

5226  
9-4

# EL COMETA COMAS SOLÁ

(1926 f)

OBSERVACIONES Y CÁLCULO DE LOS  
ELEMENTOS DE SU ÓRBITA

POR

RAFAEL CARRASCO



LIBRERIA  
CATALOGO 5226  
Oct. 71 9 TABLA 4

MADRID  
IMPRESA CLÁSICA ESPAÑOLA  
GLORIETA DE LA IGLESIA (CHAMBERÍ)  
1927

08815500101

## El cometa Comas Solá (1926 f)

Observaciones y cálculo de los elementos de su órbita.

por

Rafael Carrasco

En la noche del 4 de noviembre pasado, el Sr. Comas Solá descubría un nuevo cometa, de magnitud aproximada  $12^m$ , y de coordenadas  $\alpha = 2^h 56^m,6$ ;  $\delta = +6^\circ 31'$ . Dicho señor telegrafió su descubrimiento al Bureau Central Astronomique de l'Union Astronomique Internationale, encargada de su difusión por todo el mundo; pero en el Observatorio de Madrid no se supo tal descubrimiento hasta el día 10 de noviembre, en que dieron la noticia varios periódicos de la Prensa diaria, y llegó al Observatorio una circular de dicha Oficina internacional, en la que se hacía constar que no se les había teleografiado dicho descubrimiento más que a algunos Observatorios, entre los cuales, como hemos dicho, no se encontraba el de Madrid.

Al conocerse la noticia en nuestro centro científico, el jefe del Observatorio, D. Antonio Vela, encargó al autor de este trabajo que se dedicara a la observación de dicho cometa para proceder, cuando se tuvieran suficientes datos, al cálculo de los elementos de su órbita, a partir de observaciones efectuadas en Madrid.

En la circular del Bureau Central Astronomique se atribuía al cometa un movimiento diario de:  $\Delta\alpha = -1^m$ ,  $\Delta\delta = -3'$ , y con estos datos procedimos a buscarlo visualmente sin lograr encontrarle, resultado que tuvo su justificación en otra circular llegada el día 15 que comunicaba la existencia de un error en los datos de movimiento del astro, que era, en declinación, de  $+3'$  en lugar de  $-3'$ .

El mal cielo de aquellos días, unido a la proximidad de la luna llena (día 19), nos impidió durante cierto tiempo proseguir su busca, y para

aprovechar esos días y asegurar su observación, procedimos, de acuerdo con el astrónomo encargado del aparato, D. Pedro Carrasco, y ayudado eficazmente por él, a montar el objetivo y culata fotográfica en la ecuatorial de Grubb de 40 cm. de abertura, pudiendo obtener las primeras placas de la región por donde debía encontrarse el cometa el día 8 de diciembre. Sin embargo, no se obtuvo fotografía del mismo hasta el día 10, en un sitio bastante alejado del señalado por las efemérides (dado el pequeño campo de que disponíamos), y, de acuerdo con el indicado por la efeméride calculada por el Dr. Crommelin a partir de los elementos elípticos, también calculados por él, que llegaron a Madrid el día 11 de diciembre, en la circular núm. 127.

Asegurada ya la obtención de posiciones del cometa, se ha procurado fotografiarlo siempre que las condiciones del cielo lo permitieron. Así se verá que, si bien faltan observaciones del 10 al 18, conseguimos hacer fotografías a partir del 18, durante cuatro días consecutivos, no obstante la fuerte iluminación de la luna, que llegaba al plenilunio el día 19 a las 6<sup>h</sup> 9<sup>m</sup>; otra laguna aparece de nuevo hasta la última fotografía obtenida, correspondiente al 30 de diciembre.

*Observaciones de posición.*—Se comprende que, para obtener la mayor precisión en la medida de la posición del cometa y de la época correspondiente, será necesario dar la menor exposición posible a la placa fotográfica, con el fin de precisar el momento de la observación y de que la huella del cometa sea lo más puntual posible, en lugar de presentar rastro debido a su movimiento propio. El tiempo de exposición podrá reducirse más a medida que sea mayor la abertura del anteojo, y menor la magnitud del astro que se quiera fotografiar, unido a la rapidez de la placa empleada. En nuestro caso hemos procurado conciliar la magnitud del cometa con la abertura de que disponíamos, dando la menor exposición posible para que su brillo impresionara la placa, sin atrevernos a forzar mucho este límite, con el fin de que no hubiera duda en su identificación. Hemos empleado placas Imperial Eclipse Ortho.

La debilidad del cometa nos ha obligado a dar exposiciones variables de 30<sup>m</sup> a 60<sup>m</sup>, según las condiciones del cielo, con pérdida de la precisión en su posición por la presencia consiguiente de trazo o rastro. Este se acentuaba por la gran distancia focal del anteojo, 4,5 metros, aunque presentando por esta razón la ventaja de una más fácil y segura determinación de las coordenadas del cometa.

Para fijar las posiciones de éste, identificábamos tres estrellas en cada placa, lo más próximas posibles al cometa, con las contenidas en un Catálogo de garantía. Hemos utilizado las zonas de + 5° a + 10°, y de

+ 10° a + 15° del Catalog der Astronomischen Gesellschaft, región próxima al cometa, y de ellas las estrellas:

Núm. 910.....	$\alpha = 2^h 20^m 6^s,19$	$\delta = 10^\circ 1' 8'',8$	} 1875,0
— 912.....	20 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> ,32	9° 38' 30'',4	
— 925.....	22 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> ,98	9° 48' 57'',8	
— 695.....	17 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> ,30	10° 55' 59'',3	
— 707.....	18 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> ,66	11° 24' 50'',3	
— 708.....	19 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,01	11° 57' 24'',1	
— 709.....	19 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> ,04	11° 21' 53'',9	
— 711.....	19 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,52	12° 57' 10'',0	
— 714.....	20 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> ,06	13° 24' 17'',5	
— 720.....	21 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,20	13° 19' 0'',9	

Reducidas estas estrellas a la época conveniente, y efectuada la medida de las posiciones relativas de las estrellas de comparación y el cometa, hemos calculado las coordenadas del mismo en las distintas placas obtenidas, encontrando los valores:

	1926	T. U.	$\alpha$ (1926,0)	$\delta$ (1926,0)
Diciembre 10...	20 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> ,5	2 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> ,9	+ 10° 3' 34''	
— 10...	22 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> ,0	25 <sup>m</sup> 7 <sup>s</sup> ,5	+ 10° 4' 18''	
— 18...	19 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> ,5	22 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> ,3	+ 11° 19' 24''	
— 19...	20 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> ,0	22 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,0	+ 11° 30' 20''	
— 20...	19 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> ,8	21 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> ,8	+ 11° 40' 45''	
— 21...	20 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> ,0	21 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,5	+ 11° 51' 46''	
— 30...	19 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> ,0	22 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> ,7	+ 13° 32' 11''	

Del cálculo efectuado se deduce como error probable de las determinaciones el valor  $\pm 1''$ .

#### CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA ÓRBITA

*Elección de observaciones.*—Antes de acometer el cálculo nos convenía hacer una elección de las observaciones efectuadas, escogiendo aquellas que nos dieran una mayor precisión en los elementos que se van a calcular.

Para conseguir la precisión máxima es necesario tener en cuenta dos condiciones: 1.<sup>a</sup>, que las observaciones sean lo más distantes posible,

y 2.<sup>a</sup>, que las observaciones sean equidistantes. La primera no ofrecía ninguna duda; era necesario escoger las extremas, correspondientes a los días 10 y 30 de diciembre; para satisfacer a la segunda, como las observaciones no eran equidistantes más que aproximadamente (tomando lógicamente para observación media la del día 20), fué necesario hacerlas entre sí, lo que conseguimos corrigiendo a las coordenadas de los días 10 y 20 con el movimiento del cometa, para pasar a la fecha de la última observación 19<sup>h</sup> 37<sup>m</sup>,0.

Conseguidas ya así las dos condiciones, bastaba buscar en los Almanaques astronómicos las longitudes del Sol y los logaritmos de las distancias a la Tierra en las tres épocas elegidas, con el objeto de disponer de todos los elementos necesarios para proceder al cálculo de los elementos de su órbita.

*Cálculo de órbita parabólica.*—Cuando nos disponíamos a comenzar el cálculo de los elementos parabólicos, ya se conocía la periodicidad del cometa y podríamos haber ido resueltamente a la determinación de los elementos elípticos. Sin embargo, preferimos hacer un estudio completo, calculando sólo groseramente los elementos parabólicos, que luego nos habían de servir para, conocidos elementos aproximados, efectuar todas las correcciones en los datos del cálculo de órbita elíptica e ir a ella con la mayor precisión posible.

Con ese fin, hemos calculado los elementos parabólicos, empleando sólo cinco cifras en los logaritmos, y siguiendo el método indicado en otro trabajo nuestro anterior. El desarrollo del cálculo a grandes rasgos es el siguiente:

D A T O S

$$\begin{aligned}
 t_1 &= \text{Dic. } 10, 817361 & t_2 &= 20, 817361 & t_3 &= 30, 817361 \\
 \lambda_1 &= 37^\circ 17',2 & \lambda_2 &= 37^\circ 3',7 & \lambda_3 &= 37^\circ 47',3 \\
 \beta_1 &= - 4^\circ 6',9 & \beta_2 &= - 2^\circ 19',3 & \beta_3 &= - 0^\circ 36',5 \\
 L_1 &= 258^\circ 0',2 & L_2 &= 268^\circ 10',5 & L_3 &= 278^\circ 21',7 \\
 \lg R_1 &= 9.99329 & \lg R_2 &= 9.99286 & \lg R_3 &= 9.99270
 \end{aligned}$$

En el cálculo de las distancias reducidas llegamos a:

$$\begin{aligned}
 u &= - 0,00902 & \lg r_1 &= 0,42869 & \lg \rho_1 &= 0,26851 \\
 s &= 0,29914 & \lg r_2 &= 0,41649 & \lg \rho_2 &= 0,29698
 \end{aligned}$$

Con las cuales pasamos al cálculo de los elementos. Obtuvimos:

$$\begin{aligned}
 l_1 &= 51^\circ 9',2 & b_1 &= - 2^\circ 51',1 & \lg r_1 &= 0,42870 \\
 l_2 &= 56^\circ 57',0 & b_2 &= - 0^\circ 27',7 & \lg r_2 &= 0,41650
 \end{aligned}$$

Estos valores de  $\lg r_1$  y  $\lg r_2$  nos sirven de comprobación de los cálculos anteriormente efectuados. Como  $l_2 > l_1$ , el movimiento es directo, e  $i < 90^\circ$ ; hemos encontrado:

$$\Omega = 58^\circ 4',0 \quad i = 22^\circ 28',6$$

A partir de estos, se obtiene:

$$u_1 = - 7^\circ 28',6 \quad u_2 = - 1^\circ 12',5$$

Con los argumentos de latitud  $u_1$  y  $u_2$ , fuimos a la comprobación de los cálculos precedentes, obteniendo para el valor de  $\frac{1}{2}(u_2 - u_1)$ , deducido de las distancias  $r_1$  y  $r_2$ , y de la cuerda  $s$ , uno que difería del último calculado en 0,2, comprobación bastante satisfactoria.

Continuando el cálculo, encontramos:

$$\begin{aligned}
 v_1 &= - 31^\circ 51',8 & v_2 &= - 25^\circ 35',7 \\
 \omega &= 24^\circ 23',2 & \pi &= 33^\circ 40',8 \\
 \lg q &= 0,39466 & T &= 1927, \text{ marzo } 15,042
 \end{aligned}$$

Calculados ya todos los elementos, procedimos, como comprobación final, al cálculo del lugar medio, encontrando:

$$v_3 = - 28^\circ 46',4 \quad u_3 = - 4^\circ 23',2 \quad \lg r_3 = 0,42233$$

y, por último:

$$\lambda_{2c} = 37^\circ 12',6 \quad \beta_{2c} = - 2^\circ 19',0 \quad \lg \rho_2 = 0,28125$$

que nos dan una diferencia:

$$\lambda_{ob} - \lambda_{cal} = - 8',9 \quad \beta_{ob} - \beta_{cal} = - 0',3$$

La diferencia en  $\beta$  es aceptable; pero es fuerte en longitud. Dado el objeto de este cálculo y la poca precisión con que se ha calculado, hemos desistido de una rectificación que era superflua.

Los elementos obtenidos son, pues:

$$\begin{array}{l} T = 1927, \text{ marzo } 15,042 \\ \omega = 24^\circ 23',2 \\ \Omega = 58^\circ 4',0 \\ i = 22^\circ 28',6 \\ \lg q = 0,39466 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} T = 1927, \text{ marzo } 15,042 \\ \omega = 24^\circ 23',2 \\ \Omega = 58^\circ 4',0 \\ i = 22^\circ 28',6 \\ \lg q = 0,39466 \end{array}} \right\} 1926,0$$

A título de curiosidad, y para hacer notar la diferencia tan notable que se encuentra en los elementos provisionales, a partir de diferentes datos y por distintos calculadores, damos dos series de elementos provisionales, calculados por Mr. Ebell y por el Dr. Crommelin, publicados en las circulares números 124 y 125 del Bureau Central Astronomique.

Elementos, por Mr. Ebell	Elementos, por el Dr. Crommelin
$\begin{array}{l} T = 1927, \text{ mayo } 14,333 \\ \omega = 62^\circ 48' \\ \Omega = 57^\circ 15' \\ i = 24^\circ 57' \\ \lg q = 0,24405 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} T = 1927, \text{ mayo } 14,333 \\ \omega = 62^\circ 48' \\ \Omega = 57^\circ 15' \\ i = 24^\circ 57' \\ \lg q = 0,24405 \end{array}} \right\} 1926,0$	$\begin{array}{l} T = 1927, \text{ sept. } 26,527 \\ \omega = 73^\circ 8',48 \\ \Omega = 48^\circ 46',89 \\ i = 53^\circ 43',40 \\ \lg q = 0,37055 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} T = 1927, \text{ sept. } 26,527 \\ \omega = 73^\circ 8',48 \\ \Omega = 48^\circ 46',89 \\ i = 53^\circ 43',40 \\ \lg q = 0,37055 \end{array}} \right\} 1926,0$

*Cálculo de órbita elíptica.*—Estos elementos parabólicos aproximados nos permiten calcular las distancias reducidas  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  con las cuales calculamos las  $\rho'_1, \rho'_2, \rho'_3$  ( $\rho = \rho' \cos \beta$ ), que utilizaremos para corregir los datos de observación de los errores de paralaje y aterración.

Efectuadas estas correcciones, las nuevas fechas y coordenadas del cometa son:

$$\begin{array}{lll} t_1 = 10,806629 & t_2 = 20,806329 & t_3 = 30,805931 \\ \alpha_1 = 36^\circ 17' 55'',60 & \alpha_2 = 35^\circ 29' 12'',18 & \alpha_3 = 35^\circ 37' 40'',68 \\ \delta_1 = + 10^\circ 3' 22'',08 & \delta_2 = + 11^\circ 40' 42'',59 & \delta_3 = + 13^\circ 32' 8'',81 \end{array}$$

Transformando las coordenadas  $\alpha$  y  $\delta$  en longitud y latitud  $\lambda$  y  $\beta$ , encontramos:

$$\begin{array}{lll} \lambda_1 = 37^\circ 17' 13'',32 & \lambda_2 = 37^\circ 3' 20'',62 & \lambda_3 = 37^\circ 47' 16'',44 \\ \beta_1 = - 4^\circ 6' 54'',71 & \beta_2 = - 2^\circ 19' 21'',14 & \beta_3 = - 0^\circ 36' 34'',87 \end{array}$$

Hicimos una comprobación de este cálculo, que nos indicó la perfecta bondad del mismo.

Para la determinación de los elementos elípticos del cometa hemos se-

guido el método de Gauss, ajustándonos al desarrollo de cálculo consignado en la obra de Luc Picart: *Calcul des orbites et des Ephémérides*, que es de gran comodidad en nuestro caso, por estar ya preparadas las fórmulas para el cálculo logarítmico, y no disponer de máquinas de cálculo que pudieran simplificararnos el trabajo.

Sin más que tomar de los Almanques los restantes datos de cálculo: longitudes de la Tierra respecto al Sol y los logaritmos de las distancias Sol-Tierra, en dichas fechas obtenemos los siguientes

DATOS

$$\begin{array}{lll} t_1 = 10,806629 & t_2 = 20,806329 & t_3 = 30,805931 \\ \lambda_1 = 37^\circ 17' 13'',32 & \lambda_2 = 37^\circ 3' 20'',62 & \lambda_3 = 37^\circ 47' 16'',44 \\ \beta_1 = - 4^\circ 6' 54'',71 & \beta_2 = - 2^\circ 19' 21'',14 & \beta_3 = - 0^\circ 36' 34'',87 \\ L_1 = 78^\circ 0' 11'',59 & L_2 = 88^\circ 10' 31'',05 & L_3 = 98^\circ 21' 41'',98 \\ \lg R_1 = 9,9932892 & \lg R_2 = 9,9928639 & \lg R_3 = 9,9926971 \end{array}$$

Empezamos por formar la ecuación de Gauss para determinar las distancias  $\rho_2$  y  $\rho_3$ ; los resultados parciales son:

$$\begin{array}{lll} \lg \theta_1 = 9,2355641 & \lg \theta_2 = 9,5365963 & \lg \theta_3 = 9,2355684 \\ \lg q_0 = 7,6929812 & n_{10} = 0,4999975 & n_{30} = 0,5000024 \\ \lg v_{10} = 7,8690718 & \lg v_{30} = 7,8690732 & \varphi = 81^\circ 53' 5'',76 \\ \lg \operatorname{tg} \varphi = 0,8459129 & \chi = 37^\circ 52' 29'',42 \end{array}$$

La comprobación de este cálculo se hace por la fórmula:  $\operatorname{tg} \beta_1 = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{sen} (\lambda_1 - \chi)$ , y hemos encontrado en nuestro caso:

$$\lg \operatorname{tg} \varphi \operatorname{sen} (\lambda_1 - \chi) = 8,8570160_n \quad \lg \operatorname{tg} \beta_1 = 8,8570157_n$$

lo cual supone una diferencia en el valor de  $\beta_2$  de  $0'',01$ , que está dentro de la incertidumbre del cálculo con siete decimales.

Continuando el cálculo, se encuentra:

$$\begin{array}{ll} \beta_0 = - 5^\circ 43' 30'',80 & \lg a = 2,0702975 \\ \lg N_1 = 9,7057366 & \lg N_3 = 9,7057252 \\ N_1 = 0,5078513 & N_3 = 0,5078380 \\ \lg b_1 = 1,8728112 & \lg b_2 = 1,9493162 \quad \lg b_3 = 2,0026348 \end{array}$$

Comprobamos el cálculo anterior mediante la relación:

$$b_2 = N_1 b_1 + N_3 b_3$$

$$\lg(N_1 b_1 + N_3 b_3) = 1.9493161 \quad \lg b_2 = 1.9493162$$

De aquí se obtiene para la formación de la ecuación de Gauss:

$$\begin{aligned} k_0 &= 1.3743193 & \lg l_0 &= 0.1126586 & \delta &= 51^\circ 9' 27'',01 \\ \lg \Gamma &= 0.3291119 & \gamma &= 21^\circ 2' 42'',36 & \lg M_0 &= 0.1305549 \end{aligned}$$

con lo cual la ecuación de Gauss queda:

$$\lg \operatorname{sen}(z - 21^\circ 2' 42'',36) = 0.1305549 + \lg \operatorname{sen}^4 z$$

Resolviéndola por aproximaciones sucesivas llegamos al valor:

$$z = 22^\circ 47' 11'',98$$

con el cual se obtiene:

$$\lg \rho_2 = 0.0816704 \quad \lg r_2 = 0.2962820$$

valores que comprobamos con la fórmula  $\rho_2 = K_0 - \frac{l_0}{r_2^3}$ , encontrando:

$$\lg \left( K_0 - \frac{l_0}{r_2^3} \right) = 0.0816703 \quad \lg \rho_2 = 0.0816704$$

Pasando al cálculo de las distancias geocéntricas  $\rho_1$  y  $\rho_3$ , obtuvimos:

$$\begin{aligned} \lg \operatorname{tg} \varphi_1 &= 0.3694526 & \chi_1 &= 38^\circ 2' 53'',94 \\ \lg \operatorname{tg} \varphi_3 &= 0.8907307 & \chi_3 &= 216^\circ 45' 24'',71 \end{aligned}$$

Cálculo que se comprueba por:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta_2 &= \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{sen}(\lambda_2 - \chi_1) = \operatorname{tg} \varphi_3 \operatorname{sen}(\lambda_2 - \chi_3) \\ \lg \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{sen}(\lambda_2 - \chi_1) &= 8.6080782_n & \lg \operatorname{tg} \varphi_3 \operatorname{sen}(\lambda_2 - \chi_3) &= 8.6080782_n \\ \lg \operatorname{tg} \beta_2 &= 8.6080782_n \end{aligned}$$

que nos da una comprobación perfecta.

Los siguientes resultados hasta el cálculo de  $\rho_1$  y  $\rho_3$ , fueron:

$$\begin{aligned} \lg D_1 &= 8.7271471 & \lg D_3 &= 8.5967314 \\ \lg A_1 &= 9.6876775 & \lg A_3 &= 9.7191432 \\ \lg C_1 &= 8.8345865_n & \lg C_3 &= 9.7944260_n \\ n_1 &= 0.5009530 & n_3 &= 0.5009579 \\ \lg n_1 &= 9.6997970 & \lg n_3 &= 9.6998013 \\ \lg \rho_1 &= 0.0699667 & \lg \rho_3 &= 0.0977232 \end{aligned}$$

y la comprobación mediante la fórmula:

$$\rho_2 \operatorname{sen} \beta_2 = n_1 \rho_1 \operatorname{sen} \beta_1 + n_3 \rho_3 \operatorname{sen} \beta_3,$$

nos dió el resultado excelente:

$$n_1 \rho_1 \operatorname{sen} \beta_1 + n_3 \rho_3 \operatorname{sen} \beta_3 = -0.0489093 \quad \rho_2 \operatorname{sen} \beta_2 = -0.0489093$$

Conocidas ya las distancias geocéntricas, pasamos al cálculo de las coordenadas heliocéntricas del cometa en las tres épocas consideradas, obteniéndose los valores:

$$\begin{aligned} l_1 &= 55^\circ 48' 3'',67 & l_2 &= 59^\circ 50' 12'',84 & l_3 &= 64^\circ 3' 20'',43 \\ b_1 &= -2^\circ 23' 11'',79 & b_2 &= -1^\circ 25' 0'',10 & b_3 &= -0^\circ 23' 40'',32 \\ \lg r_1 &= 0.3063285 & \lg r_2 &= 0.2962822 & \lg r_3 &= 0.2867410 \end{aligned}$$

El valor de  $\lg r_2$  coincide, en los límites del cálculo, con el anteriormente hallado.

Para inclinación de la órbita y longitud del nodo, encontramos:

$$i = 13^\circ 39' 14'',92 \quad \Omega = 65^\circ 40' 48'',01$$

valores que se comprueban con la fórmula  $\operatorname{tg} b_2 = \operatorname{tg} i \operatorname{sen}(l_2 - \Omega)$ , que nos da en este caso:

$$\lg \operatorname{tg} i \operatorname{sen}(l_2 - \Omega) = 8.3932419_n \quad \lg \operatorname{tg} b_2 = 8.3932424_n$$

que supone una diferencia en el valor de  $b_2$  de 0''006, inferior a la precisión del cálculo.

Los argumentos de latitud valen:

$$u_1 = -10^\circ 9' 37'',43 \quad u_2 = -6^\circ 0' 42'',53 \quad u_3 = -1^\circ 40' 17'',55$$

También estos cálculos admiten una comprobación, aunque sólo aproximada, mediante las fórmulas:

$$n_1 = \frac{r_2 r_3 \operatorname{sen}(u_3 - u_2)}{r_1 r_3 \operatorname{sen}(u_3 - u_1)} \quad n_3 = \frac{r_1 r_2 \operatorname{sen}(u_2 - u_1)}{r_1 r_3 \operatorname{sen}(u_3 - u_1)}$$

que en el ejemplo que estamos tratando nos da:

$$\begin{aligned} \lg \frac{r_2 r_3 \operatorname{sen}(u_3 - u_2)}{r_1 r_3 \operatorname{sen}(u_3 - u_1)} &= 9.6997961 & \lg n_1 &= 9.6997970 \\ \lg \frac{r_1 r_2 \operatorname{sen}(u_2 - u_1)}{r_1 r_3 \operatorname{sen}(u_3 - u_1)} &= 9.6998022 & \lg n_3 &= 9.6998013 \end{aligned}$$

comprobación satisfactoria.

Para la relación de los sectores elípticos a los triángulos, hallamos sucesivamente:

$$\begin{aligned} f_2 &= 4^\circ 14' 39'',94 & \lg m_2 &= 8.6420383 \\ 2\lambda &= -0^\circ 38' 45'',70 & q &= -16^\circ 56' 6'',78 \\ l &= 0.0015026 & h_0 &= 0.0023040 \\ \lg y_2^2 &= 0.0022145 & \lg x_2 &= 6.6139263 \end{aligned}$$

Pasando ya al cálculo de los restantes elementos, se encuentra:

$$\begin{aligned} g_2 &= 2^\circ 19' 24'',66 & F_2 &= -45^\circ 2' 23'',49 & G_2 &= -22^\circ 48' 20'',51 \\ \varphi &= 38^\circ 10' 23'',46 & \lg H &= 8.7908500 & \lg e &= 9.7910170 \\ & & \lg a &= 0.6624263 \\ v_1 &= -49^\circ 17' 3'',43 & v_3 &= -40^\circ 47' 43'',55 \\ E_1 &= -25^\circ 7' 45'',17 & E_3 &= 20^\circ 28' 55'',85 \end{aligned}$$

Cálculos que se comprueban mediante las fórmulas:

$$\omega = u_1 - v_1 = u_3 - v_3,$$

y

$$a = \frac{\theta_2^2}{4 r_1 r_3 y_2^2 \sin^2 g_2 \cos^2 f_2},$$

que nos dan:

$$u_1 - v_1 = u_3 - v_3 = 39^\circ 7' 26'',00 = \omega$$

$$\lg \frac{\theta_2^2}{4 r_1 r_3 y_2^2 \sin^2 g_2 \cos^2 f_2} = 0.6624256 \quad \lg a = 0.6624263$$

comprobación perfecta la primera y suficiente la segunda, dado que en la determinación de  $a$ , en ambos casos, entra por su seno el ángulo  $g_2$  que es muy pequeño.

Por último, se obtiene:

$$\rho = 360'',0540 \quad M_1 = -10^\circ 5' 29'',37 \quad M_3 = -8^\circ 5' 28'',54$$

valores que se comprueban por:

$$\mu = \frac{M_3 - M_1}{t_3 - t_1}$$

$$\lg \frac{M_3 - M_1}{t_3 - t_1} = 2.5563676 \quad \lg \mu = 2.5563676$$

de excelente resultado.

Se encuentra fácilmente:

$$T = 1927, \text{ marzo } 21,7064 \quad \text{Período} = 9,85 \text{ años.}$$

Como definitiva comprobación de todo el trabajo efectuado, hemos calculado, a partir de los elementos hallados, las coordenadas del lugar medio  $t_2$ , encontrando:

$$\lambda_2 = 37^\circ 3' 20'',61 \quad \beta_2 = -2^\circ 19' 21'',14$$

valores exactos respecto a los observados, pues la diferencia de  $0'',01$  en el valor de  $\lambda_2$ , entra en los límites del cálculo, y a este resultado pocas veces suele llegarse.

Tenemos, pues, para elementos del cometa Comas Solá (1926 f), los siguientes:

$$\begin{aligned} T &= 1927, \text{ marzo } 21,7064 \text{ T. U.} \\ \omega &= 39^\circ 7' 26'',00 \\ \Omega &= 65^\circ 40' 48'',01 \quad 1926,0 \\ i &= 13^\circ 39' 14'',92 \\ \varphi &= 38^\circ 10' 23'',46 \\ \lg a &= 0.6624260 \\ \text{Período} &= 9.85 \text{ años.} \end{aligned}$$

$$\Delta \lambda_2 \cos \beta_2 = +0'',01 \quad \Delta \beta_2 = 0'',00$$

He de hacer constar que este resultado, verdaderamente notable, no supone que la órbita calculada sea la verdadera, puesto que las observaciones están afectadas de error, que modifica los verdaderos elementos; ahora bien: dentro de estos errores, la comprobación final nos indica que el cálculo efectuado es perfecto y, por lo tanto, que los elementos corresponden a las observaciones efectuadas.

de un modo...  
T = 100, donde 24,333...  
T = 100, donde 24,333...

El primer...  
El primer...  
El primer...

El segundo...  
El segundo...  
El segundo...

El tercer...  
El tercer...  
El tercer...

El cuarto...  
El cuarto...  
El cuarto...

El quinto...  
El quinto...  
El quinto...

El sexto...  
El sexto...  
El sexto...

El séptimo...  
El séptimo...  
El séptimo...

El octavo...  
El octavo...  
El octavo...

El noveno...  
El noveno...  
El noveno...

Publicado en la «Revista de la Real  
Academia de Ciencias Exactas, Físicas  
y Naturales, de Madrid». Tomo XXIII,  
: : : : 8.º de la 2.ª serie. 1927 : : : :