

**ISTITUTO TECNICO COMMERCIALE STATALE "G.P. CHIRONI"**  
**IGEA – PROGRAMMATORI – AERONAUTICO – SIRIO**

Tel.: 0784/30067 – 251117 Fax: 0784/32769

Via Toscana, 29 – 08100 – Nuoro

Cod. Fisc.: 80006290912 – Cod. Ist.: NUTD010005 – e-mail: nutd010005@istruzione.it

**Compito di Navigazione Aerea**

Prof. Zappalà Marco Gaetano

**Quesito A della Sessione straordinaria 2006**

Un aereo A, alle ZT 12.20 del 20 giugno, parte da un waypoint nei pressi di Anchorage (Lat.  $61^{\circ} 12',5$  N; Long.  $149^{\circ} 58',0$  W) seguendo l'ortodromia diretta a Sofiysk (Lat.  $51^{\circ} 40',0$  N; Long.  $139^{\circ} 54',0$  E) e mantenendo una GS media di 400 Kts. Calcolare le coordinate del vertice e dell'intersezione dell'ortodromia con l'antimeridiano di Greenwich.

Un secondo aereo B parte da Sofiysk, simultaneamente al primo, e segue l'ortodromia diretta ad Anchorage mantenendo una GS media di 420 Kts. Calcolare le coordinate del punto di incontro tra i due aerei e la ZT corrispondente.

Svolgimento

**1- Risoluzione dell'ortodromia tra Anchorage- Sofiysk**

Visto che già si conoscono le coordinate del punto di partenza e di arrivo, si può subito ricavare la distanza ortodromica tra loro con il teorema di Eulero:

$$\cos m_{AB} = \cos(90^{\circ} - \varphi_A) \cdot \cos(90^{\circ} - \varphi_B) + \operatorname{sen}(90^{\circ} - \varphi_A) \cdot \operatorname{sen}(90^{\circ} - \varphi_B) \cdot \cos \Delta\lambda_{AB} \Rightarrow m_{AB} = 37^{\circ},80 \cdot 60 = 2272,8NM$$

Quindi, con il teorema di Viéte, si calcola la  $R_i$

$$\cot(90^{\circ} - \varphi_B) \cdot \operatorname{sen}(90^{\circ} - \varphi_A) = \cos(90^{\circ} - \varphi_A) \cdot \cos \Delta\lambda_{AB} + \operatorname{sen} \Delta\lambda_{AB} \cdot \cot R_i$$

$$\operatorname{sen} \Delta\lambda_{AB} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} R_i} = \cot(90^{\circ} - \varphi_B) \cdot \operatorname{sen}(90^{\circ} - \varphi_A) - \cos(90^{\circ} - \varphi_A) \cdot \cos \Delta\lambda_{AB}$$

$$\operatorname{sen} \Delta\lambda_{AB} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} R_i} = \operatorname{tg}(\varphi_B) \cdot \cos(\varphi_A) - \operatorname{sen}(\varphi_A) \cdot \cos \Delta\lambda_{AB}$$

$$\operatorname{tg} R_i = \frac{\operatorname{sen} \Delta\lambda_{AB}}{\operatorname{tg}(\varphi_B) \cdot \cos(\varphi_A) - \operatorname{sen}(\varphi_A) \cdot \cos \Delta\lambda_{AB}} \Rightarrow R_i = N71^{\circ},65W$$

Il N di  $R_i$  è dato dalla latitudine del punto di partenza, mentre W è dato dalla direzione in cui ci dirigiamo, visto che in questo caso dobbiamo passare obbligatoriamente dall'antimeridiano di Greenwich.

**2- Calcolo delle coordinate del vertice**

Visto che il vertice rappresenta quel punto in cui si forma un angolo di  $90^{\circ}$  tra la rotta ortodromica e il meridiano passante per il punto, si può usare il teorema di Nepero per il calcolo delle coordinate.

$$\cos(90^\circ - \varphi_A) = \cot \Delta\lambda_{AV} \cdot \cot R_i$$

$$\operatorname{sen}(\varphi_A) = \frac{1}{\operatorname{tg} \Delta\lambda_{AV}} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} R_i} \Rightarrow \Delta\lambda_{AV} = \operatorname{arctg} \left( \frac{1}{\operatorname{sen}(\varphi_A) \cdot \operatorname{tg} R_i} \right) = 20^\circ,73$$

$$\lambda_V = \lambda_A + \Delta\lambda_{AV} = 170^\circ,7W$$

$$\cos \varphi_V = \operatorname{sen}(90^\circ - \varphi_A) \cdot \operatorname{sen} R_i = \cos(\varphi_A) \cdot \operatorname{sen} R_i = 62^\circ,8N$$

### 3- Calcolo delle coordinate del punto di incontro con l'antimeridiano di Greenwich

In questo caso conosciamo già la longitudine, che è 180 e  $R_i$ , quindi, per trovare la latitudine, basta riutilizzare il teorema di Viéte

$$\Delta\lambda_{A180} = \lambda_{180} - \lambda_A = 30^\circ,03W$$

$$\cot(90^\circ - \varphi_{180}) \cdot \operatorname{sen}(90^\circ - \varphi_A) = \cos(90^\circ - \varphi_A) \cdot \cos \Delta\lambda_{A180} + \operatorname{sen} \Delta\lambda_{A180} \cdot \cot R_i$$

$$\operatorname{tg}(\varphi_{180}) \cdot \cos(\varphi_A) = \operatorname{sen}(\varphi_A) \cdot \cos \Delta\lambda_{A180} + \operatorname{sen} \Delta\lambda_{A180} \cdot \cot R_i \Rightarrow$$

$$\varphi_{180} = \operatorname{arctg} \left( \frac{\operatorname{sen}(\varphi_A) \cdot \cos \Delta\lambda_{A180} + \operatorname{sen} \Delta\lambda_{A180} \cdot \cot R_i}{\cos(\varphi_A)} \right) = 62^\circ,5N$$

### 4- Calcolo del tempo di incontro tra i due aerei e delle coordinate del punto di incontro

$$FT_I = \frac{m_{AB}}{GS_A + GS_B} = 2^h,772$$

Si calcola la distanza tra il punto A e il punto I  $m_{AI} = GS_A \cdot FT_I = 1108,8NM$  e si risolve la nuova ortodromia tra A e I. Per prima cosa, con il teorema di Eulero, si calcola la latitudine del punto di incontro:

$$\cos(90^\circ - \varphi_I) = \cos(90^\circ - \varphi_A) \cdot \cos(m_{AI}) + \operatorname{sen}(90^\circ - \varphi_A) \cdot \operatorname{sen}(m_{AI}) \cdot \cos(R_i)$$

$$\operatorname{sen}(\varphi_I) = \operatorname{sen}(\varphi_A) \cdot \cos(m_{AI}) + \cos(\varphi_A) \cdot \operatorname{sen}(m_{AI}) \cdot \cos(R_i) \left( \frac{\pi}{2} - \theta \right) \Rightarrow \varphi_I = 61^\circ,56N$$

Infine con il teorema di Viéte si calcola il  $\Delta\lambda_{AI}$ :

$$\cot(m_{AI}) \cdot \operatorname{sen}(90^\circ - \varphi_A) = \cos(90^\circ - \varphi_A) \cdot \cos R_i + \operatorname{sen} R_i \cdot \cot \Delta\lambda_{AI}$$

$$\operatorname{sen} R_i \cdot \cot \Delta\lambda_{AI} = \cot(m_{AI}) \cdot \operatorname{sen}(90^\circ - \varphi_A) - \cos(90^\circ - \varphi_A) \cdot \cos R_i$$

$$\operatorname{sen} R_i \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \Delta\lambda_{AI}} = \cot(m_{AI}) \cdot \cos(\varphi_A) - \operatorname{sen}(\varphi_A) \cdot \cos R_i \Rightarrow$$

$$\Delta\lambda_{AI} = \operatorname{arctg} \left( \frac{\operatorname{sen} R_i}{\frac{1}{\operatorname{tg}(m_{AI})} \cdot \cos(\varphi_A) - \operatorname{sen}(\varphi_A) \cdot \cos R_i} \right) = 39^\circ,17W$$

$$\lambda_I = \lambda_A + \Delta\lambda_{AI} = -189^\circ,86 = 360^\circ - 189^\circ,86 = 170^\circ,86E$$

## 5- Calcolo dello ZT

In questo caso si ricordi che per il valore di  $\lambda_f$  si deve prendere il valore intero più vicino, ossia: se il risultato è un valore con la virgola e se, dopo la virgola, c'è un valore inferiore a 5, si prende solo il valore intero; altrimenti, cioè se dopo la virgola c'è un valore superiore a 5, si prende il valore intero più 1.

$$UT_{partenza} = ZT_{partenza} - \lambda_f = 12^h 20^{\min} - \left(-\frac{\lambda_A}{15^\circ}\right) = 22^h 20^{\min}$$

$$UT_{incontro} = UT_{partenza} + FT_I = 25^h 06^{\min} = 01^h 06^{\min} \text{ del } 21/06/2006$$

$$ZT_{incontro} = UT_{incontro} + \lambda_f = 01^h 06^{\min} + \left(+\frac{\lambda_f}{15^\circ}\right) = 12^h 06^{\min} \text{ del } 21/06/2006$$