

R.R. Feb. 1958
12 vco

Primo satellite artificiale

Note di ascolto e deduzioni

il FR, Giovanni Fracarro

il ADB, ing. Bruno Fracarro

Le ricerche sul primo satellite artificiale (1957-Alfa 2) e sul suo razzo vettore (1957-Alfa 1) che ho il piacere di presentare sono state fatte a Castelranco Veneto dagli ingg. Bruno e Giovanni Fracarro. Il lancio dei primi satelliti sovietici è avvenuto quasi di sorpresa, quando una minima parte dei posti d'osservazione visuale e di radio-ascolto previsti in varie località dell'Europa e dell'America era in grado di funzionare. Così le ricerche degli ingg. Fracarro, svolte fin dall'inizio con intelligenza e perizia notevoli, con impegno e costanza, sono risultate di grande utilità e interesse ai fini scientifici. Radio-ascolti sui 40 MHz, effettuati con continuità di giorno e di notte, oltre a fornire alcuni elementi orbitali, hanno consentito di ricavare un'effemeride in base alla quale è stato possibile osservare direttamente il razzo vettore, prima all'alba e poi al crepuscolo serotino. E si deve alle comunicazioni fornite dagli ingg. Fracarro se diversi Osservatori Italiani, in particolare quello di Astago, sono stati in grado di fotografare la traccia del corpo più luminoso.

La serie delle osservazioni eseguite a Castelranco Veneto e la relativa discussione costituiscono un bell'esempio di quanto possa essere ottenuto da amatori, in un campo difficile com'è quello astronomico, quando la ricerca sia impostata con serietà e sorretta da ottime conoscenze tecniche e da schietto fervore d'indagine.

Prof. Leonida Rosino

Direttore dell'Osservatorio Astrofisico
dell'Università di Padova

Avuta notizia del lancio del primo satellite artificiale si è provveduto ad installare un'antenna direttiva a quattro elementi (tipo Yagi), per la frequenza di 40 MHz, rotante su asse verticale.

Fu realizzato un particolare amplificatore a tre stadi, per tale frequenza, avente una bassa figura di disturbo, da usare all'ingresso di un ricevitore semiprofessionale.

L'impianto era pronto per l'ascolto l'8 ottobre mattina ed alle ore 8,10 (ora italiana) fu fatta la prima intercettazione dei segnali manipolati del satellite.

Tra le poche notizie attendibili delle molte diffuse dalla stampa, si fermò l'attenzione su una serie di orari di passaggi di quel giorno 8 ottobre che delineavano un breve tratto di rotta (Berlino, Belgrado, Cairo).

Questi elementi uniti alla concorde notizia del periodo stimato in 96 minuti consentirono di immaginare una prima probabile orbita inclinata di circa 65° sull'equatore e quindi prevedere per

la stessa serata (sempre del giorno 8 ottobre) almeno un passaggio con rotta SW-NE verso le ore 24.

Alle 23,53 è stato intercettato infatti un segnale nuovo, e malgrado esso fosse persistente (non manipolato e non modulato a frequenze audibili) si poté accertare proveniente dal satellite grazie alla direttività dell'antenna che poteva seguirne il movimento. Questo risultato positivo invitò a proseguire gli ascolti con regolarità.

La scelta dell'ascolto su 40 MHz anziché su 20 fu fatta perché la gamma risultava più libera da interferenze, perché l'antenna risultava più leggera e più direttiva, ed infine perché si poteva sperare, contando su una propagazione prevalentemente ottica del segnale, di poter effettuare delle deduzioni dalla durata dei singoli ascolti e dalla direzione della loro provenienza.

L'elenco degli ascolti, la progressiva elaborazione e le varie deduzioni risultano dalle Tavole illustrative:

Tavola 1

Riassunto degli ascolti effettuati su 40 MHz. L'ora indicata è l'ora italiana. Nella figura 1 a sinistra è schematizzato l'impianto. L'antenna è una yagi a 4 elementi ad asse di rotazione verticale. Il rilevamento della direzione ha una approssimazione di 10°. QTH: Castelnuovo Veneto (Treviso) - Italia - Lat.: 45° 40' N., Long.: 11° 56' E. (Greenwich). A destra le direzioni corrispondenti ai tipi di ascolto.



Fig. 1

Tipi di ascolto

Data	inizio	fine	tempo medio	durata ascolto	ascolto tipo	Data	inizio	fine	tempo medio	durata ascolto	ascolto tipo
2-10-57	8,04'	8,17'	8,10'	13'	B	18-10-57	2,59'	3,09'	3,64'	10'	A
	23,50'	23,56'	23,53'	6'	D		4,37'	4,50'	4,43' 30"	13'	A-B
	8,07'	8,21'	8,14'	14'	B		6,16'	6,26'	6,21'	10'	B
	23,11'	22,18' 30"	22,14'	7' 30"	C		8,01' 30"	8,03'	8,02'	1' 30"	B
	23,51'	23,57'	23,54'	6'	D		18,41'	18,45'	18,43'	4'	C
10-10-57	6,29'	6,43'	6,36'	14'	A	20,16' 30"	20,24' 30"	20,20' 30"	9'	D-C	
	8,08'	8,20'	8,14'	12'	B	21,57'	22,01' 30"	21,59' 15"	4' 36"	D	
	22,11'	22,19'	22,15'	8'	D-C	2,55'	3,06'	3,00' 30"	11'	A	
11-10-57	23,52'	23,56'	23,54'	4'	D	7,59'	8,00'	7,59' 30"	1'	B	
	6,29'	6,42'	6,35' 30"	13'	B	18,36'	18,40' 30"	18,38'	4'	C	
	8,08'	8,20'	8,14'	12'	B	20,12'	20,19'	20,15' 30"	7'	D-C	
12-10-57	22,11'	22,19'	22,15'	8'	D-C	21,54'	21,56' 30"	21,55' 15"	2' 30"	D	
	23,53'	23,56'	23,54'	3'	C	1,40' 30"	1,19'	1,17'	4' 30"	A	
	8,08'	8,19'	8,13' 30"	11'	B	2,50' 30"	3,01'	2,55' 30"	10' 30"	A	
13-10-57	20,33'	20,39'	20,37' 30"	6'	C	4,27' 30"	4,40'	4,33' 45"	12' 30"	A-B	
	22,10' 30"	22,17' 30"	22,14'	7'	D	6,07'	6,15'	6,11'	8'	B	
	23,53' 30"	23,53' 30"	23,54'	1'	D	18,30'	18,35'	18,32' 30"	5'	C	
14-10-57	6,21'	6,43'	6,32'	12'	B	20,06' 30"	20,15' 30"	20,10'	7'	D-C	
	8,08'	8,19'	8,13' 30"	11'	B	1,07' 45"	1,13' 15"	1,10' 30"	5' 30"	A	
	22,09'	22,16' 15"	22,12' 30"	7' 15"	D	2,44'	2,55' 30"	2,49' 45"	11' 30"	A	
15-10-57	8,08'	8,19'	8,13'	11'	B	4,22'	4,35' 30"	4,28' 45"	13' 30"	A-B	
	20,31'	20,36' 30"	20,33' 45"	5' 30"	C	18,23'	18,29' 30"	18,26' 15"	6' 30"	C	
	22,07' 30"	22,14' 30"	22,11'	7'	D	20,00' 30"	20,07' 30"	20,04'	7'	D	
16-10-57	8,07'	8,13'	8,10'	6'	B	1,01' 19"	1,07' 38"	1,04' 29"	6' 19"	A	
	20,27'	20,35'	20,31'	8'	D-C	2,37' 55"	2,49' 27"	2,43' 41"	11' 32"	A	
	22,06'	22,12'	22,08'	5'	D	4,15' 48"	4,27' 55"	4,21' 51"	12' 07"	B	
17-10-57	3,05'	3,15'	3,10'	10'	A	5,58' 36"	6,01' 35"	6,00' 05"	2' 59"	B	
	4,43'	4,55'	4,49'	12'	A	18,15'	18,23' 40"	18,19' 20"	8' 40"	C	
	6,22'	6,34'	6,28'	12'	B	19,54' 55"	20,00' 30"	19,57' 40"	5' 35"	D	
22-10-57	8,07'	8,11'	8,09'	6'	B	00,54' 28"	1,01' 20"	00,57' 54"	6' 52"	A	
	18,44'	18,47'	18,45' 30"	3'	C	02,31' 15"	02,42' 40"	02,36' 57"	11' 25"	A	
	20,23'	20,31'	20,27'	8'	D-C	04,09' 15"	04,15'	04,14' 57"	10' 45"	B	
23-10-57	22,03'	22,09'	22,06'	6'	D	18,08'	18,15' 30"	18,11' 45"	7' 30"	C	
	3,02'	3,12'	3,07'	10'	A	19,47'	19,53' 23"	19,50' 12"	6' 23"	D	
	4,40'	4,52'	4,46'	12'	A	00,47' 45"	00,54' 20"	00,51' 02"	6' 35"	D	
24-10-57	8,05'	8,06'	8,05' 30"	1'	B	02,24'	02,35' 20"	02,29' 40"	11' 20"	A	
	18,46'	18,48'	18,47'	2'	D	04,01' 40"	04,13'	04,07' 20"	11' 20"	B	
	20,20'	20,28'	20,24'	3'	D-C	18,00' 20"	18,07' 20"	18,03' 50"	7'	C	
25-10-57	22,01'	22,06'	22,03' 30"	5'	D	19,38' 55"	19,45' 30"	19,42' 13"	6' 35"	D	
	02,15'	02,27' 15"	02,21' 07"	12' 15"	A	03,52' 37"	04,04' 23"	03,59'	10' 46"	B	
	03,52' 37"	04,04' 23"	03,59'	10' 46"	B						

Tavola 2

Nomogramma per l'interpretazione delle aree di ascolto.

Esempio numerico:

dati rilevati dall'ascolto radio
(v. Tavola n. 1)

passaggio	inizio ascolto	fine ascolto	tempo medio	durata	tipo
1	3,05'	3,15'	3,10'	10'	A
2	4,43'	4,55'	4,49'	12'	A
3	6,22'	6,34'	6,28'	12'	B
4	8,07'	8,11'	8,09'	4'	B
5	18,44'	18,47'	18,45 1/2'	3'	C
6	20,23'	20,31'	20,27'	8'	C-D
7	22,03'	22,09'	22,06'	6'	D

I dati della 4^a e 5^a colonna vengono posti nel nomogramma di fig. 3 scegliendo fra le varie serie di proiezioni delle orbite, quella che permette un maggior centraggio dell'area d'ascolto sull'incrocio tra il parallelo e la congiungente le culminazioni d'ascolto. Si ricavano quindi, per interpolazione, le ore di passaggio del satellite sul parallelo e quelle del passaggio di Castelfranco sotto l'orbita; ore che vengono riportate nella tabella in calce al nomogramma.

Il raggio A dell'area d'ascolto si ricava dal

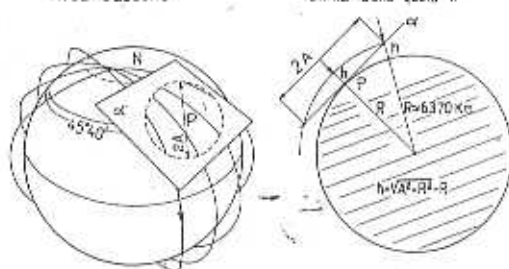
	4	3	2	1
b)	8,09'	6,28'	4,49'	3,10'
a)	8,06'	6,27'	4,50'	3,13'
c)	5,41'	h)	h)	670

Tavola n. 1: Riporta l'intera serie degli ascolti effettuati (ore italiane) che sono andati via via crescendo in numero per giornata perché ognuno di essi forniva nuovi elementi di individuazione dell'orbita.

L'antenna direttiva consentiva di individuare per ogni ascolto la rotta del satellite tra i quattro casi possibili indicati con A, B, C e D nella

Area d'ascolto

Stima della quota h



F = Castelfranco V.le. α = piano tangente. 2A = diametro area d'ascolto. Fig. 2

disegno tenuto conto della scala con l'equazione di cui al disegno di fig. 2. Se ne trae la quota approssimata del satellite.

Tabella in calce al nomogramma.

In ogni colonna si riportano i dati relativi ad un passaggio nello stesso ordine in cui si presentano nel disegno. Le righe riportano:

- a) i tempi medi;
- b) le ore di passaggio del satellite sul parallelo;
- c) le ore di passaggio di Castelfranco sotto l'orbita;
- h) la quota del satellite in Km.

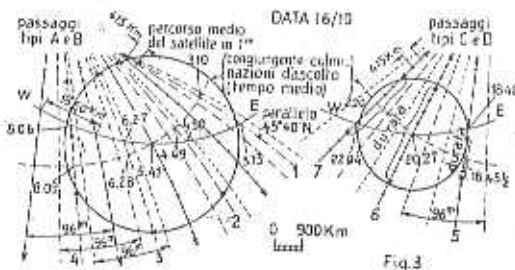


Fig. 3

	7	6	5
c)	22,06'	20,27'	18,45 1/2'
	22,04'	20,27'	18,48'
	20,27'	h)	250

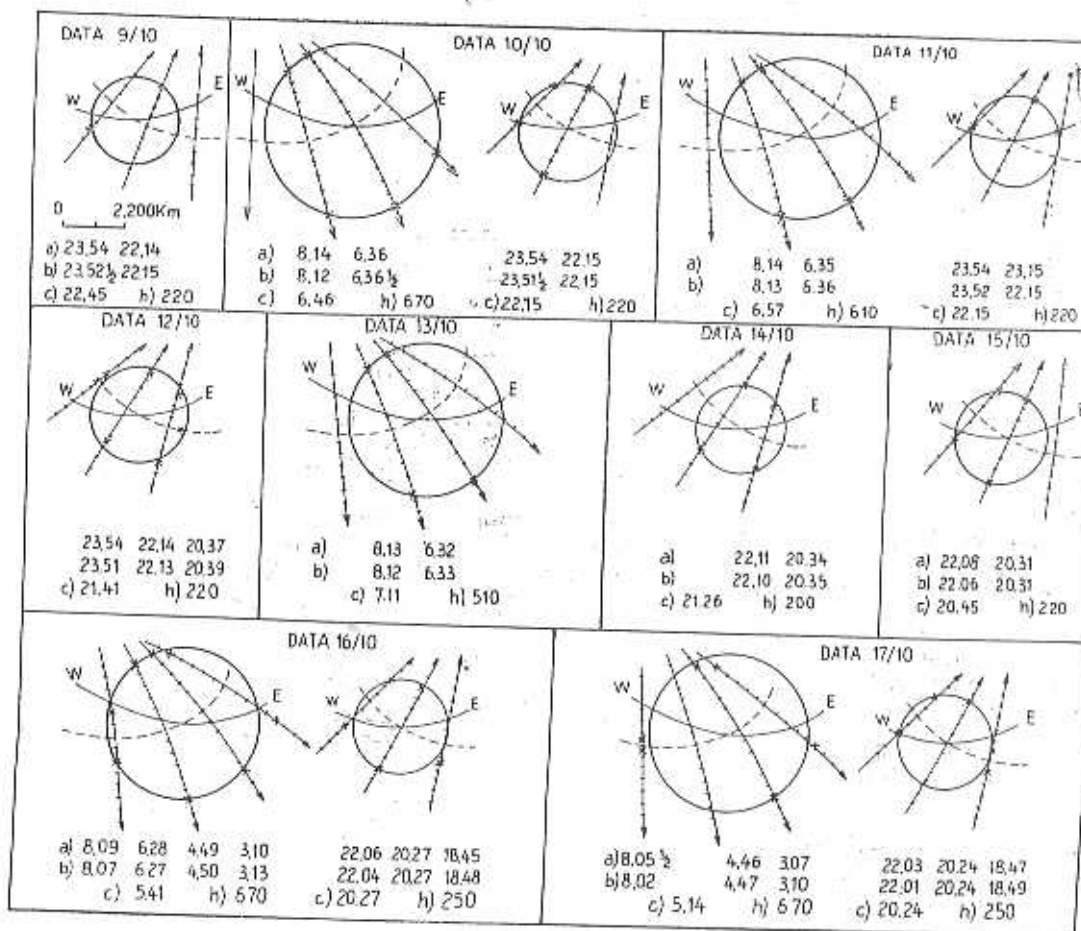
stessa Tavola n. 1. L'indicazione di ascolto tipo AB oppure CD vuol significare che il passaggio avveniva grossomodo sullo Zenit di Castelfranco Veneto.

-Tavola n. 2: Questa tavola illustra come si immaginò di definire l'area di ascolto ed il relativo nomogramma atto a costruire graficamente tale area per ogni gruppo di passaggi.

Tavola 3

Aree di ascolto. La scala raffigurata nella prima figura (ascolto del 9 ottobre) vale anche per i disegni successivi. Le lettere hanno il seguente significato:

- a) centri ascolto (culminazioni);
- b) passaggi del satellite sul parallelo;
- c) passaggio di Castelfranco sotto l'orbita;
- d) altezza del satellite in Km.



Per ognuna di queste aree si può stimare:

- a) l'istante di passaggio di Castelfranco sotto l'orbita;
- b) i tempi di passaggio del satellite sopra il parallelo di Castelfranco per la successiva determinazione dei pericidi di rivoluzione;
- c) la stima, sia pure orientativa, della quota del satellite.

—Tavole n. 3 e n. 4: Riportano la costruzione grafica delle aree di ascolto per i gruppi d'ascolto utilizzabili a questo scopo, ed in calce i dati da esse ricavati.

Tavola n. 5: Riporta il conteggio per la valu-

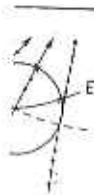
tazione del periodo di 15 rivoluzioni del satellite e precisamente il tempo in minuti in più ed in meno delle 24 ore, sulla scorta dei dati (passaggi sul parallelo 45° 40') forniti dalle tavole n. 3 e n. 4.

Le ore tra parentesi non rappresentano rilevamenti d'ascolto, ma dati interpolati.

In calce alla stessa tavola figurano riassunte le stime di quota di cui le Tavole n. 3 e n. 4 ricavate dai diametri delle aree d'ascolto.

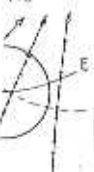
Pure in calce è rappresentata la probabile orbita tracciata, in modo largamente approssimativo, in base alle seguenti considerazioni:

orbita:



23,15
22 15
h) 220

710



20,31
20,31
h) 220



18,47
18,49
250

dei satelliti
in più ed
dati (par-
delle tavo-

cano rile-
i.

riassunte
3 e n. 4
olto.

abile or-
rossima-
ni;

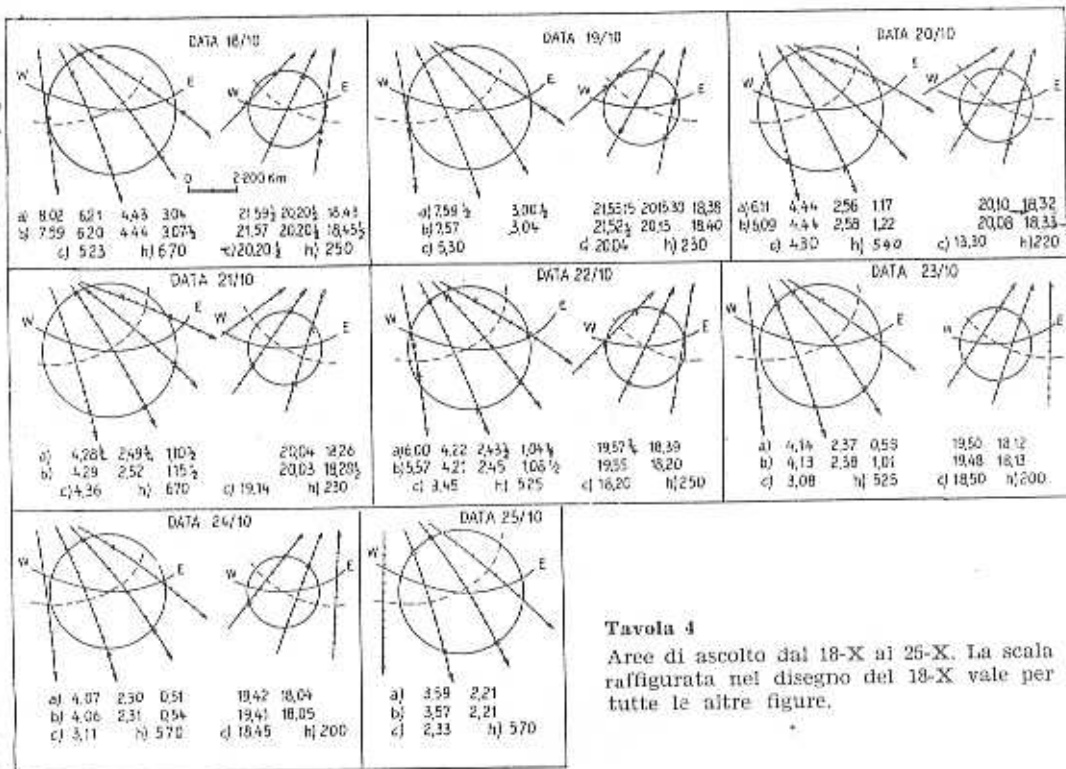
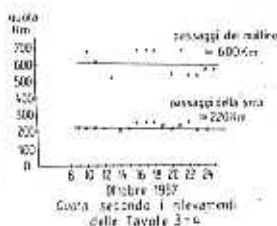


Tavola 5
Conteggio dei periodi di rivoluzione (media giornaliera) e grafico quote.



per un'ellisse di piccola eccentricità si può ritenere che la quota dell'orbita sulla terra, misurata in corrispondenza dell'asse minore dell'ellisse, sia la media aritmetica delle due quote massima e minima corrispondenti all'asse maggiore dell'ellisse stessa. Inoltre la differenza tra quota massima e minima è eguale alla distanza tra i fuochi (2 c);

la quota media calcolata per via dinamica

Tavola 6

Arece di ascolto dal 18-X ai 25-X. La scala raffigurata nel disegno del 18-X vale per tutte le altre figure.

Stima orbita probabile.

Per piccole eccentricità è:

$$h'' = \frac{h + h'''}{2}$$

da cui

$$h''' = 2h'' - h = 1200 - 220 = 980 \text{ Km,}$$

$$2c = h''' - h = 980 - 220 = 760 \text{ Km,}$$

$$\text{asse maggiore } a = R + h + c =$$

$$6370 + 220 + 380 = 6970 \text{ Km,}$$

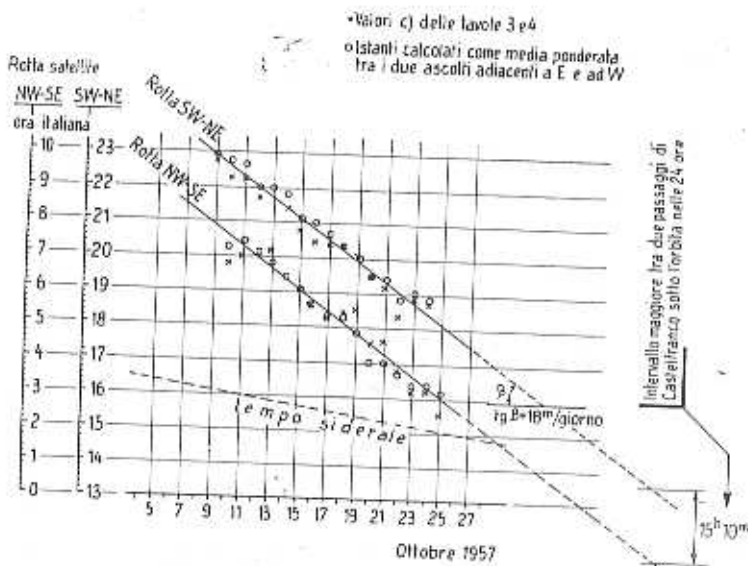
$$\text{eccentricità } e = \frac{c}{a} = \frac{380}{6970} = 0,0545.$$

(v. Tavola n. 7) di circa 510 Km interno al 10 ottobre fa ritenere attendibile per quanto precede che il punto B si trovi vicino all'asse minore dell'ellisse e quindi il punto A vicino all'asse maggiore.

La quota massima risulterebbe in tal modo di circa 980 Km e l'eccentricità dell'orbita, sempre con le semplificazioni supposte, risulterebbe circa 0,054.

Tavola 6

Diagramma degli istanti di passaggio di Castelfranco sotto l'orbita del satellite.

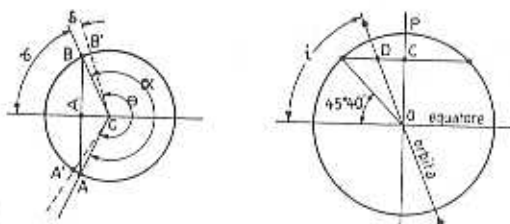


Rotazione orbita sull'asse terrestre

Anticipo del passaggio dell'orbita sulle 24 ore: $rg\beta = 18\frac{1}{2}$ giorni, pari ad un angolo $\rho = 15^h 36^m 44^s 30'$

Anticipo sul giorno siderale $18-4 \approx 14$ giorni da cui:
 Periodo di rotazione dell'orbita intorno all'asse terrestre:

$$T = \frac{23^h 56^m}{14 \text{ giorni}} = \frac{1436}{14} = 103 \text{ giorni}$$



Calcolo dell'inclinazione i

A e B intersezioni del piano dell'orbita col parallelo $45^{\circ}40'$ all'istante zero
 A' e B' date all'istante $15^h 10^m$

$$CB = R \cos 45^{\circ}40' = 0,699 R$$

$$\theta = \text{angolo di rotazione terra in } 15^h 10^m = \frac{15^h 10^m}{24^h} 360^{\circ} = 227^{\circ}30'$$

ρ = anticipo passaggio dell'orbita sulle 24 ore (v. calcolo sopra) = $4^{\circ}30'$

$$\delta = \text{angolo di rotazione del piano orbitale in } 15^h 10^m = \frac{15^h 10^m}{24^h} \rho = 2^{\circ}51'$$

$$\alpha = \theta + \delta = 227^{\circ}30' + 2^{\circ}51' = 230^{\circ}21'$$

$$\beta = \frac{1}{2} (360^{\circ} - \alpha) = \frac{1}{2} (360^{\circ} - 230^{\circ}21') = 64^{\circ}50'$$

$$DC = CB \cos \beta = 0,699 R \cos 64^{\circ}50' = 0,699 \cdot 0,425 R = 0,297 R$$

$$OC = R \sin 45^{\circ}40' = 0,715 R$$

$$i = \arctg \frac{OC}{DC} = \arctg \frac{0,715 R}{0,297 R} = \arctg 2,41 = 67^{\circ}30'$$

—Tavola n. 6: Questa tavola, assieme alla successiva n. 7), compilata giorno per giorno, consente di ottenere delle preziose previsioni sui tempi e posizioni di passaggio del satellite per gli ascolti radio e del razzo vettore per i possibili avvistamenti.

L'approssimazione di queste previsioni era tale che fu possibile effettuare n. 8 avvistamenti del razzo vettore ad occhio nudo (v. Tavola n. 8), nonché tutti gli ascolti radio.

Il diagramma che rappresenta, per interpolazione dei dati della Tavola n. 3 e n. 4, gli istanti di passaggio di Castelfranco sotto l'orbita del satellite rivela:

- che il tempo che intercorre tra il passaggio del mattino e quello della sera si mantenne praticamente costante durante i 18 giorni di osservazione. Ciò indica che l'inclinazione del piano dell'orbita sull'equatore è costante, nei limiti dell'approssimazione in gioco, ed è circa $67^{\circ}1/2$ come risulta dal calcolo in calce alla Tavola n. 6.
- che il piano dell'orbita ruota intorno all'asse terrestre, perchè due passaggi corrispondenti si verificano alla distanza praticamente costante di 23 h 42 m, cioè con un anticipo di 18 m sulle 24 ore (ovvero di 14 m circa sul giorno siderale).

Il senso di tale rotazione è pertanto contrario a quello terrestre ed il periodo risulta (supposta la velocità angolare costante) di circa 103 giorni (v. calcolo in calce alla Tavola n. 6).

Ore di passaggio satellite sul parallelo 45° 40' rilevate dalle Tavole 3 e 4 (valori b)

Data																					(*)				
9-10-57											6,363	8,12	1								22,15	+1	23,52½	-1	0
10-10-57											6,36	8,13	1½								22,16	+1	23,51½	+½	+½
11-10-57											(6,34)	(8,12)	1½								22,16	-3	23,52	-1	-1½
12-10-57											6,33	8,12	2								(22,11½)	-2	23,51	-1½	-1½
13-10-57											(6,31)	(8,10)	2								22,13	-1½			-2
14-10-57											(6,29)	(8,08)	3								22,10	-6			-3½
15-10-57											6,26	8,05	3								22,04	0			-2½
16-10-57											(6,23)	8,02	3								22,04	-3			-2
17-10-57											6,20	7,59	5								22,01	-4			-3
18-10-57											(6,15)	(7,59)	6								21,97	-4½			-5
19-10-57											6,09	7,59	6								21,92½	-4½			-5
20-10-57											(6,03)	5,97	6								21,88	-5			-6
21-10-57											5,97	5,97	6								21,83	-5			-6
22-10-57											5,97	5,97	6								21,78	-5			-6
23-10-57											5,97	5,97	6								21,73	-5			-6
24-10-57											5,97	5,97	6								21,68	-5			-6
25-10-57											5,97	5,97	6								21,63	-5			-6

(*) Media delle differenze in minuti nelle 24 ore per 15 rivoluzioni.

Tavola 7

Periodi di rivoluzione del satellite e del razzo vettore. Perdita di quota media dinamica. Le

ordinate di questa tavola sono calcolate con le formule della tavola 9, per diversi valori di h.

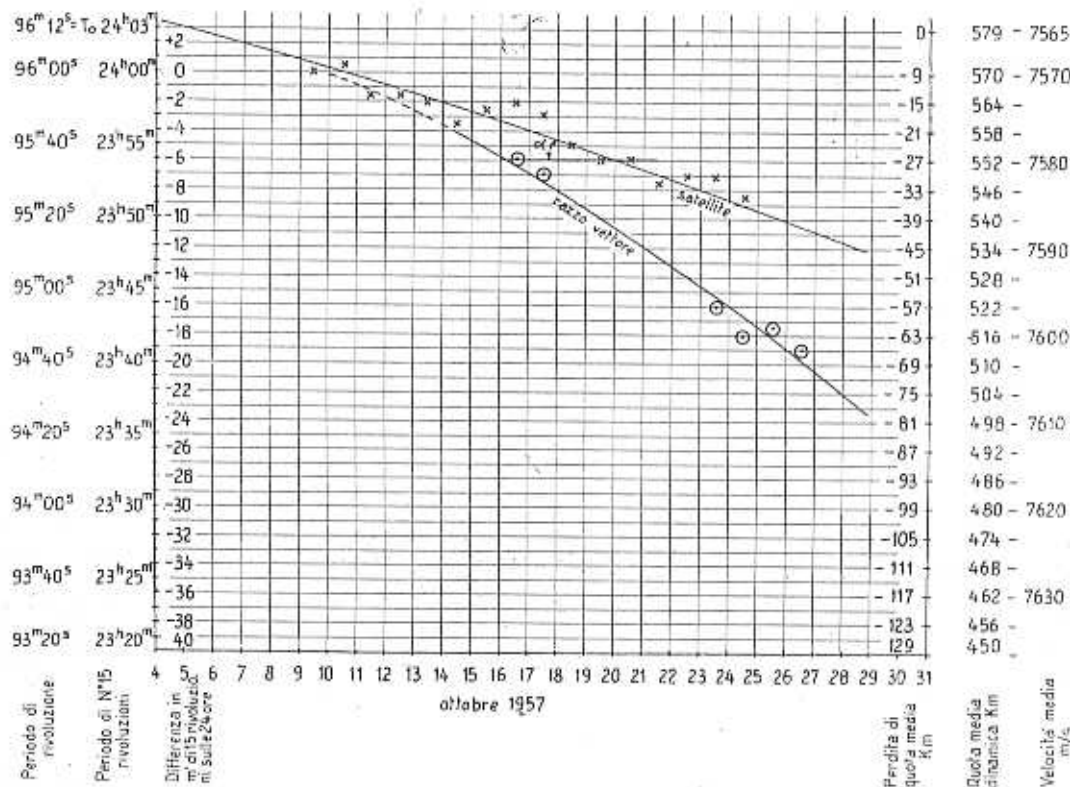


Tavola n. 7: Rappresenta il diagramma dei periodi di 15 rivoluzioni del satellite secondo i risultati della Tavola n. 5, nonché un analogo diagramma del razzo vettore tracciato al suo inizio in base a notizie della stampa che davano l'anticipo sul satellite e indi rettificato e mano a mano aggiornato in base agli avvistamenti (v. Tavola n. 8).

Nella scala delle ordinate, a fianco dei tempi di 15 rivoluzioni, figurano i corrispondenti periodi di una rivoluzione intesi come media delle 15.

Inoltre, sempre sulle ordinate, sono trascritti gli anticipi sulle 24 ore corrispondenti a 15 rivoluzioni per facilitare le previsioni degli orari di passaggio.

La scala delle ordinate a destra del diagramma riporta i valori della perdita di quota media (supposta circolare l'orbita) calcolati secondo i principi della dinamica, come risulta dalla Tavola n. 9.

Questa scala fornisce un orientamento sulla vita prevedibile dei due oggetti.

Questa tavola, mediante extrapolazione grafica, consentì regolarmente di valutare gli orari di passaggio dei due oggetti sul cielo di Castel Franco quali estensioni progressive e preventive della Tavola n. 1 per il satellite e della Tavola n. 8 per il razzo vettore.

Dalla Tavola n. 6, che forniva gli orari di passaggio di Castel Franco sotto l'orbita, si poteva ricavare la posizione dei due oggetti negli istanti del loro passaggio.

Inoltre, in base alle stime di quota di cui la Tavola n. 5, era possibile stabilire anche l'altezza sull'orizzonte e la durata degli ascolti o degli avvistamenti (quando possibili per la concomitanza dell'illuminazione dell'orbita da parte del sole e della sufficiente oscurità nel punto di osservazione durante gli orari dei passaggi).

I primi avvistamenti del razzo vettore (il 16, 17 e 18 ottobre) confermarono la buona approssimazione delle previsioni.

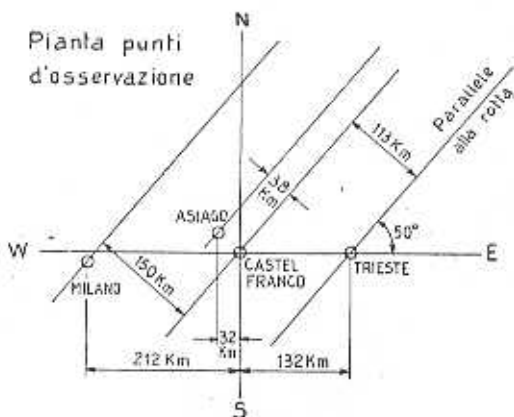
Tavola 8

Avvistamento del Razzo vettore (ora italiana)
e calcolo della quota.

Data	Inizio osservazione			Culminazione			Fine osservazione			NOTE
	ora	Azimut da S verso W	Altez. sull'orizzonte	ora	Azimut da S verso W	Altez. sull'orizzonte	ora	Azimut da S verso W	Altez. sull'orizzonte	
16-10-57	—						4,35'	270°	35°	Avvistamenti effettuati a Castelfranco Veneto ad occhio nudo: l'oggetto appariva come una stella di prima grandezza
17-10-57	—			4,28'			4,30'	250°	49°	
18-10-57	—			4,22'			4,24'	250°	50°	
18-10-57	—			6,03'	45°	22°	—			
24-10-57	18,42'			18,43'	135°	60°	18,44'			
25-10-57	18,33'			18,24'	135°	50°	18,27'	210°		
26-10-57	18,06'			18,07'	135°	50°	18,09'			
27-10-57	17,47'			17,48'	135°	55°	17,49'			

Rilevamenti fatti dagli Osservatori in base alla preventiva segnalazione delle efemeridi ricavate dagli ascolti radio in Castelfranco:

Asiago										
26-10-57	—			18,07'	135°	50°				
27-10-57	17,46'	50°	—	17,48'	135°	55°	17,51'	213°	—	
Trieste										
25-10-57	18,24'			18,25'			18,26'			
26-10-57				18,08'	135°	35°				
27-10-57	17,47'			17,48'	135°	38°	17,49'			
Milano										
25-10-57				18,24'	135°	85°				
26-10-57				18,07'	—	90°				
27-10-57	17,47'	45°	45°	17,48'	—	90°	17,49'	225°	40°	



Dopo alcuni giorni di maltempo si verificò nelle previsioni la favorevole circostanza della ottima possibilità di avvistamento del razzo vettore per quattro serate consecutive (24, 25, 26 e 27 ottobre) poco dopo il tramonto.

Dato inoltre che le previsioni estese a più lunga scadenza mostravano la estrema impro-

babilità del ripetersi di altri possibili avvistamenti, si ritenne opportuno di segnalare tempestivamente il 25 ottobre mattina ad alcuni osservatori astronomici dell'alta Italia gli orari e le coordinate approssimative per i tre avvistamenti del 25, 26 e 27 ottobre.

I loro precisi rilevamenti avrebbero via via integrato le osservazioni approssimative fatte a Castelfranco, come di fatto avvenne.

Tavola n. 8: Questa tavola elenca i dati approssimativi degli 8 avvistamenti del razzo vettore effettuati da Castelfranco ad occhio nudo e quelli degli Osservatori.

In calce alla tavola figura un calcolo grafico che, in base ai dati approssimativi degli avvistamenti, fornisce la quota probabile del razzo vettore (passaggi serali), la quale risulta ben poco discordante da quella stimata dagli ascolti radio per il satellite (v. Tavola n. 5).

Tavola n. 9: Riporta le principali formule che caratterizzano la dinamica del satellite ed il calcolo delle quote medie e delle velocità che compaiono nelle ordinate della Tavola n. 7.

Nella seconda parte si è pensato di sfruttare il valore della velocità di « caduta », ricavabile quale tangente alfa da Tavola n. 7 nell'intorno di 355 Km di quota media, per una valutazione orientativa della densità dell'aria a quella quota, supposta circolare l'orbita.

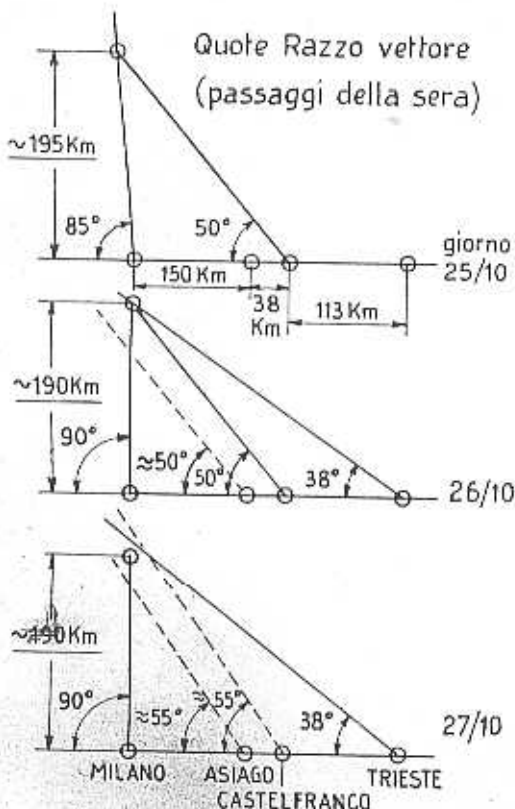
Il calcolo è condotto in base ad un bilancio energetico.

Si considera una « energia totale » del satellite, quale somma delle sue energie potenziale e cinetica, espressa in funzione della distanza D del centro della Terra.

Da questa funzione e dalla velocità di « caduta » si ricava la potenza istantanea perduta a spese dell'energia totale.

Posto questa espressione della potenza eguale a quella perduta per attrito, intesa come prodotto della forza frenante per la velocità del satellite, si può ricavare la forza frenante stessa.

Ammettendo che tale forza sia dovuta solo a presenza di tracce d'aria, si può ricavare da questa la densità cercata, sia pure come dato orientativo, date le ammissioni fatte.



Radioamatori

iscrivetevi alla

**ASSOCIAZIONE
RADIOTECNICA
ITALIANA**

Segreteria Generale

V.le Vittorio Veneto, 12 - Milano

Tavola 9
Dinamica del satellite.
Quota media.
Densità dell'aria.

Calcolo orientativo della densità dell'aria alla quota media di 500 Km.

Formule dinamiche fondamentali, supposta l'orbita circolare.

g_0 = accelerazione di gravità sulla superficie terrestre
 R = raggio terrestre medio = 6370 Km
 Forza d'attrazione $F_a = mg_0 \frac{R^2}{D^2}$
 Forza centrifuga $F_c = \frac{mV^2}{D}$; Equilibrio $F_a = F_c$ da cui:
 $mg_0 \frac{R^2}{D^2} = \frac{mV^2}{D}$ da cui $V = R \sqrt{\frac{g_0}{D}}$ (1)



Periodo di rivoluzione $T = \frac{2\pi D}{V} = \frac{2\pi D}{R \sqrt{\frac{g_0}{D}}} = \frac{2\pi D^{\frac{3}{2}}}{R \sqrt{g_0}}$ (2)

da cui $D = \left(\frac{TR \sqrt{g_0}}{2\pi} \right)^{\frac{2}{3}}$ (3)

Per un periodo $T = 56^m$ risulta $D = \left(\frac{96 \cdot 60 \cdot 6 \cdot 37 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{9.81}}{2\pi} \right)^{\frac{2}{3}} = 5.94 \cdot 10^6 \text{ m}$

Quota media dinamica $h = D - R = (5.94 - 6.37) \cdot 10^6 \text{ m} = 570 \text{ Km}$;

Per tale D risulta $V = 6.370 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{9.81}{5.94 \cdot 10^6}} = 2570 \text{ m/s}$

Energia potenziale del satellite

$W_p = \int_R^D mg_0 \frac{R^2}{D^2} dD = mg_0 R^2 \left[\frac{1}{D} \right]_R^D = mg_0 R^2 \left(\frac{1}{D} - \frac{1}{R} \right) = mg_0 R \left(1 - \frac{R}{D} \right)$ (4)

Energia cinetica del satellite

$W_c = \frac{mV^2}{2}$ e per la (1) $W_c = m \frac{R^2 g_0}{2D} = \frac{1}{2} mg_0 R \frac{R}{D}$ (5)

Energia totale del satellite

$W_t = W_p - W_c = mg_0 R \left(1 - \frac{R}{D} \right) - \frac{1}{2} mg_0 R \frac{R}{D} = mg_0 R \left(1 - \frac{3R}{2D} \right)$ (6)

Per la presenza di una forza frenante F_f si perde una:

Potenza frenante $P_f = F_f \cdot V$ (7) e per la (1) $F_f = F_c R \sqrt{\frac{g_0}{D}}$ (8)

chiamata V_c la velocità di caduta, con la tangente α di Tavola 7, la potenza consumata a spesa dell'energia totale W_t è:

Potenza consumata $P_c = \frac{dW_t}{dt} = V_c \left(1 - \frac{3R}{2D} \right) mg_0 R \frac{1}{D} \sqrt{\frac{g_0}{D}}$ (9)

per equilibrio energetico deve essere per la (7) e la (9):

$P_f = P_c$; $F_f = \frac{1}{2} mg_0 R^{\frac{3}{2}} \frac{1}{D^{\frac{3}{2}}} \sqrt{\frac{g_0}{D}}$ (10)

se si ammette che la spinta dell'aria sia $F_f = \frac{1}{2} \rho V_c^2 S$ dove $\frac{1}{2} \rho V_c^2 S = \frac{1}{2} \rho V_c^2 \frac{1}{2} \pi D^2$ (11) dove:

S = superficie (area massima) del satellite;

ρ = densità dell'aria (non specificata);

K = coefficiente per la spinta assunto $\frac{1}{2}$

da cui dalla (10) e (11): $\frac{1}{2} mg_0 R^{\frac{3}{2}} \frac{1}{D^{\frac{3}{2}}} \sqrt{\frac{g_0}{D}} = \frac{1}{2} \rho V_c^2 \frac{1}{2} \pi D^2$ da cui $D = 2m g_0^{\frac{1}{2}} R^{\frac{3}{2}} \frac{1}{\rho^{\frac{1}{2}} V_c^2}$ e dalla (1) $D = 2m g_0^{\frac{1}{2}} R^{\frac{3}{2}} \frac{1}{\rho^{\frac{1}{2}} V_c^2} \sqrt{\frac{g_0}{D}}$ da cui $V_c = \frac{2m}{\rho^{\frac{1}{2}}} \sqrt{\frac{g_0}{D}}$ (12)

Con i dati fisici del satellite supposto di 83 kg e diametro 58 cm per $h = 550 \text{ Km}$ e velocità di caduta, della Tav. 7 $\tan \alpha = 1.9^{1/2} / \text{giorno}$ risultano i seguenti valori:

per $h = 550 \text{ Km}$, $D = 6370 + 550 = 6920 \text{ Km} = 6.92 \cdot 10^6 \text{ m}$

$S = \frac{\pi}{4} \cdot 0.58^2 = 0.264 \text{ m}^2$; $m = \frac{83}{1000} = 0.083 \text{ ton}$

$V_c = 1g_0 \cdot 1.9^{1/2} / \text{giorno} = \frac{1.9 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = 22 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ e infine la densità:

$\rho = \frac{2 \cdot 0.083 \cdot \sqrt{9.81}}{0.264 \cdot 6.97 \cdot 10^6 \cdot 22 \cdot 10^{-3}} = 2.63 \cdot 10^{-10} \text{ Kg/m}^3$

in rapporto con ρ_0 sulla superficie terrestre 1.25 Kg/m^3 :

$\frac{1.25 \cdot 10^{-10}}{1.25} = 0.8 \cdot 10^{-10}$

dalla (12) si può ricavare $V_c = \frac{2m}{\rho^{\frac{1}{2}}} \sqrt{\frac{g_0}{D}}$ (13)

Appendice

28-11-1957

Oggetto:

Ulteriori avvistamenti ad occhio nudo del razzo vettore del primo satellite artificiale resi possibili da extrapolazione dei diagrammi Tavole 6 e 7:

Quota del Razzo dedotta dalla serie degli avvistamenti circa 300 Km.

1957 Data	Inizio osservazione			Culminazione			Fine osservazione		
	ora	Azimut da S a W	Altezza sull'orizz.	ora	Azimut da S a W	Altezza sull'orizz.	ora	Azimut da S a W	Altezza sull'orizz.
24-11-57	17,56	90°	80°	17,57	60°	85°	18,00	320°	10°
25-11-57	18,10	90°	30°	18,11	60°	35°	18,12	(nubi)	(nubi)
26-11-57	18,18	110°	8°	18,30	60°	11°	18,23	340°	4°
27-11-57	---	---	---	16,52	---	zenit	16,53	320°	70°