



DETERMINANDO A ÓRBITA DE MARTE

Bruno Eduardo Morgado
Vitorvani Soares



ORGANIZAÇÃO

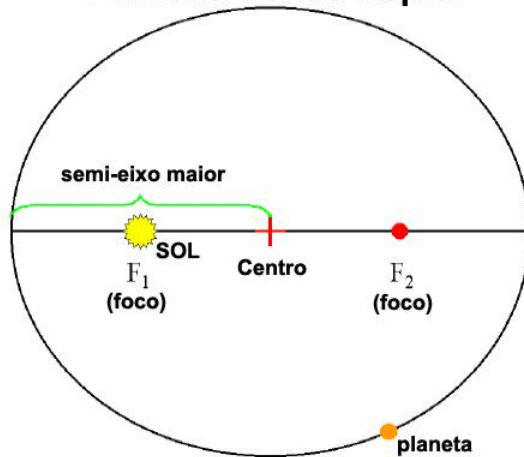
- ◉ Motivação e Objetivo
 - ◉ Introdução
 - ◉ Posições de Marte
 - ◉ A Circunferência
 - ◉ A Elipse
 - ◉
 - ◉ Conclusão

MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

- **Existe uma confusão recorrente por parte dos alunos e educadores a respeito da excentricidade das órbitas planetárias (Canalle, 2003; Yu, 2010).**

MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

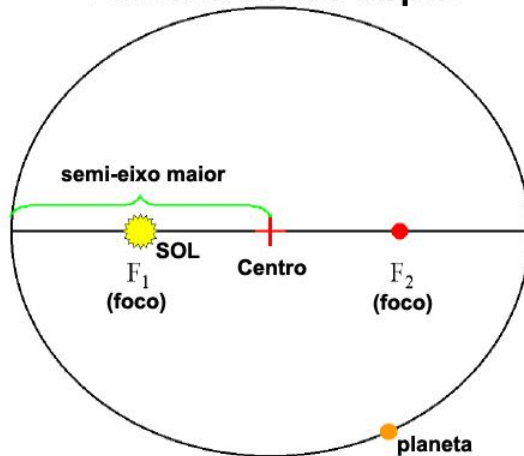
Primeira Lei de Kepler



Os livros didáticos nos mostram isso!

MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

Primeira Lei de Kepler



Depois nos dizem isso...

09. (FEEPA) Se considerarmos que a órbita da Terra em torno do Sol seja uma circunferência de raio R e que V e G sejam, respectivamente, o módulo da velocidade orbital da Terra e a constante de gravitação universal, então a massa do Sol será dada por:

- a) $R V^2 / G$
- b) $G V^2 / R$
- c) $V^2 / R G$
- d) $R G / V^2$
- e) $V^2 R G$

MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

- Confusão recorrente por parte dos alunos e educadores a respeito da excentricidade das órbitas planetárias (Canalle, 2003; Yu, 2010).
- A geometria é uma ferramenta que permite uma visualização imediata (Faria, 2016).

MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

- Confusão recorrente por parte dos alunos e educadores a respeito da excentricidade das órbitas planetárias (**Canalle, 2003; Yu, 2010**).
- A geometria é uma ferramenta que permite uma visualização imediata (**Faria, 2016**).
- **Revisitar o método que Kepler utilizou para determinar a órbita de Marte.**

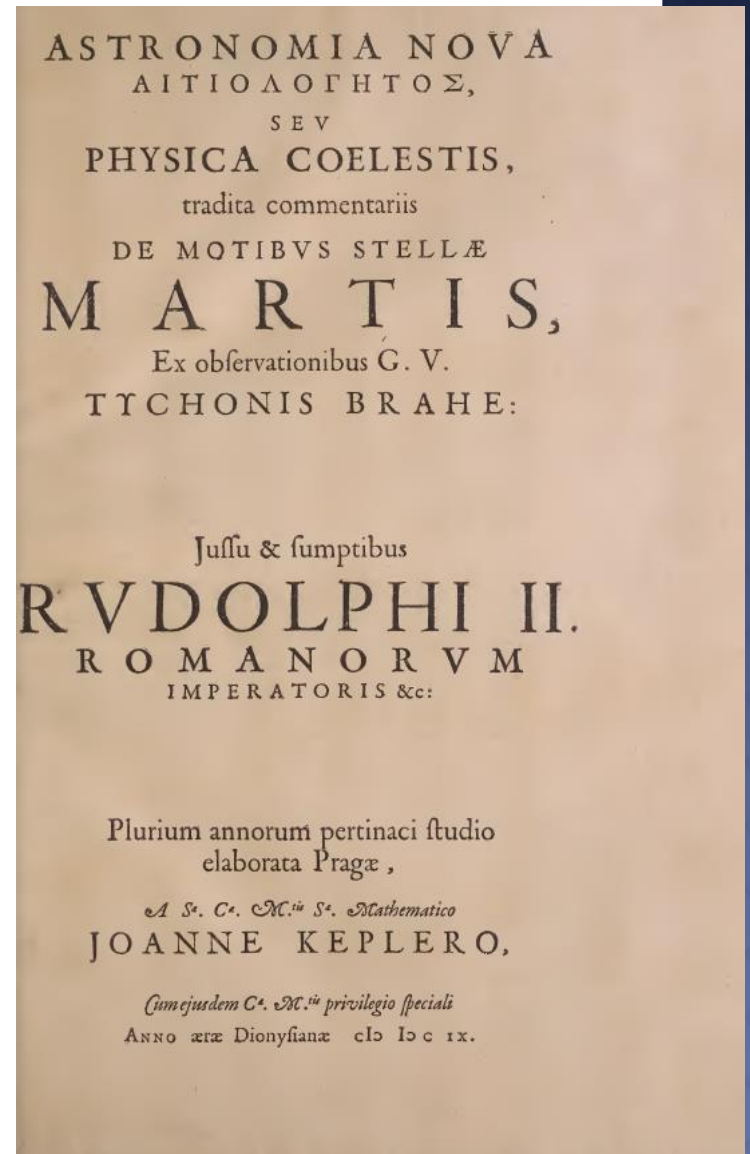
MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

Como fazer isso?

Indo atrás da fonte!

O **Astronomia Nova** de Kepler

E outras referências mais recentes
(**Gingerich, 1983**)



MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

MARTIS ex observatione				SOLIS ex calculo TYCHONIS.	
D.	H.	M.	♂	♂	♂
1590	4 Martii	10	24. 26	24.	0. 25 X.
1592	20 Januar.	6 45	9. 24	10.	17. 8 =.
1593	7 Decemb.	6 15	3. 4	25.	53. 24 ♀.
1595	25 Octob.	5 45	19. 42	11.	41. 34 m.

Latim não é fácil,

1585.	17 Febru.	H. p. m.	10. 0	15.12.30	♂	9.11.37	X
1587.	5 Januar.	H. p. m.	9.31	2. 8.30	♂	25.21.16	♂
1588.	22 Novemb.	H. p. m.	9. 2	2.35.40	♂	10.55. 8	♂
1590.	10 Octob.	H. p. m.	8.35	20.13.30	♂	26.58.46	♂
1600.	6 Mart.	H. p. m.	6.17	29.18.30	♂	25.31.36	X

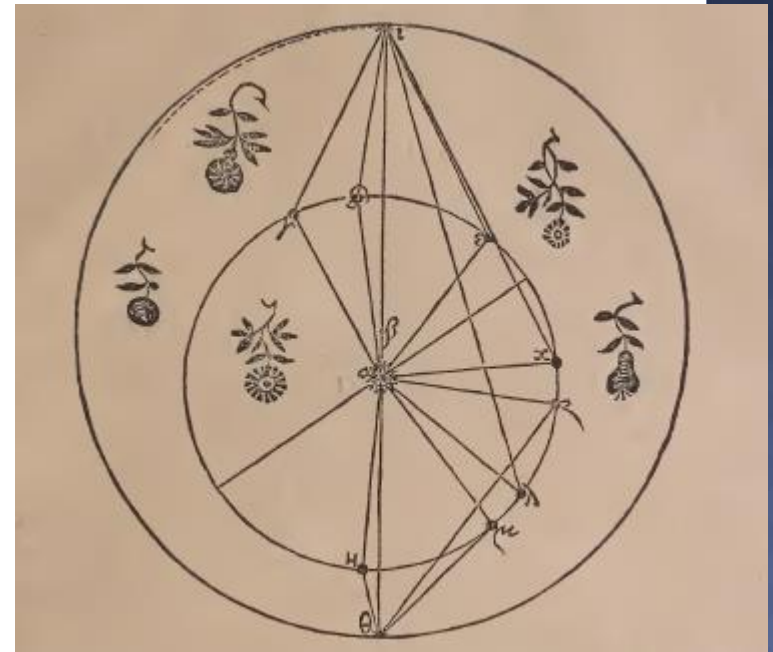
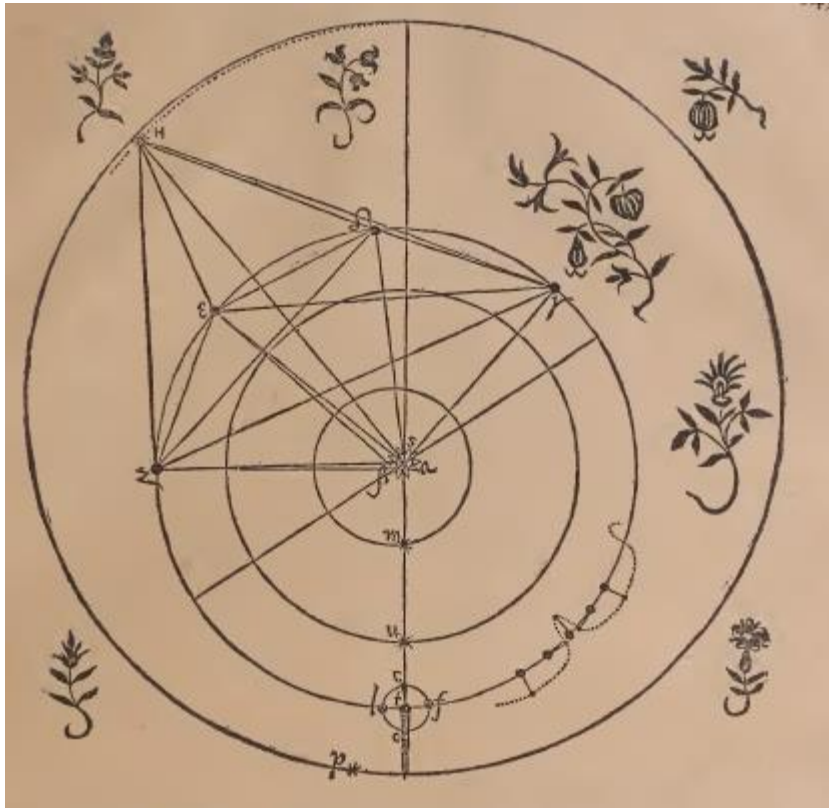
TEMPVS	mane	SOL	MARS
MDLXXXV. X Maji	H.VI. XI	28.55 $\frac{1}{2}$	26.54 $\frac{1}{2}$
MDLXXXVII. XXVIII Mart.	H.V. XLII	16.50 $\frac{1}{2}$	18.12
MDLXXXIX. XII Febr.	H.V. XIII	3.41 $\frac{1}{2}$	8.46 $\frac{1}{2}$
MDXC. XXXI Dece.	H.IV. XLIV	19. 6 $\frac{1}{2}$	9.46 $\frac{1}{2}$

1589.	1 Novemb.	H. 6 $\frac{1}{2}$	P.M.	20.59 $\frac{1}{2}$	♂	19.13.56	m
1591.	19 Septemb.	H. 5 M. 42		14. 2 $\frac{1}{2}$	♂	3.47. 5	m
1591.	6 Augusti	H. 5 M. 14		16.56.	X	23.26.13	♂

D.	H.	♂ in.	♂ in.
MDLXXXIII. XXIII Aprilis	VIII $\frac{1}{10}$	1.29 $\frac{1}{10}$	12.16. $\frac{3}{8}$
MDLXXXV. X Martii	VII $\frac{1}{7}$	11.48 $\frac{1}{7}$	29.41. 4 X
MDLXXXVII. XXVI Januarii	VII $\frac{1}{7}$	4.41 $\frac{1}{7}$	16. 5.55 =
MDLXXXIX. XIII Decemb.	VI $\frac{1}{4}$	13.35 $\frac{1}{4}$	1.44.53 ♂
MDXC. XXXI Octobr.	VI $\frac{1}{4}$	2.57 $\frac{1}{4}$	17.28.33 m

mas com a ajuda de tabelas...

MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

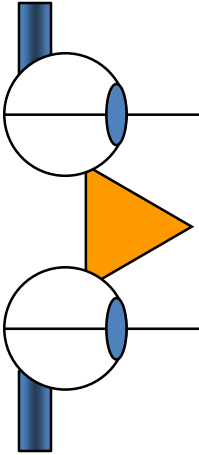


E de algumas figuras...

AS POSIÇÕES DE MARTE

ASTRONOMIA DE POSIÇÃO

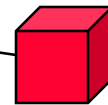
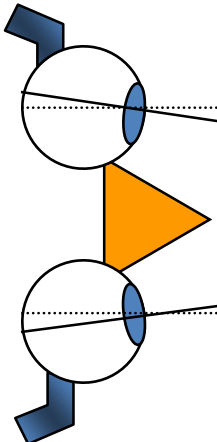
**Músculo
descontraído**



**Objeto
muito
distante**

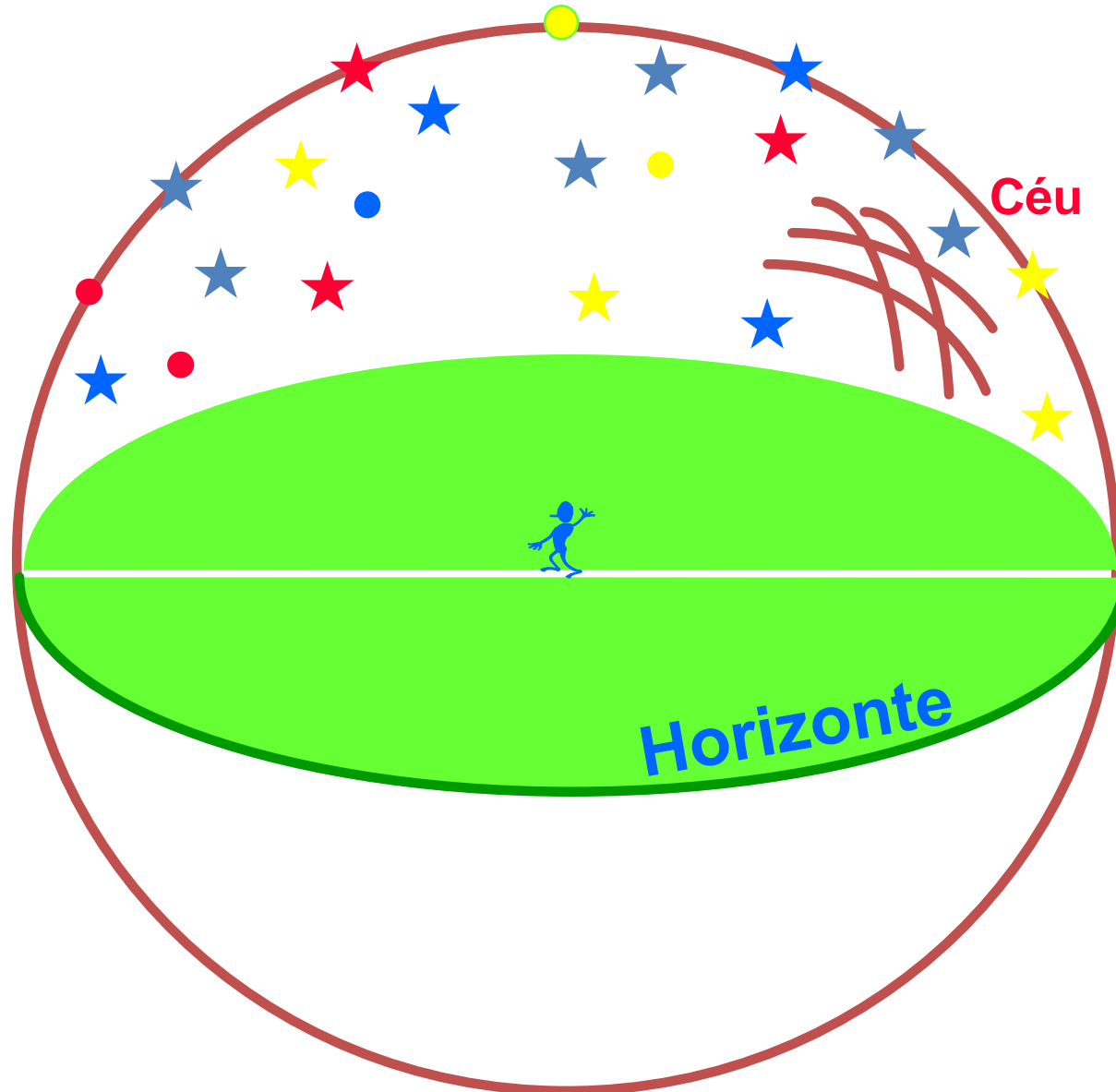


**Músculo
contraído**

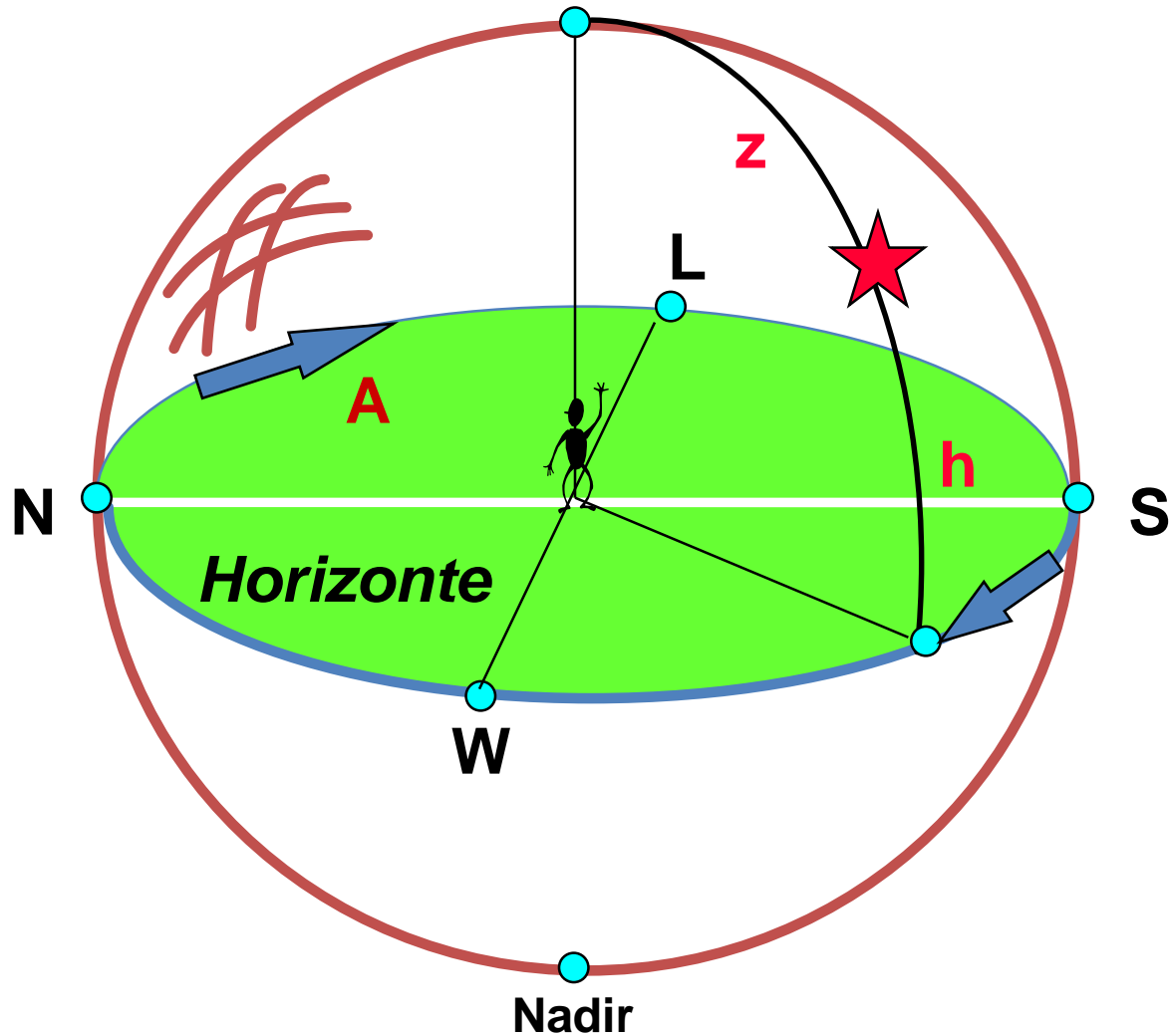


**Objeto
próximo**

A ESFERA CELESTE

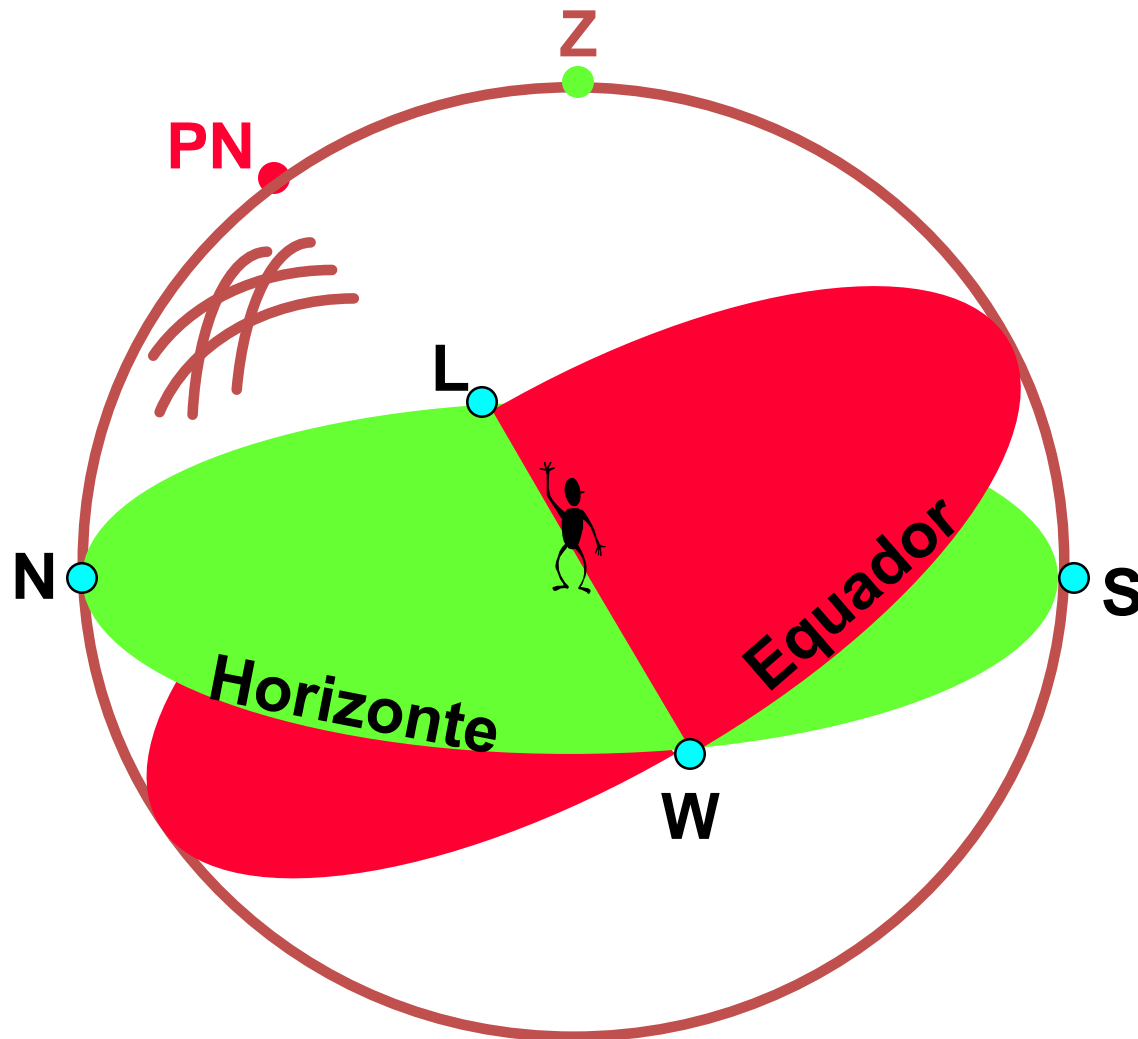


SISTEMA TOPOCÊNTRICO

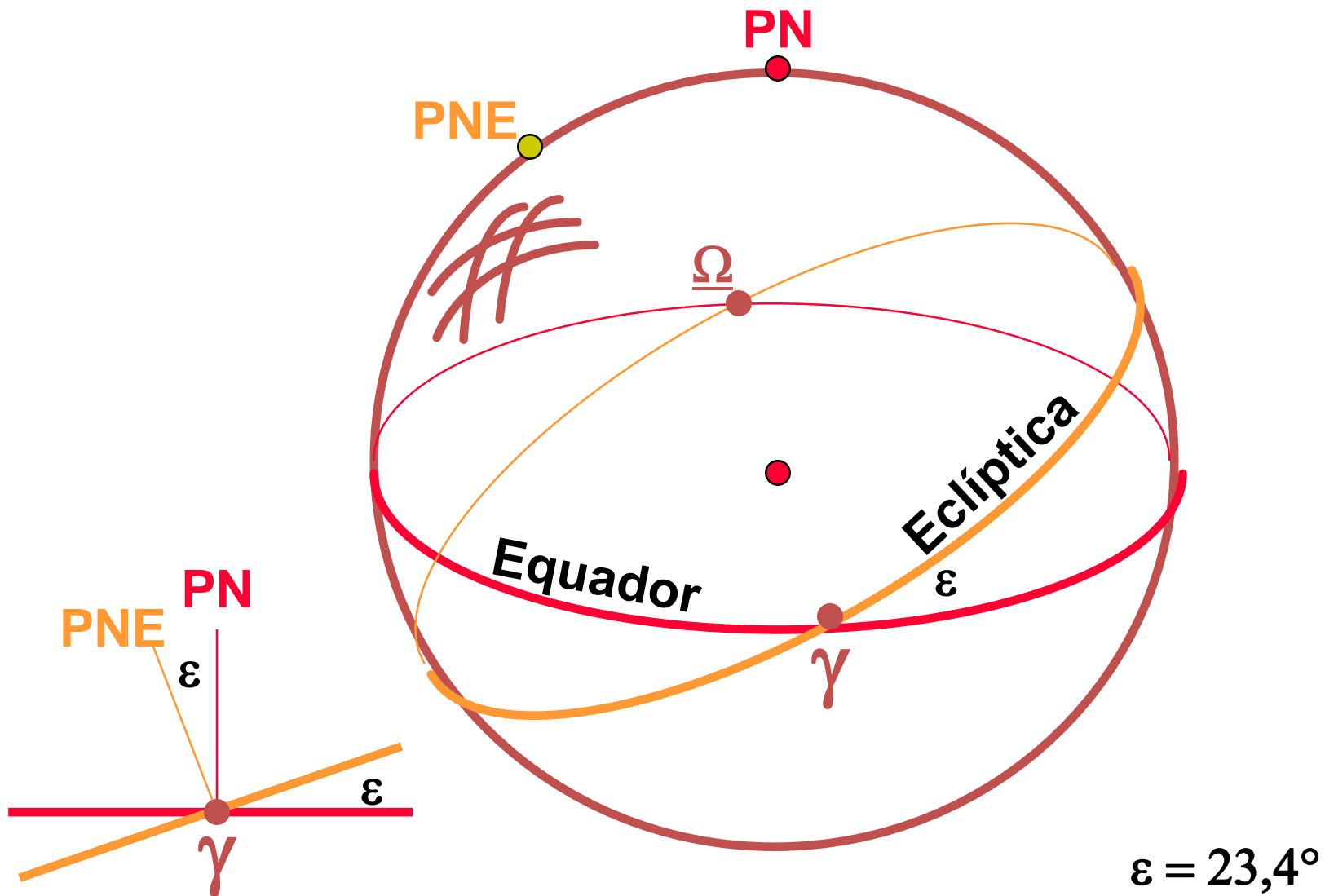


- ★ A,h
- ★ A,z

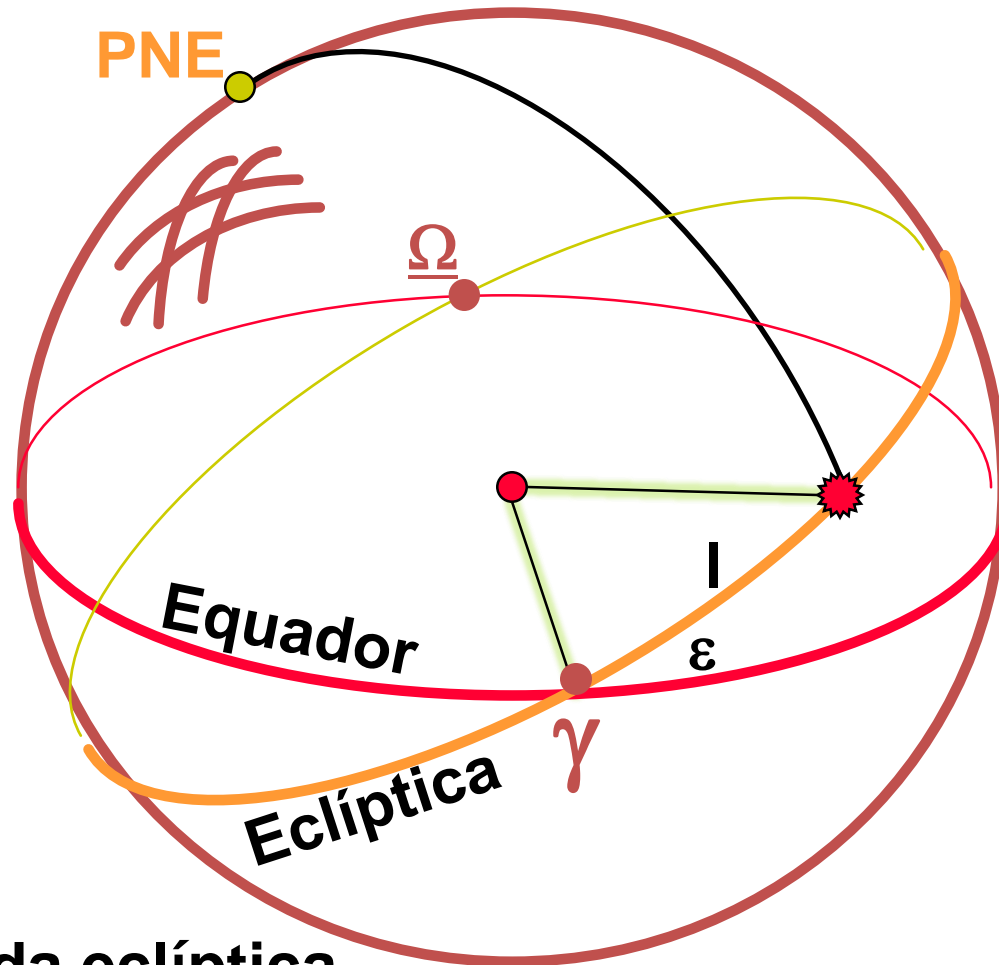
SISTEMA EQUATORIAL



SISTEMA DA ECLÍPTICA



A POSIÇÃO DE UM PLANETA



l = longitude da eclíptica

A POSIÇÃO DE UM PLANETA

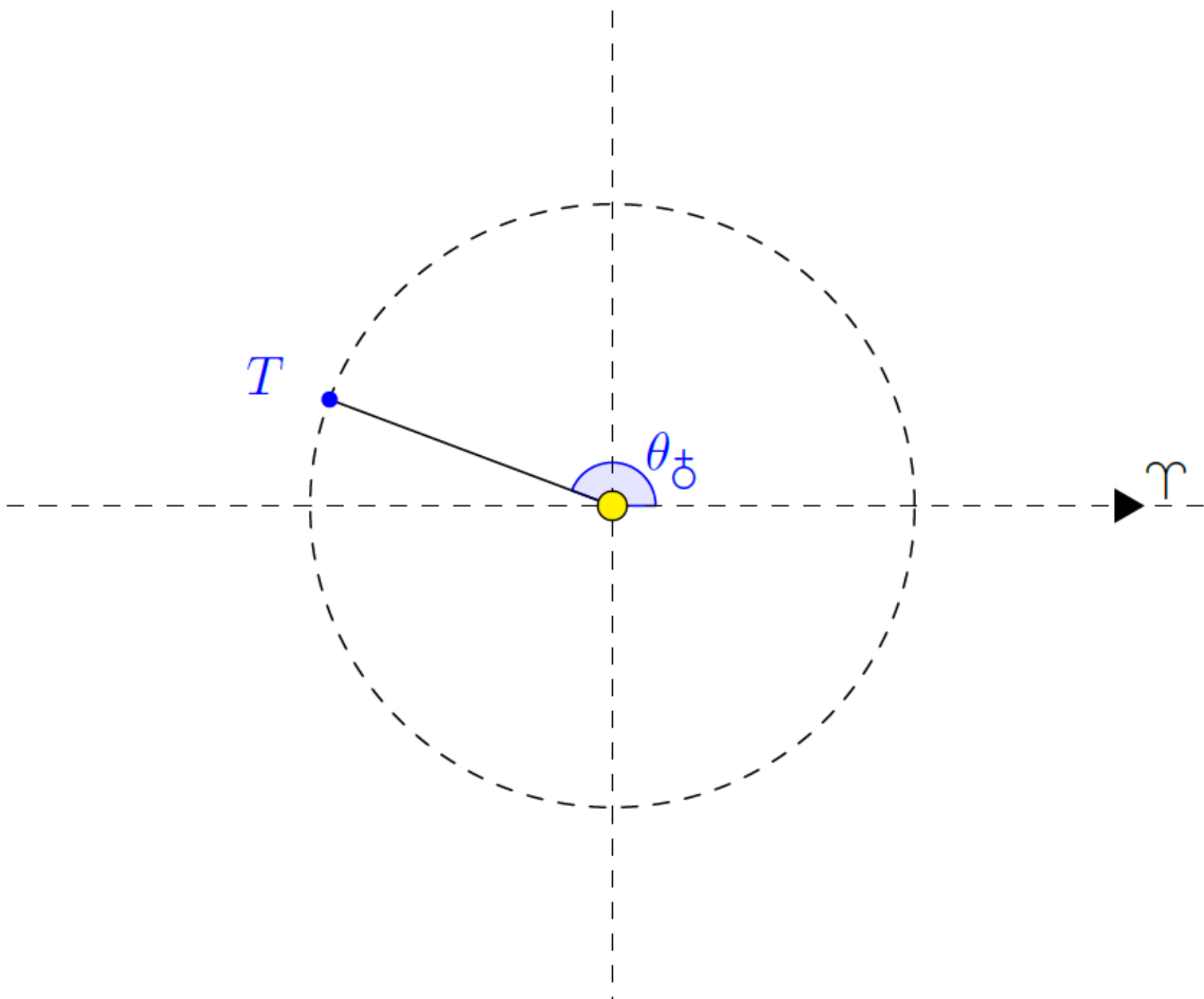
- Ainda assim temos apenas a direção de um planeta em um determinado momento em relação a um referencial.
- **O referencial das observações é a Terra!!**

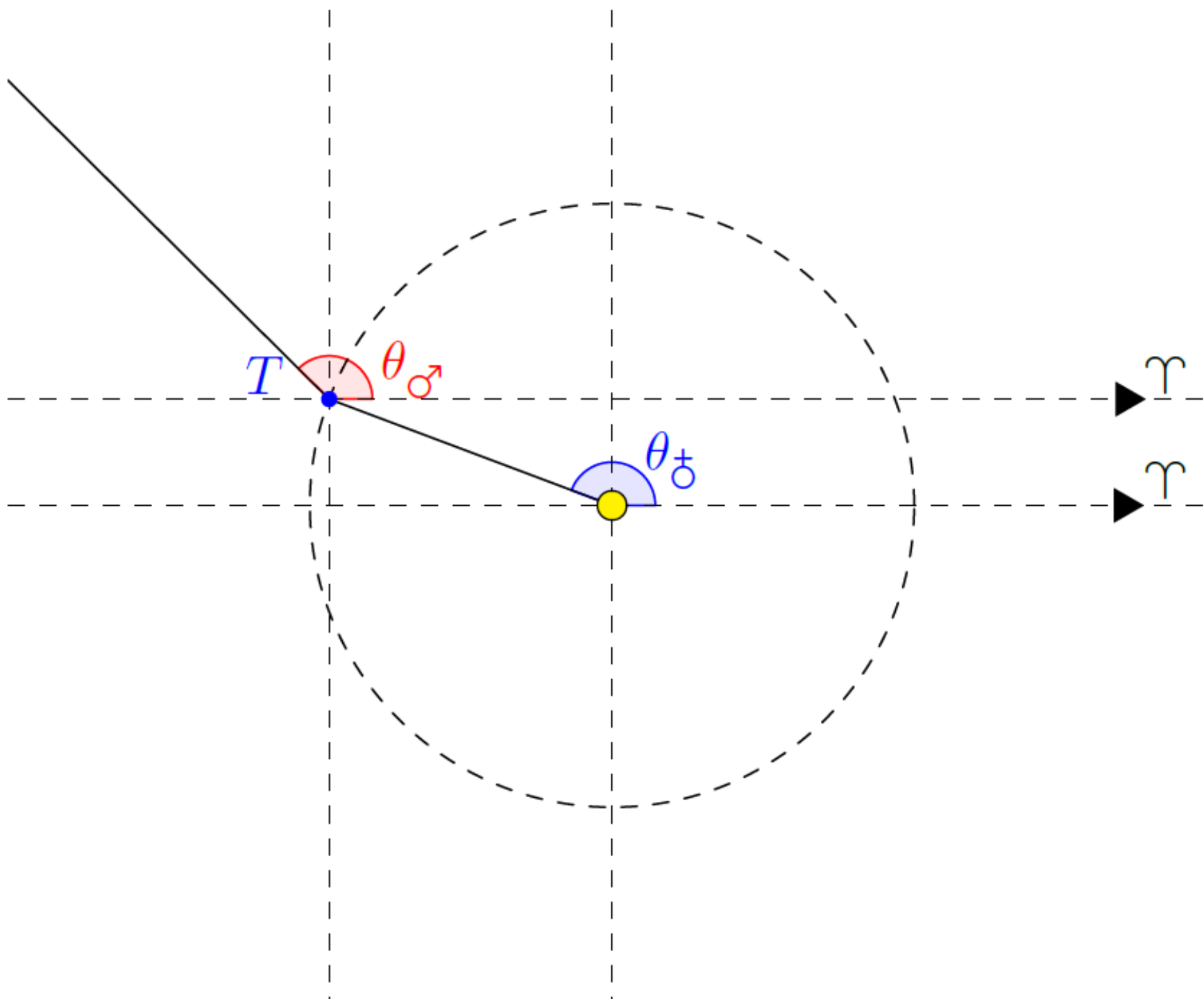
A POSIÇÃO DE UM PLANETA

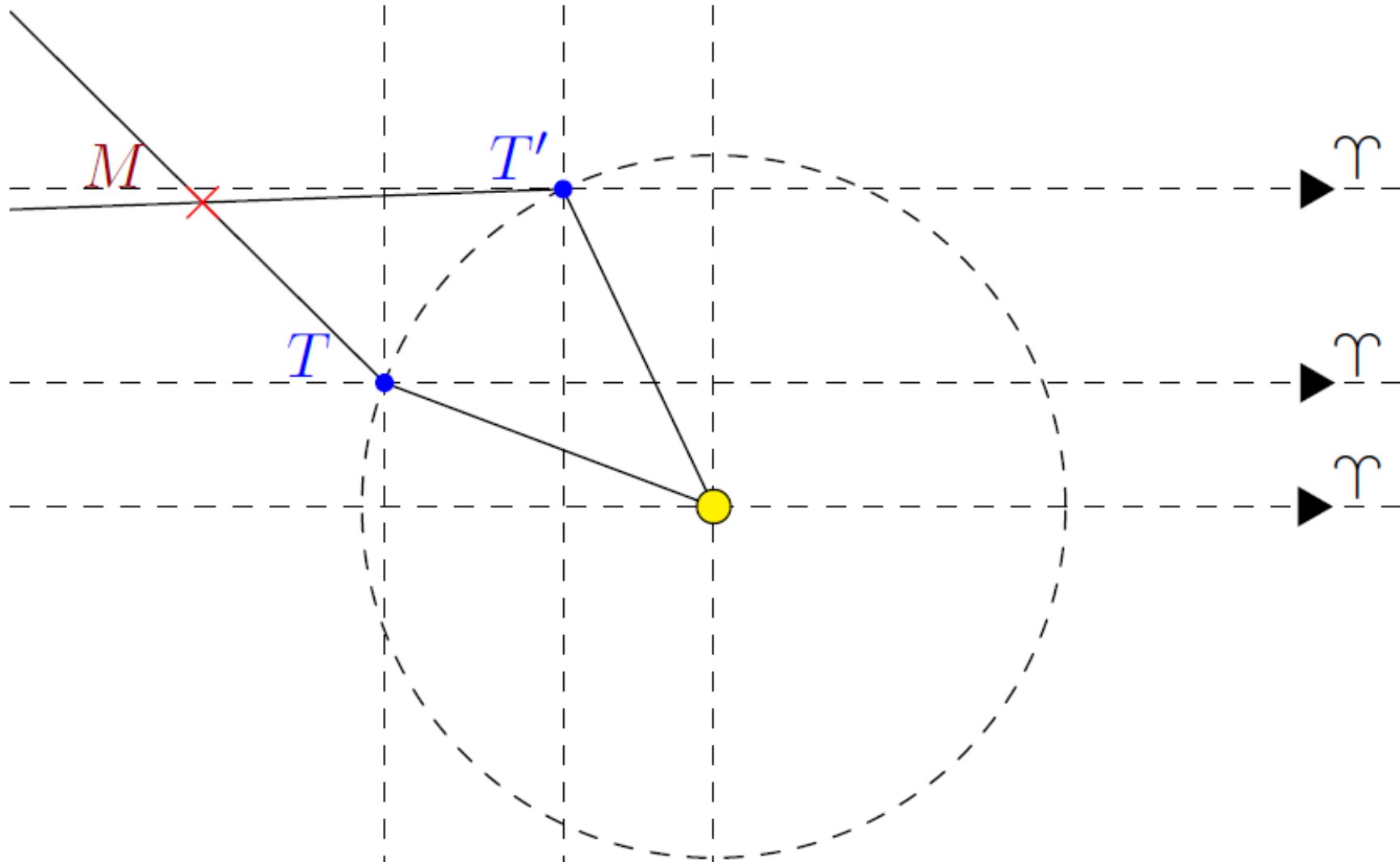
- Para definirmos a direção de Marte em relação ao Sol é necessário conhecermos a posição da Terra em relação ao Sol.
- Para definirmos a posição de Marte precisamos de duas observações de Marte separadas de 687 dias (período de Marte).

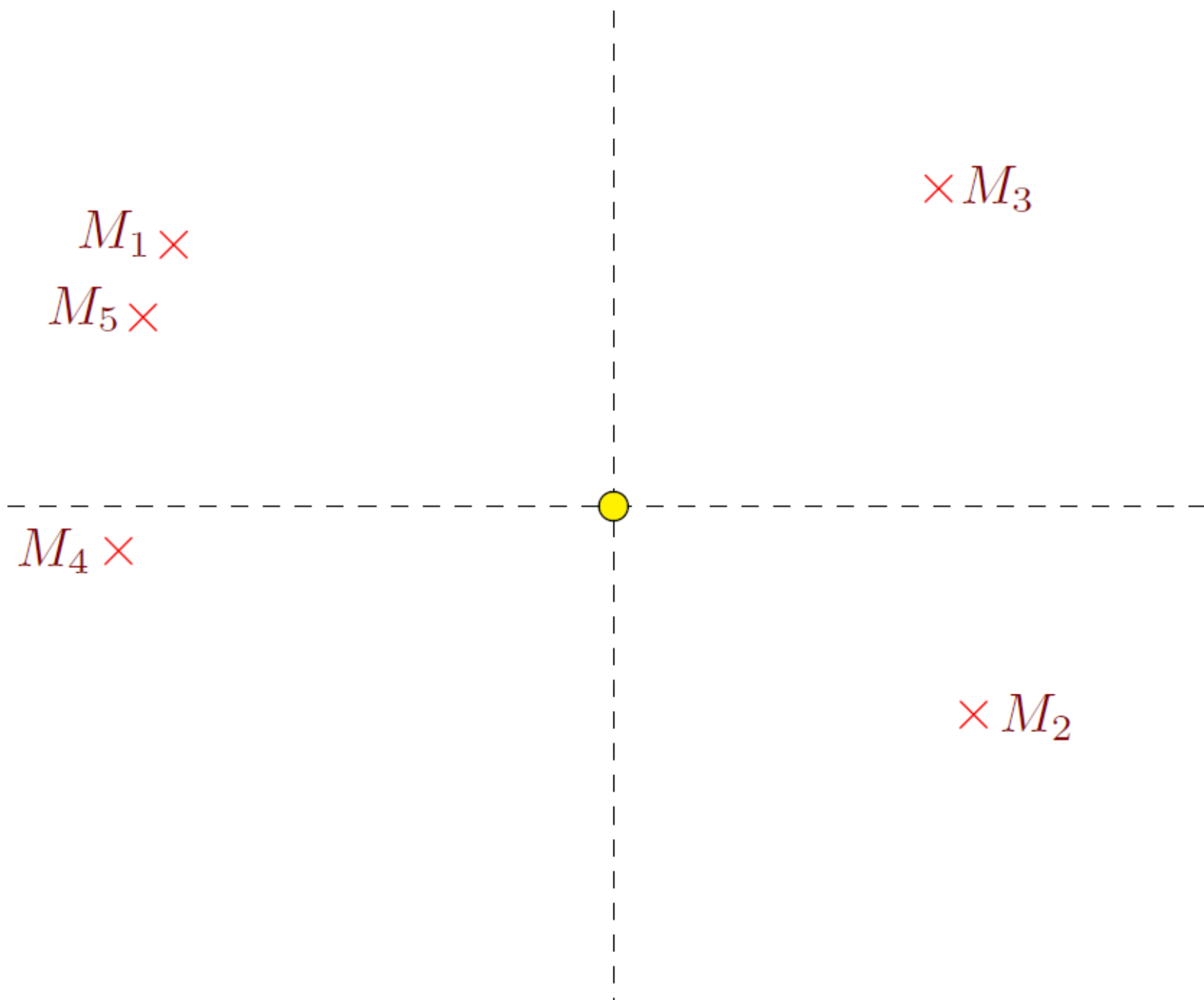
AS OBSERVAÇÕES DE TYCHO

Datas	Longitude heliocêntrica da Terra	Longitude geocêntrica de Marte
17/02/1585	159° 23'	135° 12'
05/01/1587	115° 21'	182° 08'
19/09/1591	5° 47'	284° 02'
06/08/1593	323° 26'	346° 56'
07/12/1593	85° 53'	3° 04'
25/10/1595	41° 42'	49° 42'
28/03/1587	196° 50'	168° 12'
12/02/1589	153° 42'	218° 48'
10/03/1585	179° 41'	131° 48'
26/01/1587	136° 06'	184° 42'

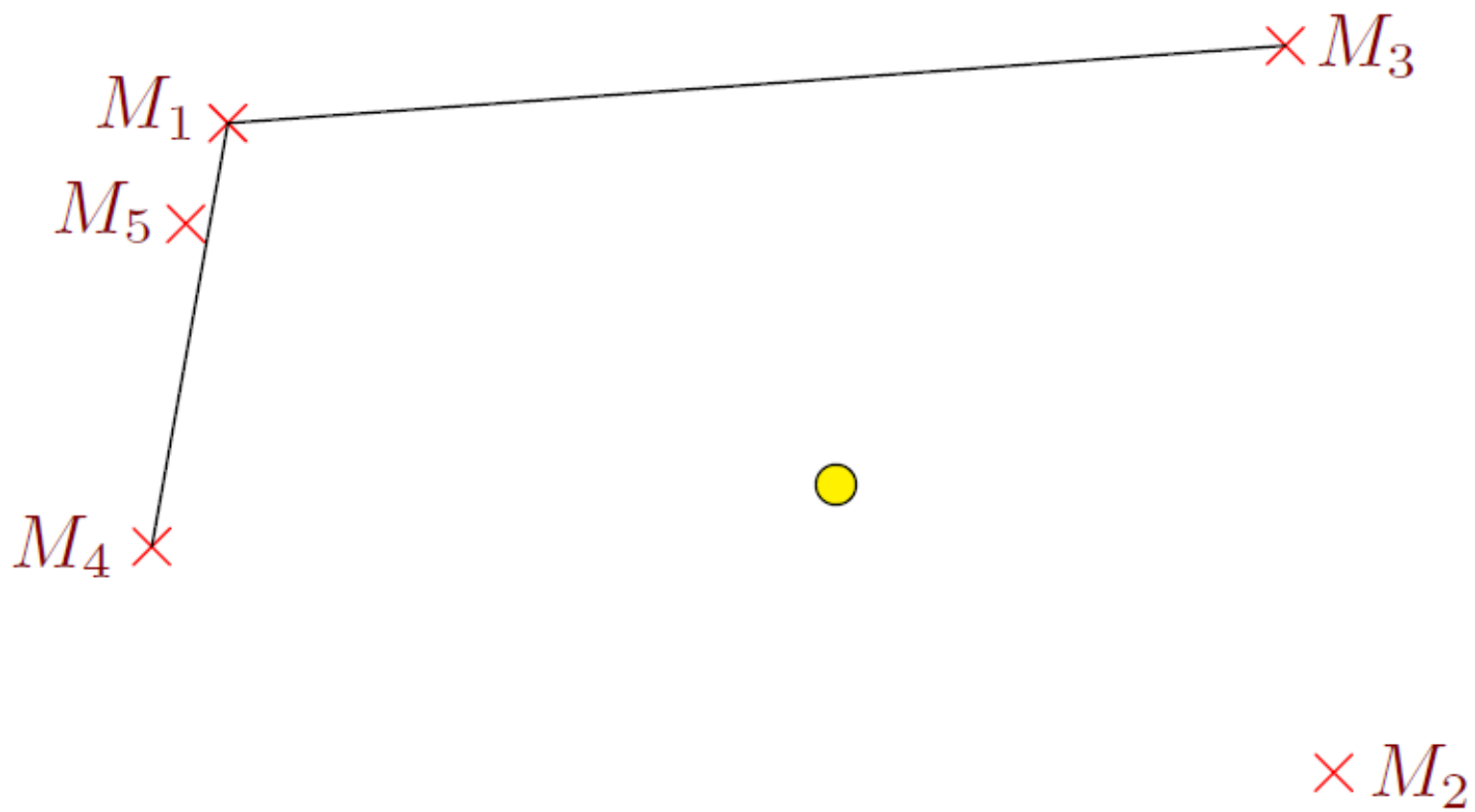


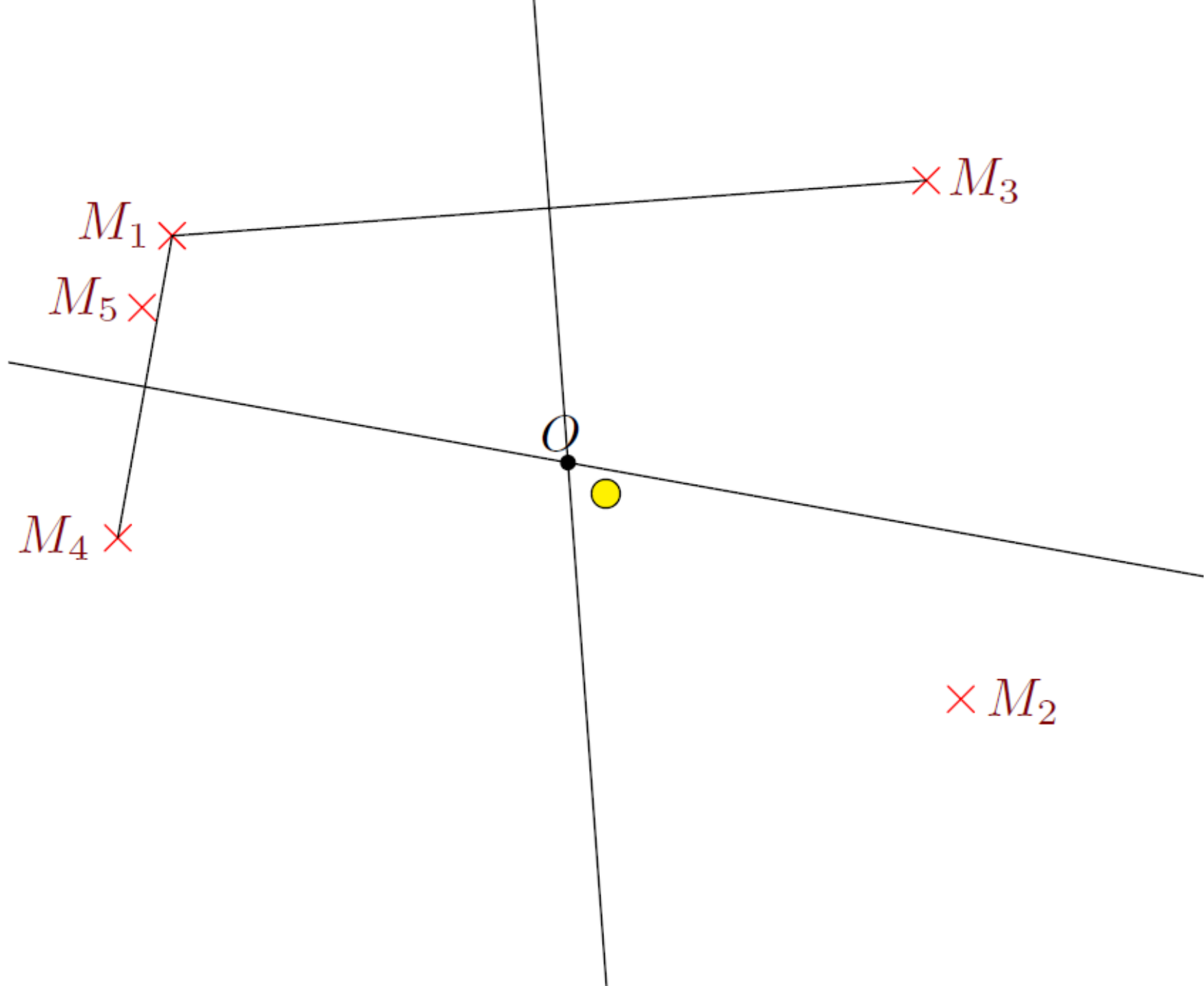


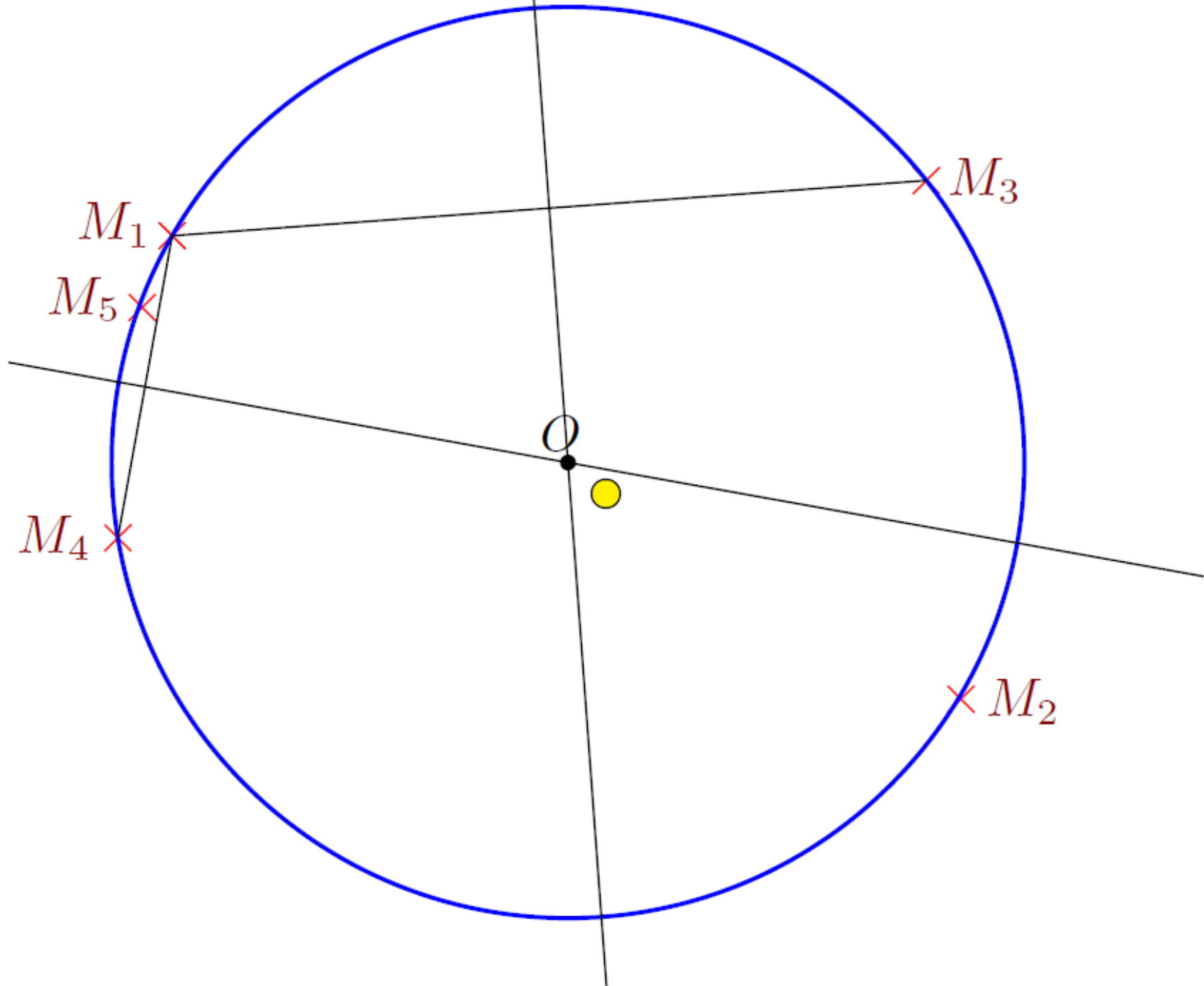


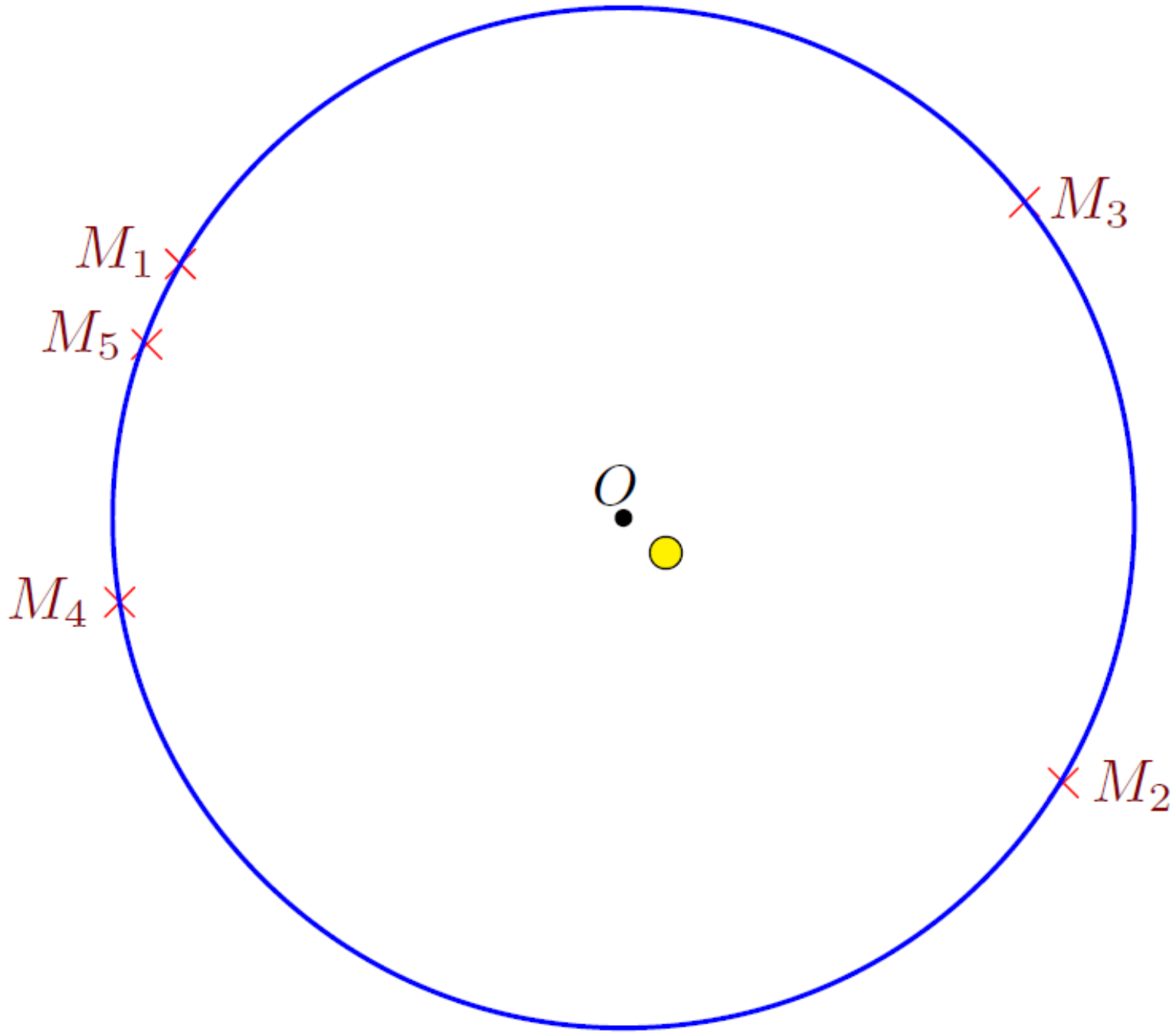


CIRCUNFERÊNCIA

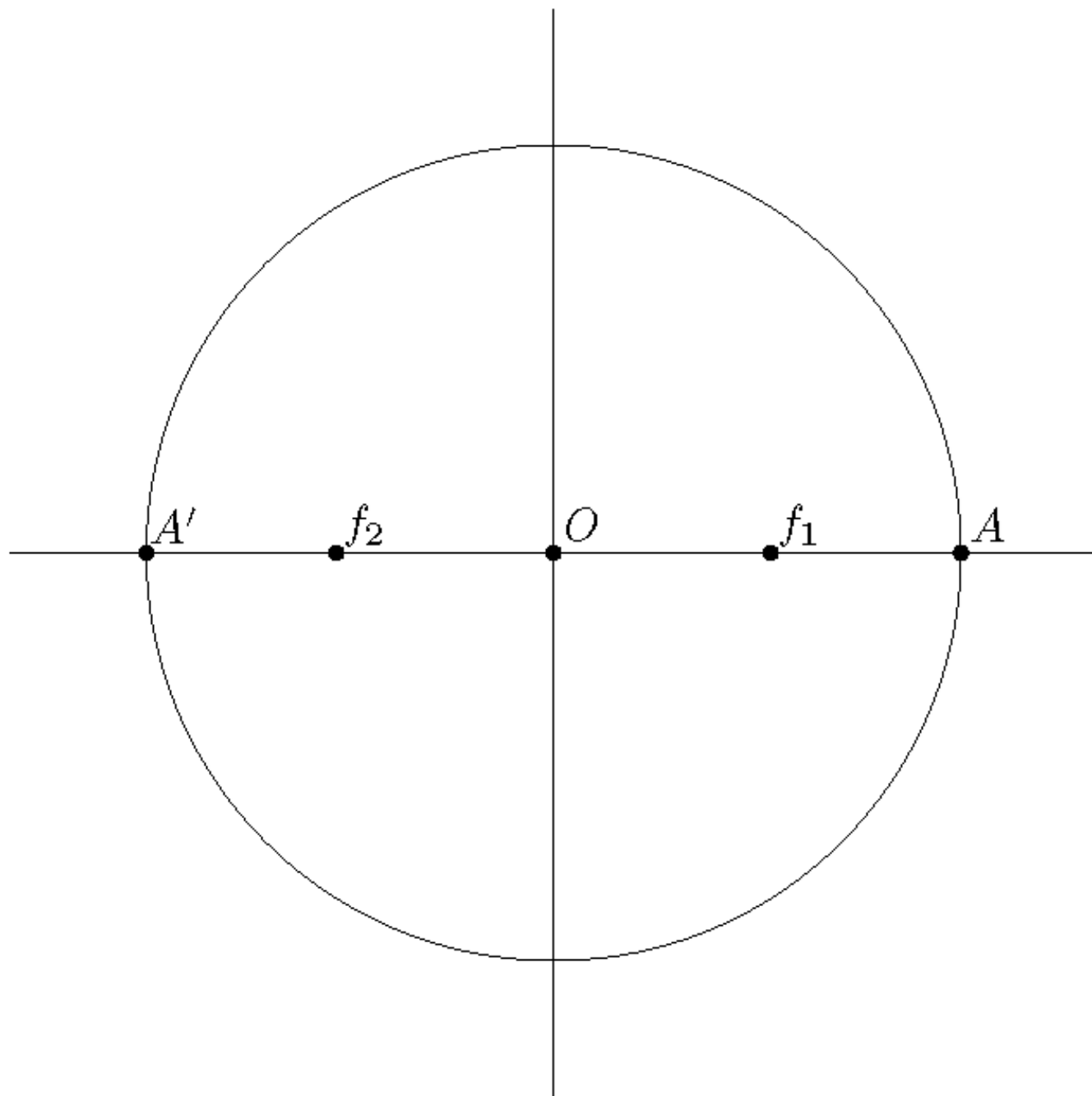


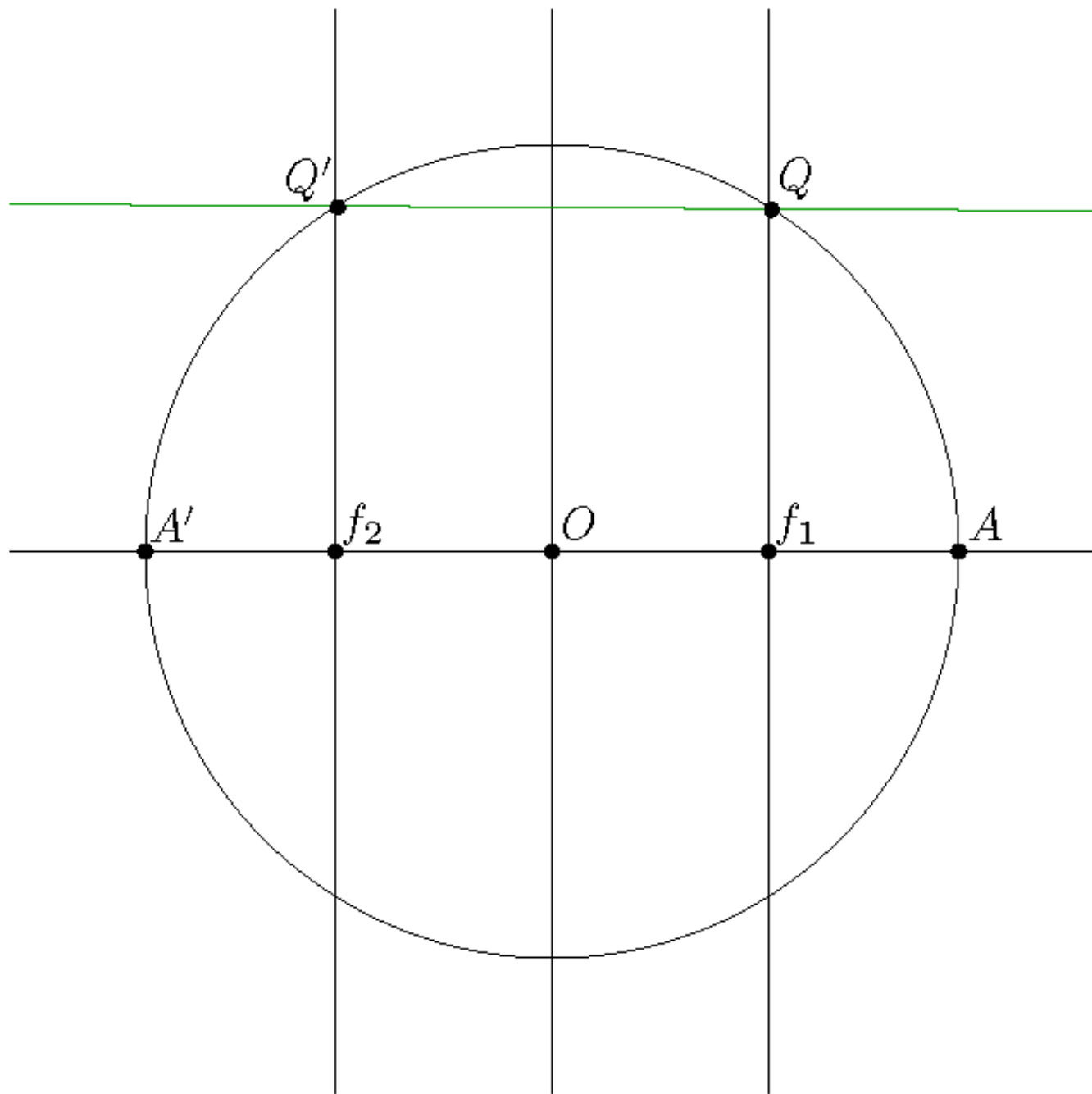


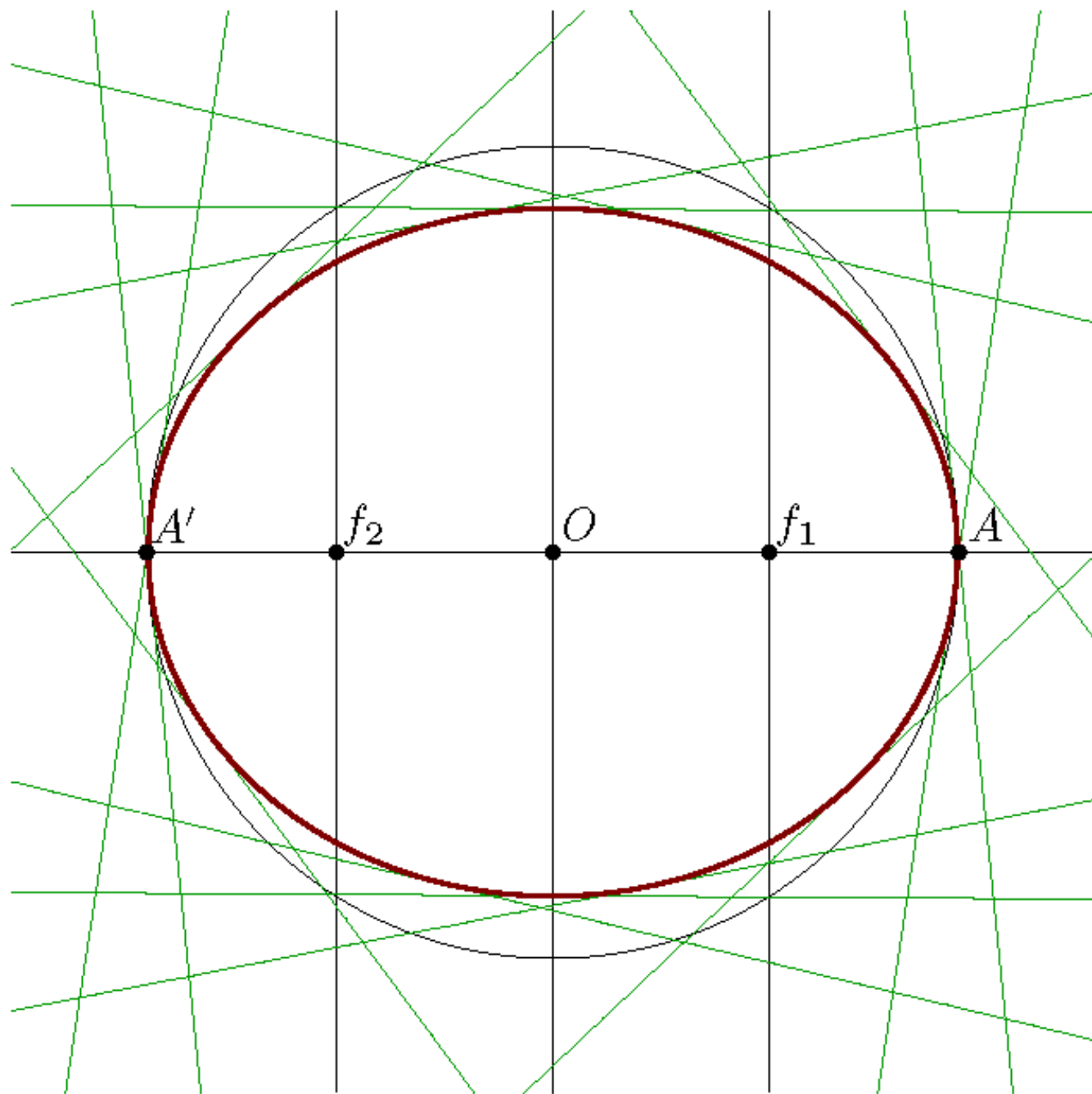




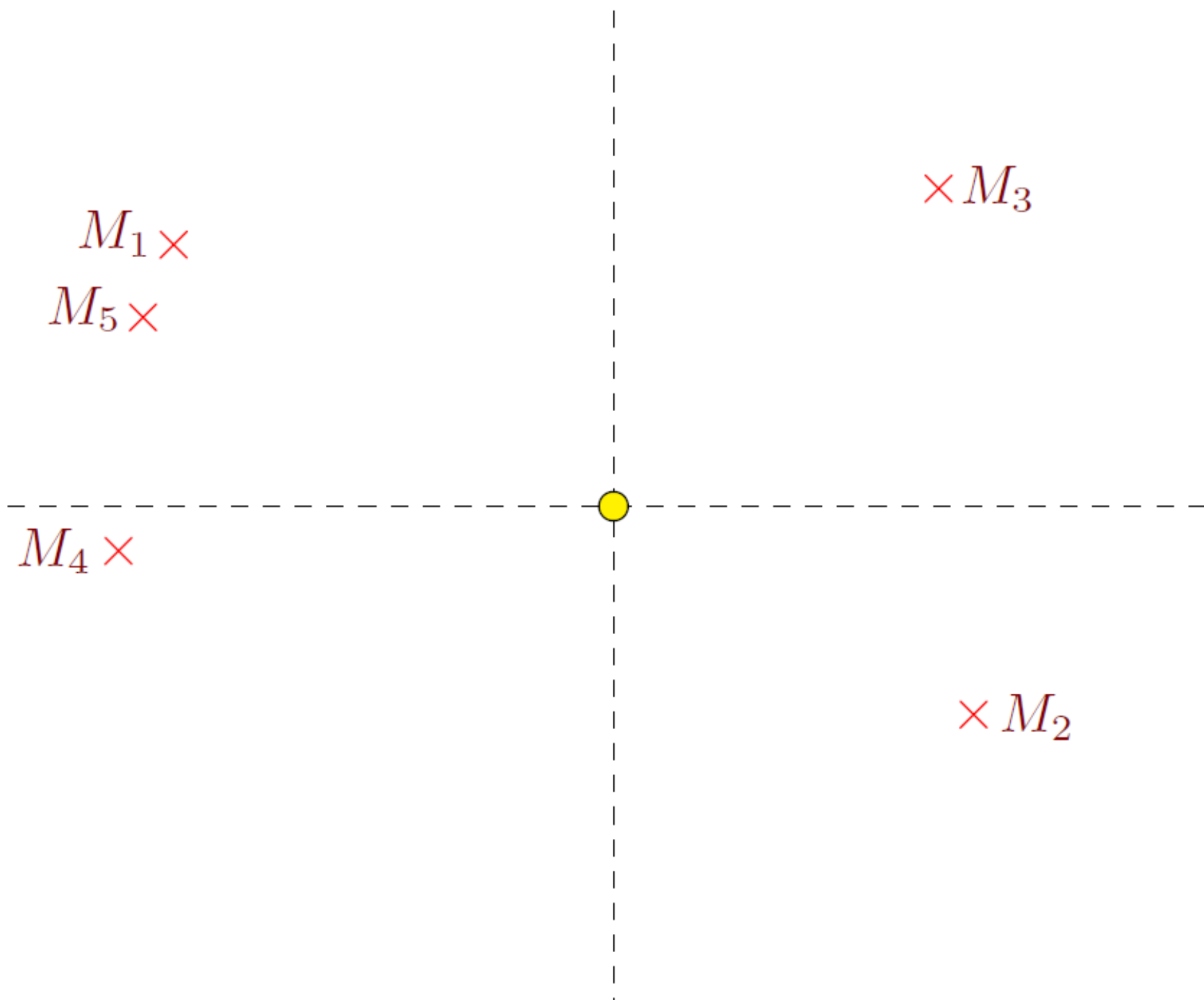
ELIPSE

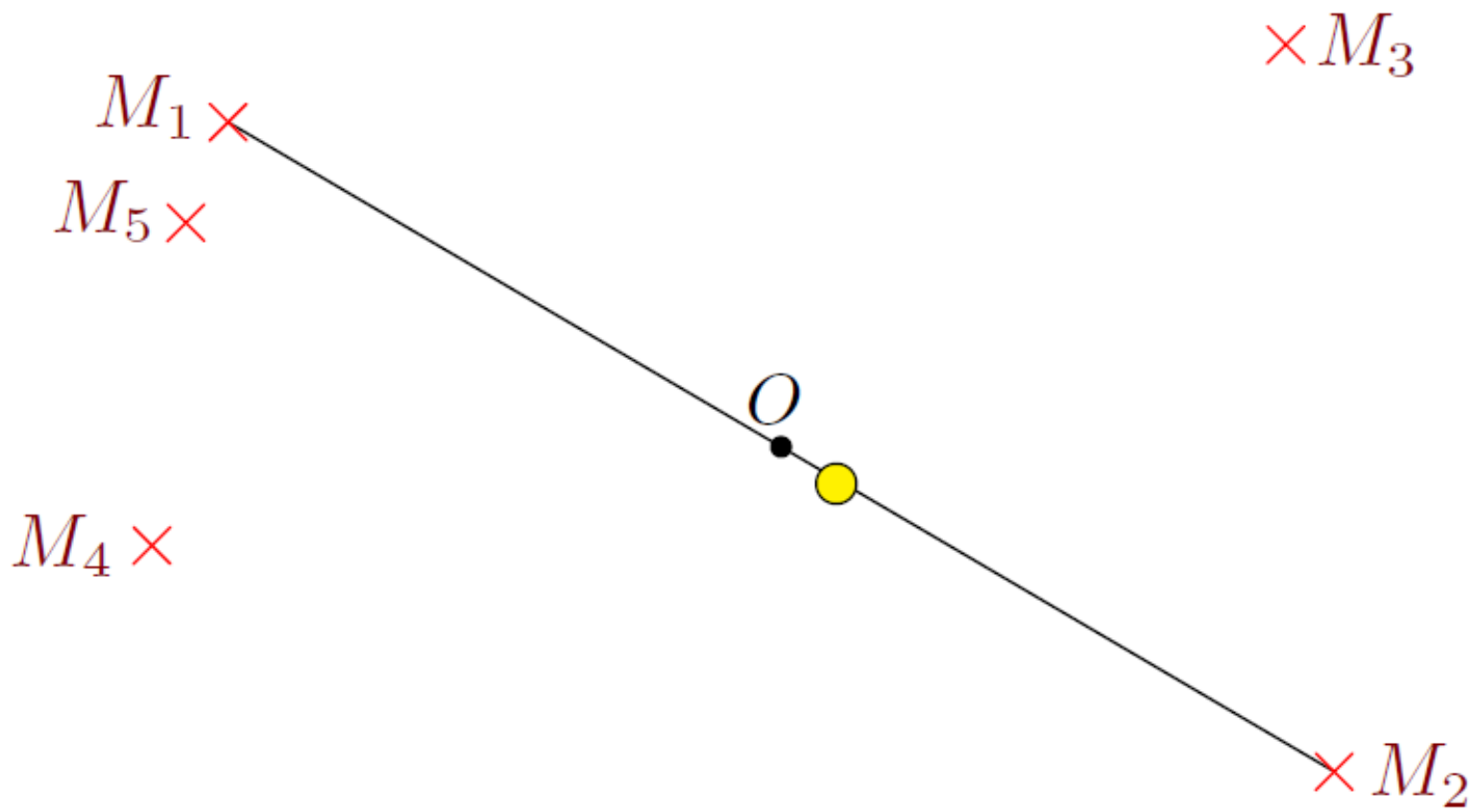


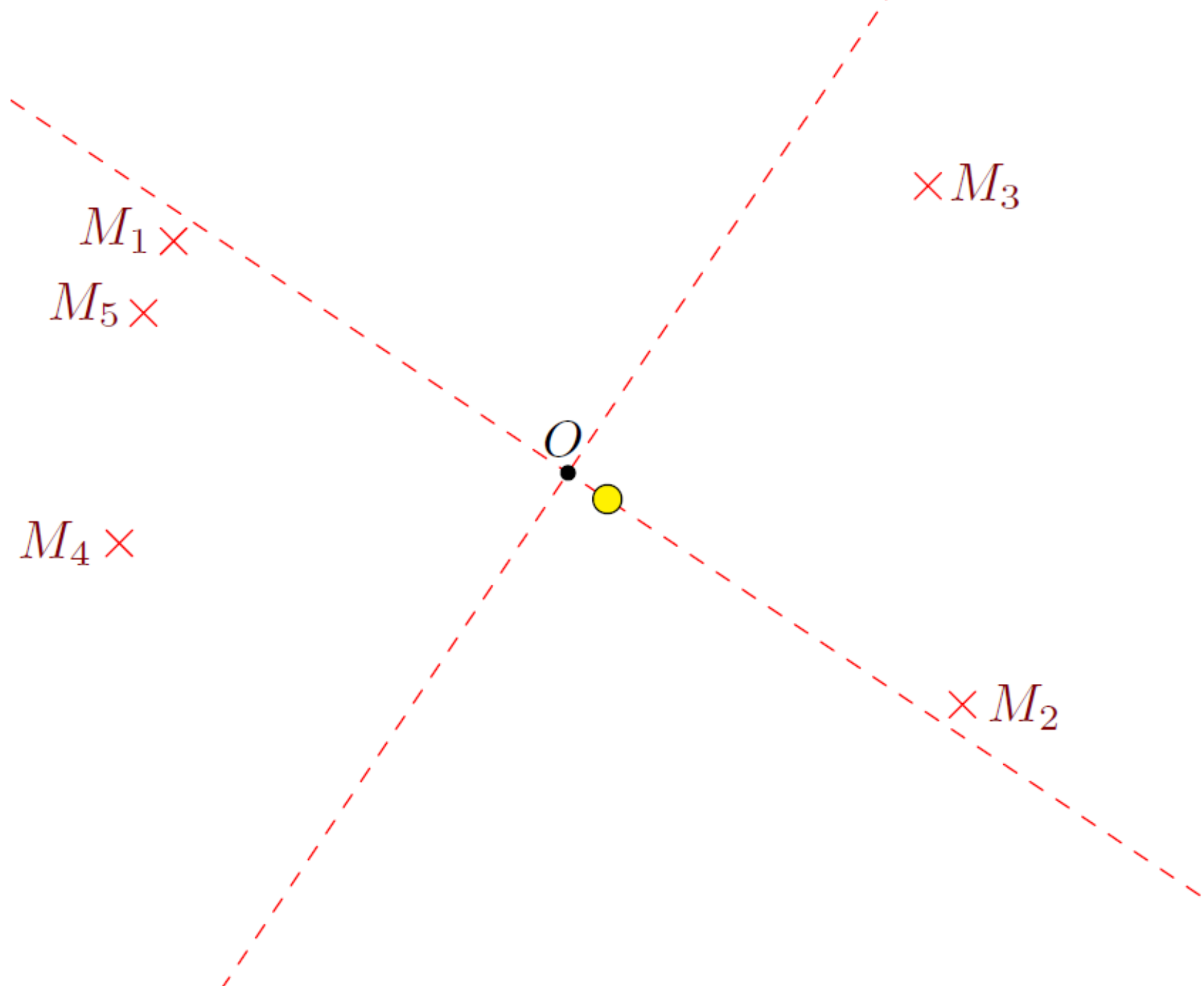


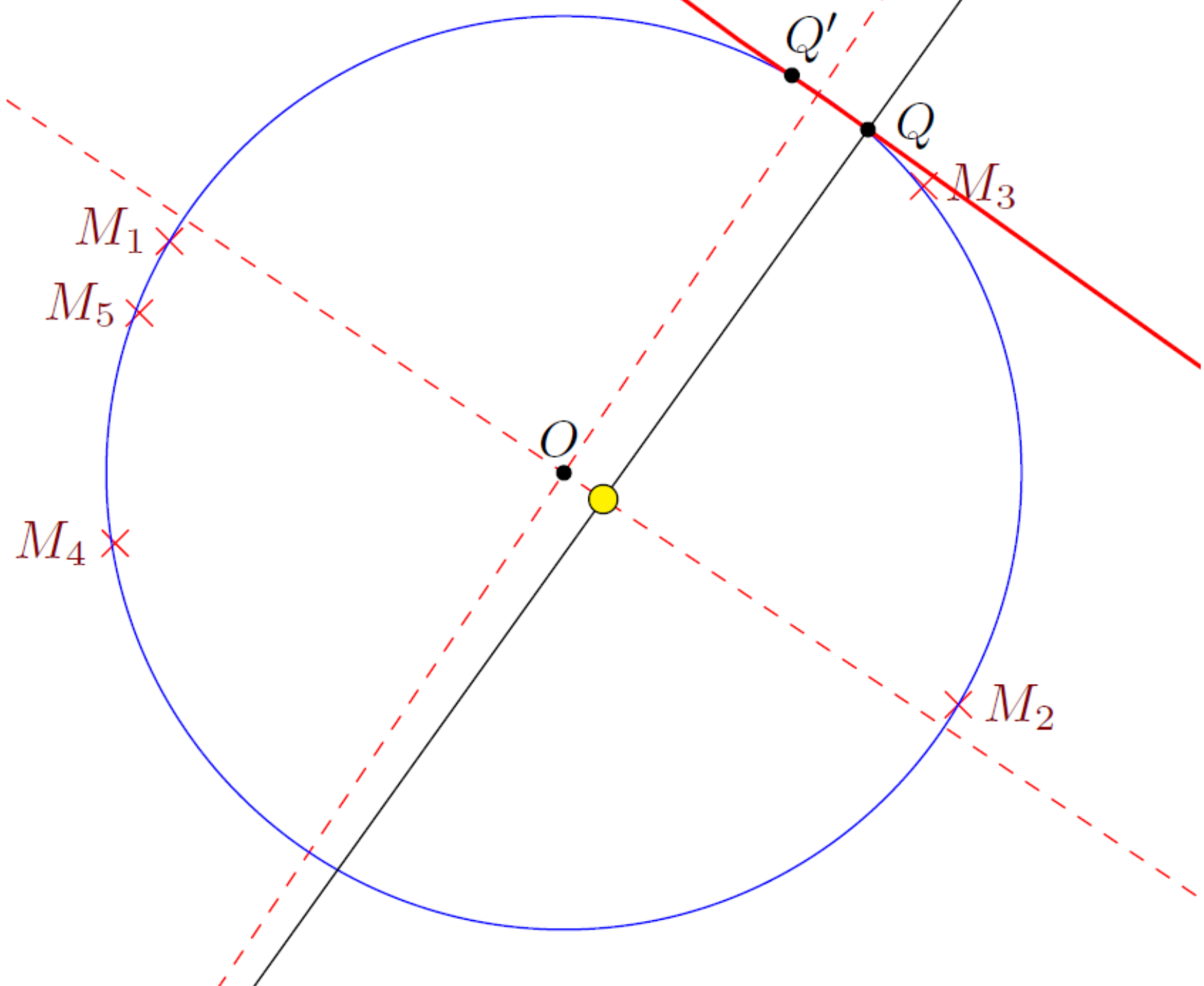


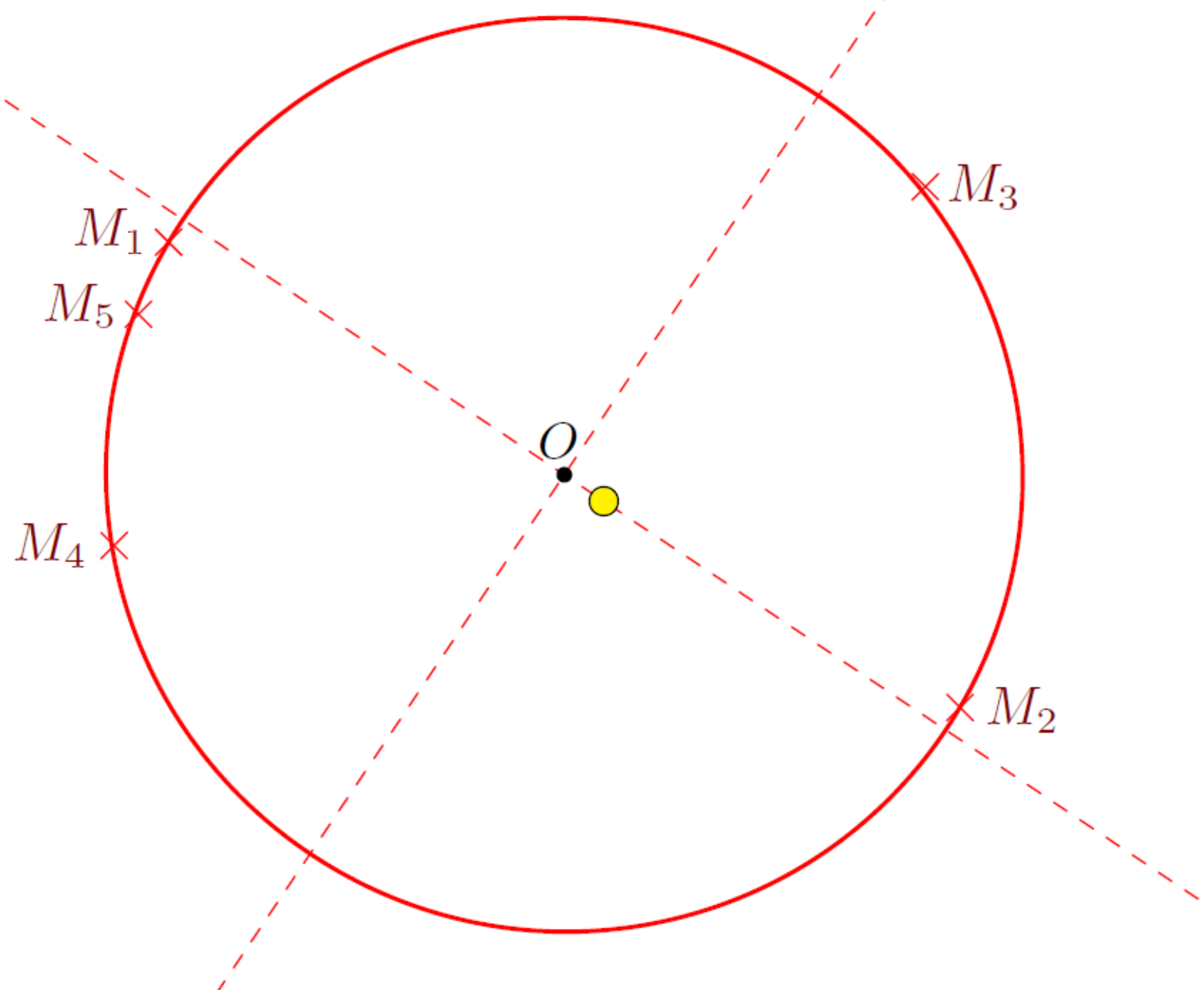
ELIPSE DE KEPLER







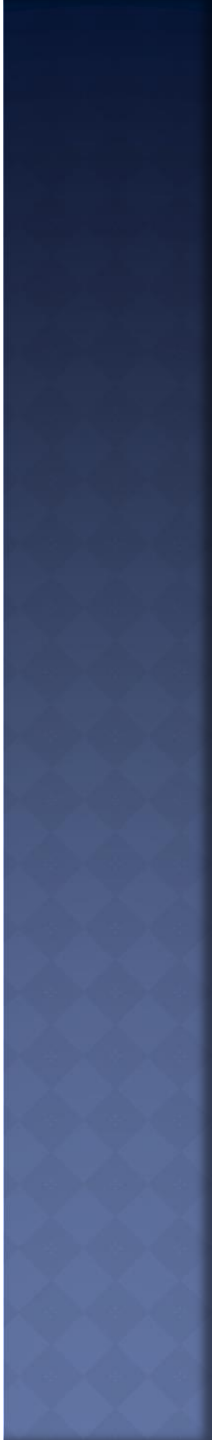




COMPARAÇÃO

➤ **NASA Planetary Fact Sheets**

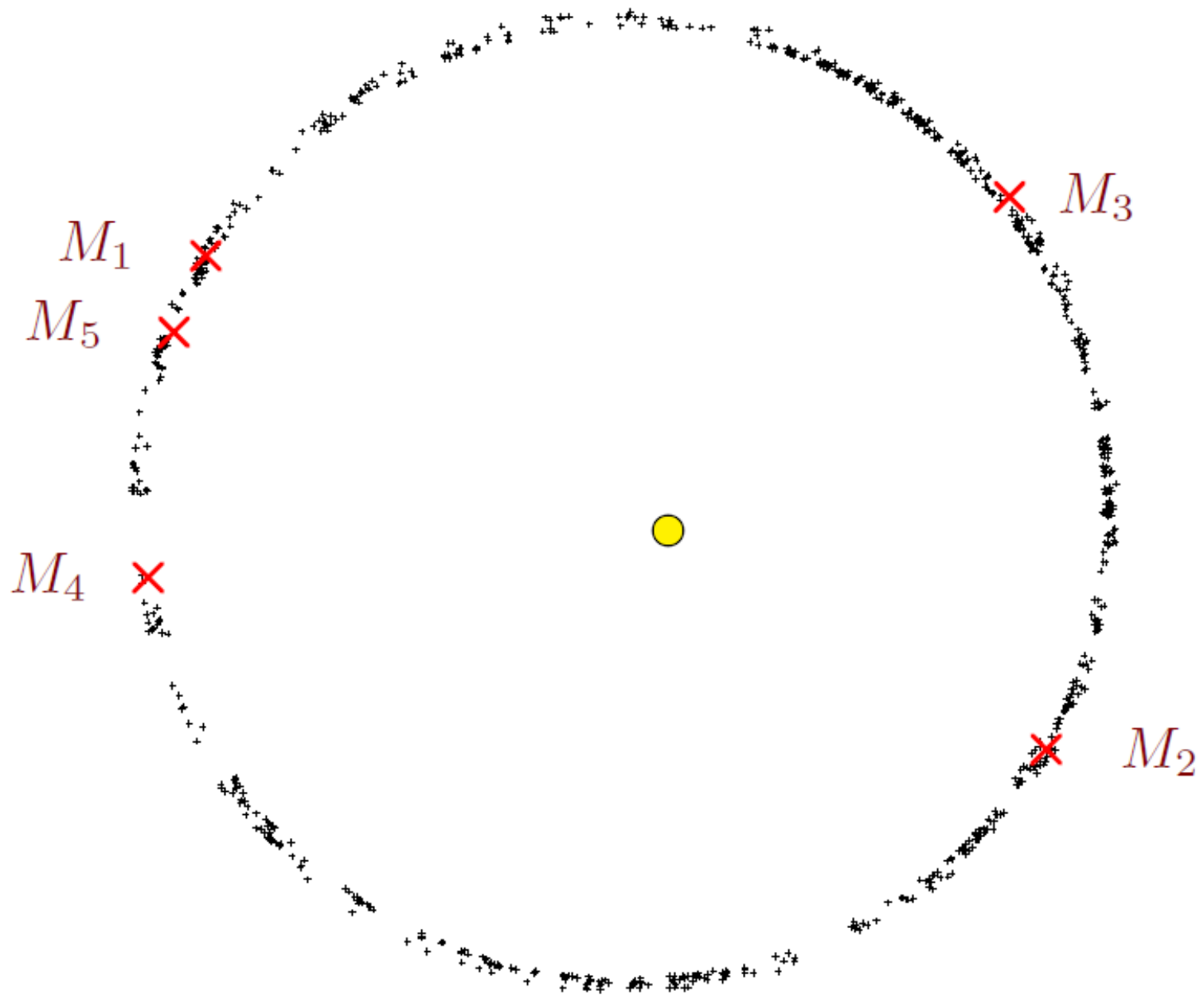
Parâmetro	NASA[11]	Análise geométrica	Discrepância
a	1,524	1,536(1)	0,8%
b	1,517	1,528(1)	0,7%
c	0,142	0,156(1)	9,8%
e	0,093	0,101(1)	8,6%

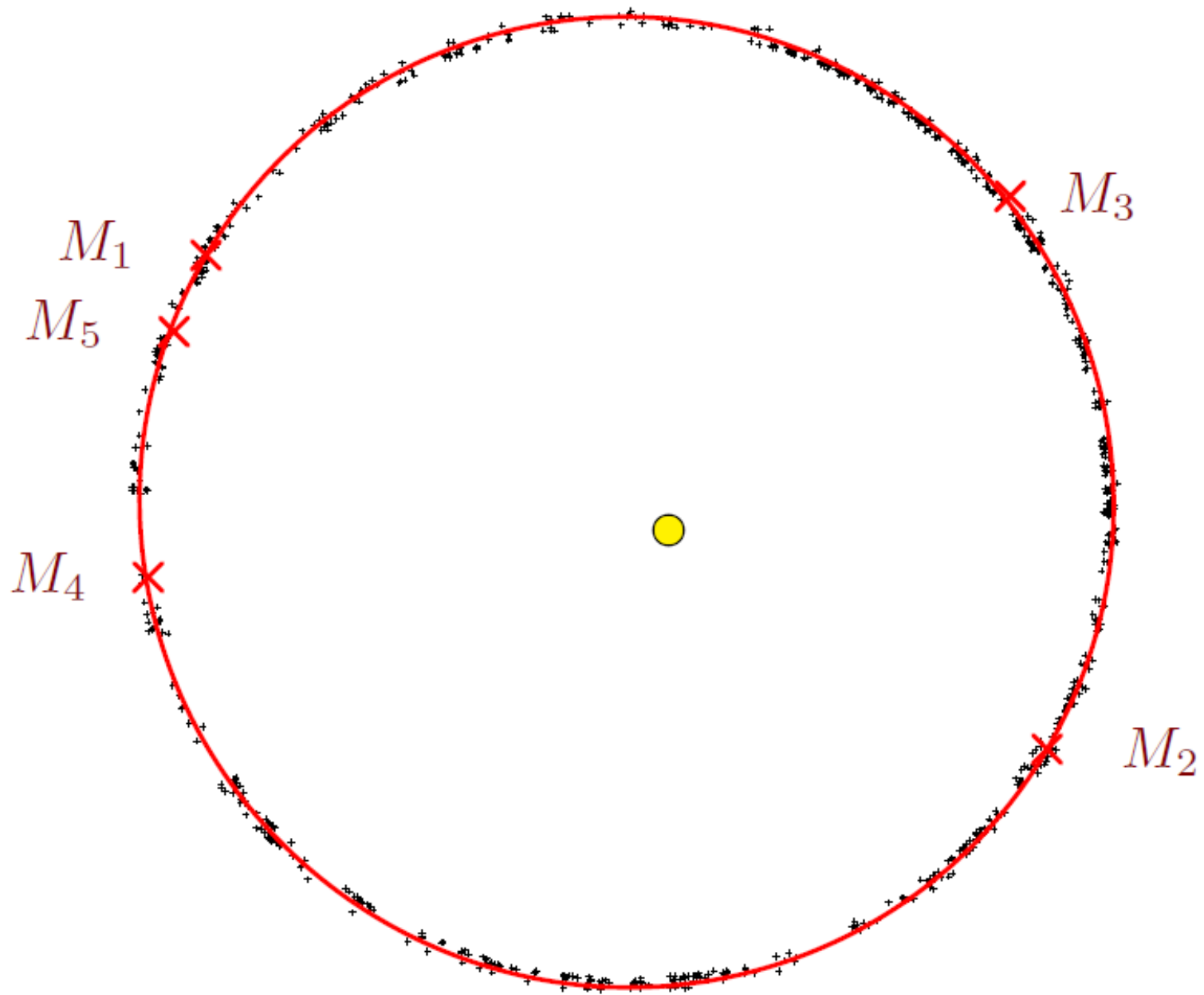


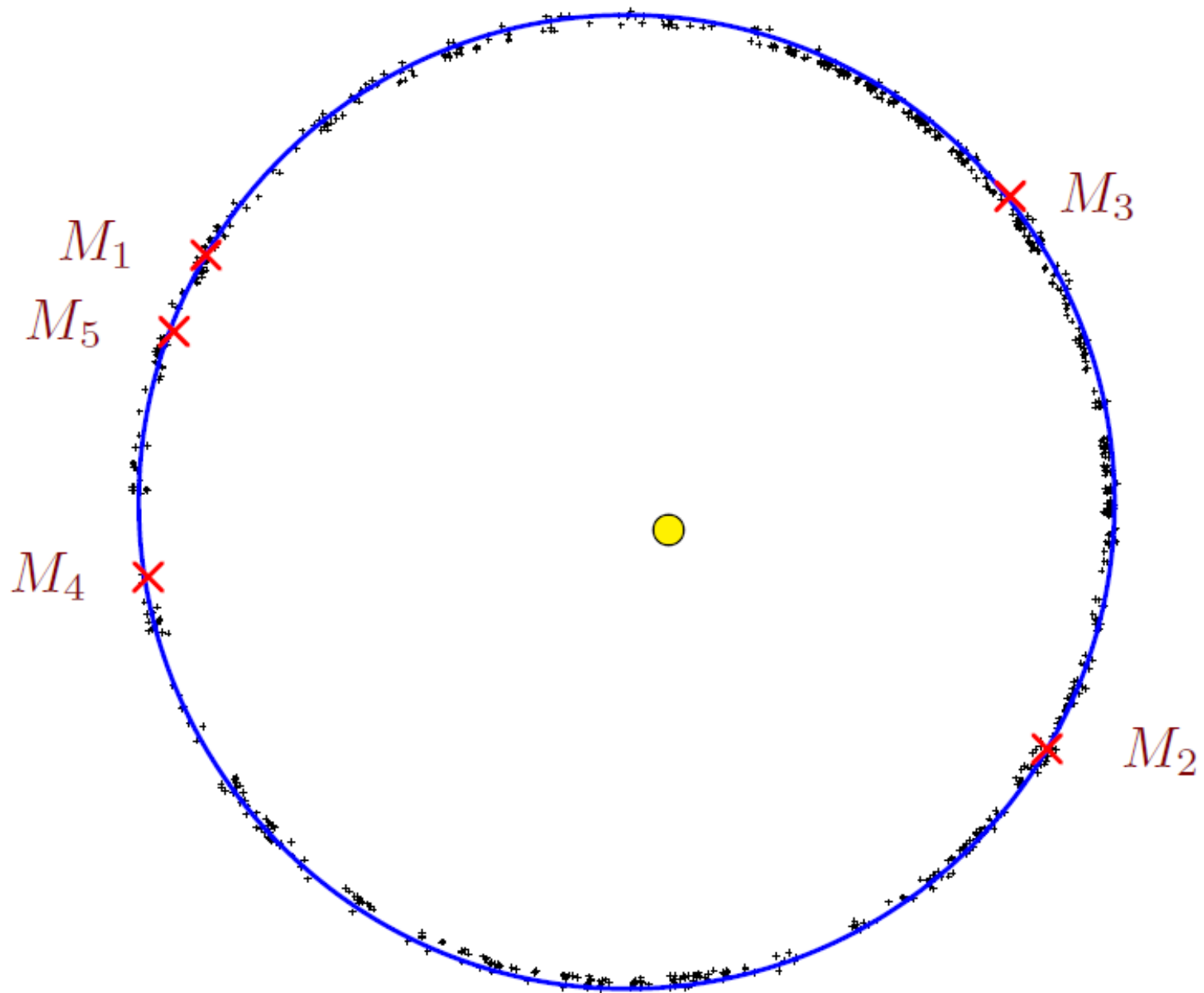
E SE UTILIZARMOS DADOS MAIS
RECENTES?

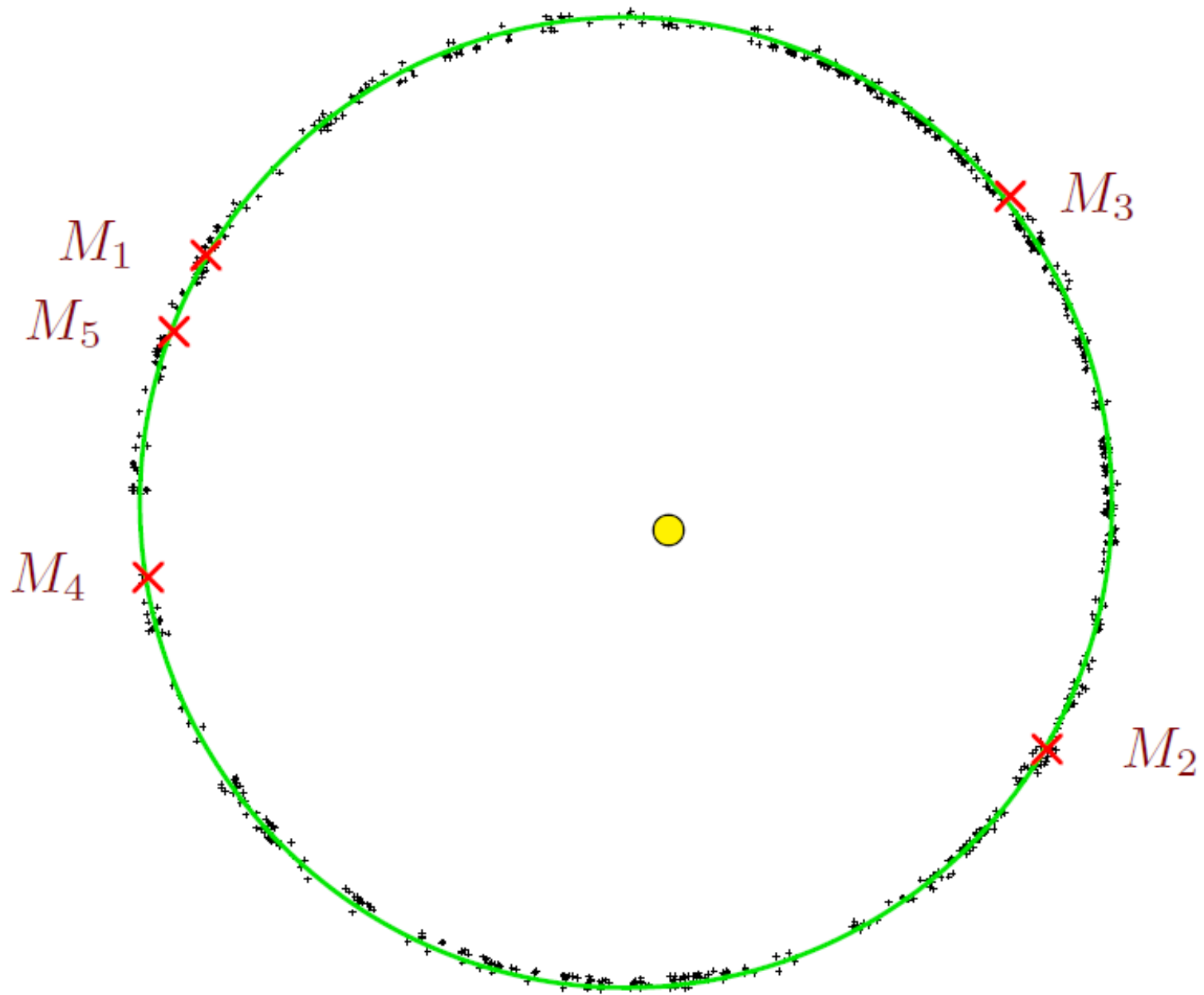
IMCCE DATABASE

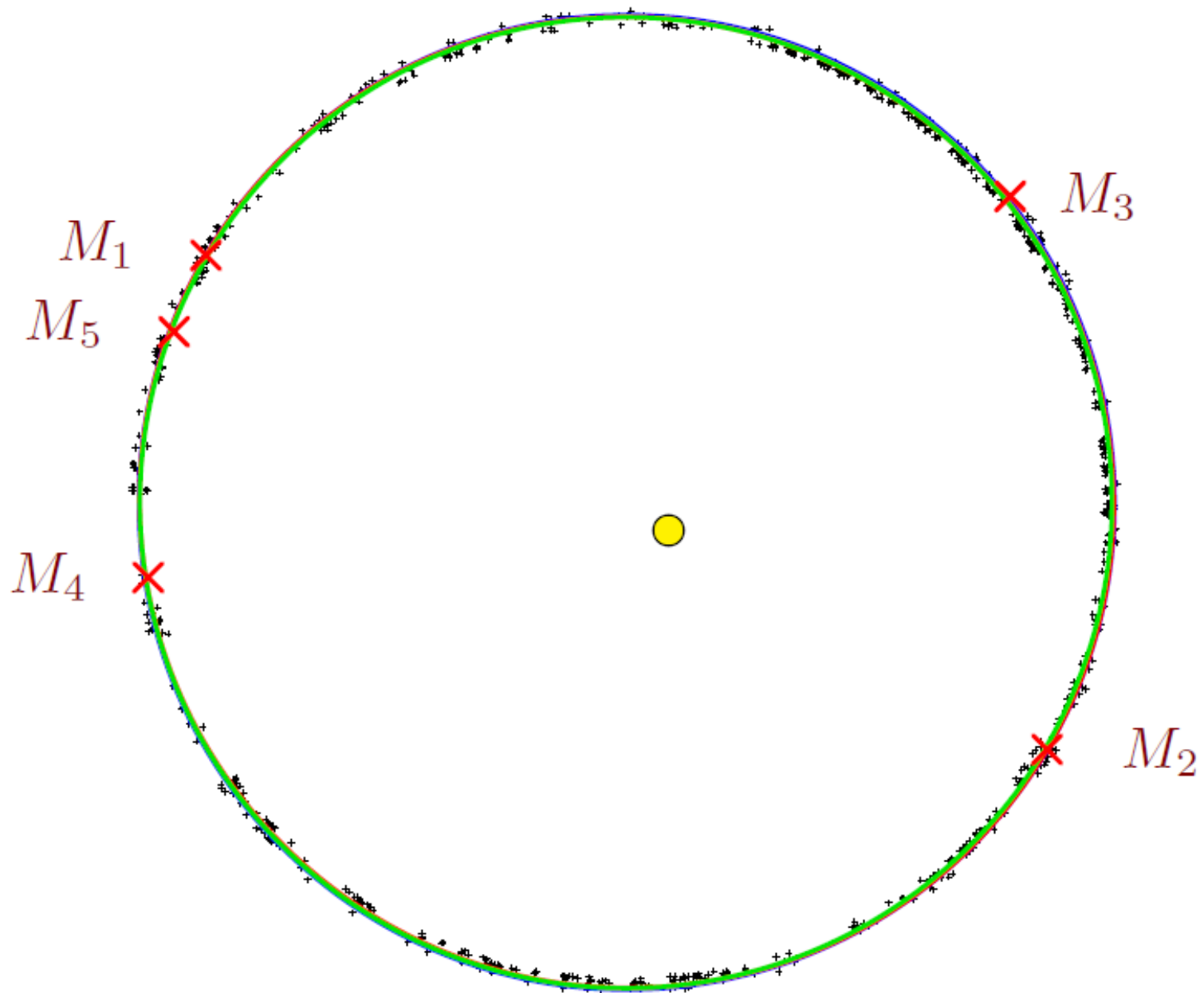
- Banco de dados de observações de Marte de diferentes sítios.
- 3814 posições de Marte entre 1774-1993 (α, δ).
- 751 pontos de Marte (X, Y)











SI TE hujus laboriosæ METHODI pertæsum fuerit, jure mei te mifereat, qui eam ad minimum septuagies ivi cum plurima temporis jactura, & mirari desines hunc quintum jam annum abire, ex quo Martem aggressus sum, quamvis annus MDCIII pene totus Opticis inquisitionibus fuit traductus.

Se você achou estes cálculos tediosos ('pertaesum'), então tenha piedade de mim: Eu os fiz ao menos 70 vezes, com uma grande perda de tempo ('ad minimum septuagies ivi cum plurima temporis jactura').

— KEPLER, *Astronomia Nova* (1609), p. 95.

OBRIGADO!

IOP Publishing

European Journal of Physics

Eur. J. Phys. 35 (2014) 025009 (6pp)

[doi:10.1088/0143-0807/35/2/025009](https://doi.org/10.1088/0143-0807/35/2/025009)

Kepler's ellipse, Cassini's oval and the trajectory of planets

B Morgado and V Soares¹

Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 1, 1305 (2015)

www.sbfisica.org.br

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173711647>

Construção geométrica da órbita de Marte pelo método de Kepler
(*Geometric construction of the Mars's orbit by the method of Kepler*)

Bruno Eduardo Morgado¹, Vitorvani Soares²

morgado.fis@gmail.com