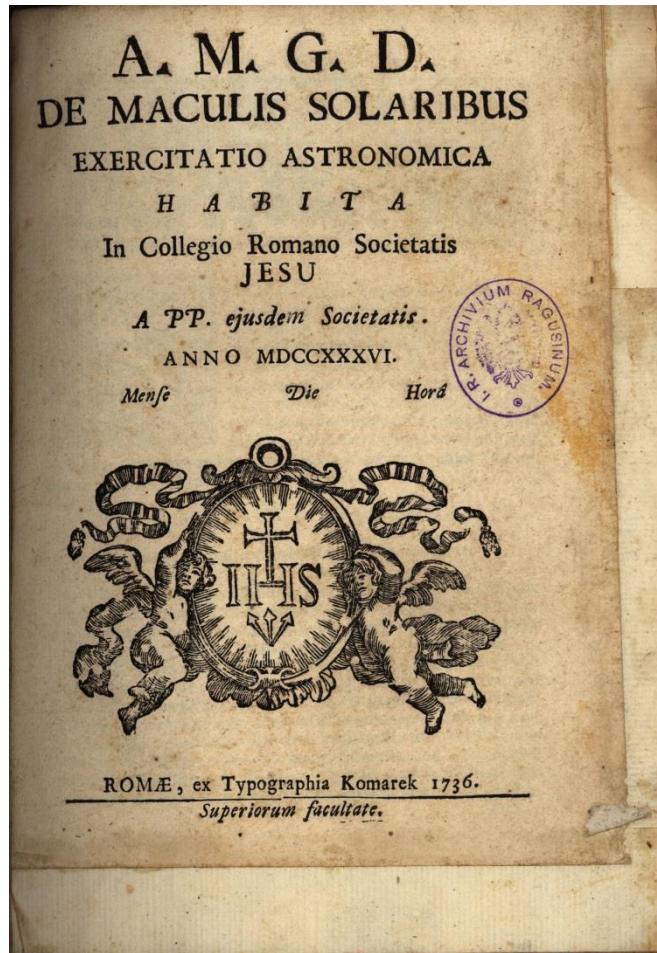
Table 1. Solar rotation elements Ω and i as derived from measurements of the rotation of sunspots (all angles in degrees)

Observer	Year of observation	Ω_{obs}	Ω_{1900}	Ω_{1976}	i
J. D. Cassini	1678	68	71.1	72.2	7.5
J. Cassini	1740	70	72.2	73.3	—
Lalande	1775	78.07	79.81	80.87	7.33
Delambre	1775	80.12	81.86	82.92	7.32
Bošković	1785	?	?	?	?
Böhm	1833	76.78	77.72	78.78	6.95
Laugier	1840	75.13	75.97	77.03	7.15
Wichmann	1846	83.78	84.53	85.59	7.75
Carrington	1850	73.67	74.37	75.43	7.25
Spoerer	1861/66	74.52	75.07	76.13	6.97
Wilsing	1882	75.78	76.03	77.09	7.17
(data above—except column 5—as cited by Epstein, 1904)					
Dyson and Maunder (1912)	1874–1911	—	74.59	75.65	7.18
Dyson and Maunder (1913)	1874–1912	—	74.48	75.54	7.18
Epstein (1916)	1905–1910	—	76.30	77.36	7.20
Epstein (1917)	1903–1910	—	73.97	75.03	7.27

(Ω increases by about $0.01396^\circ/\text{year}$ by the precession)

TO DO LIST – Future activities

1. Translation:
Opusculum II, pages 75-178, in
old French
2. About sunspots 1736,
explanation of
Geometric method and
Trigonometric method



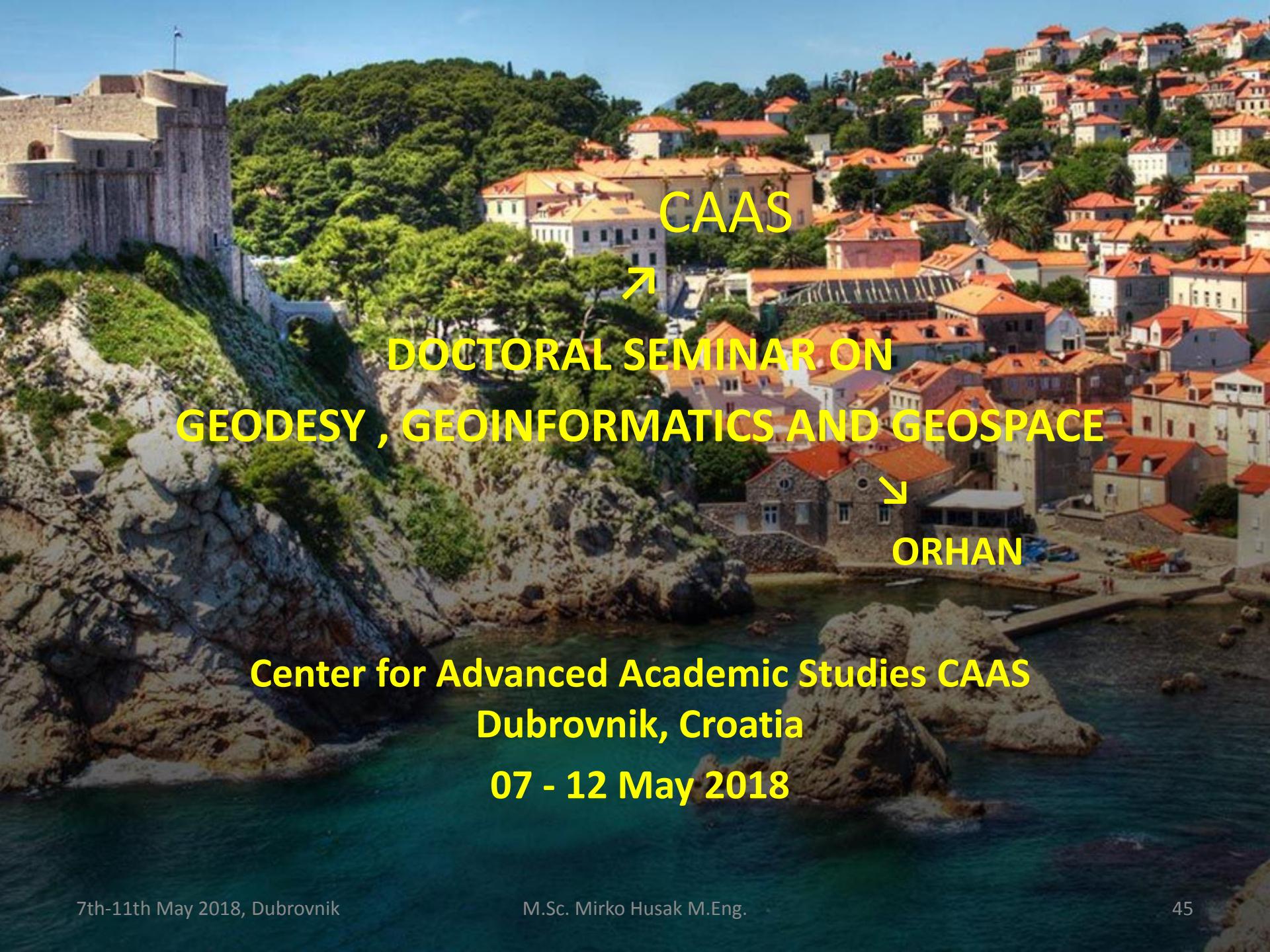
Conclusions

Answers to questions

1. Did Bošković calculate without errors?
2. Which method should we use for the observation result processing with accuracy evaluation: Gauß or Bošković?
1. Importance of Bošković's work in
 - positional astronomy and in
 - calculating Sun rotation elements
2. Comparison Bošković work with nowadays methods and results using numerical evaluation of both results.



THANK YOU FOR YOUR ATTENTION



CAAS



**DOCTORAL SEMINAR ON
GEODESY , GEOINFORMATICS AND GEOSPACE**



ORHAN

**Center for Advanced Academic Studies CAAS
Dubrovnik, Croatia**

07 - 12 May 2018