

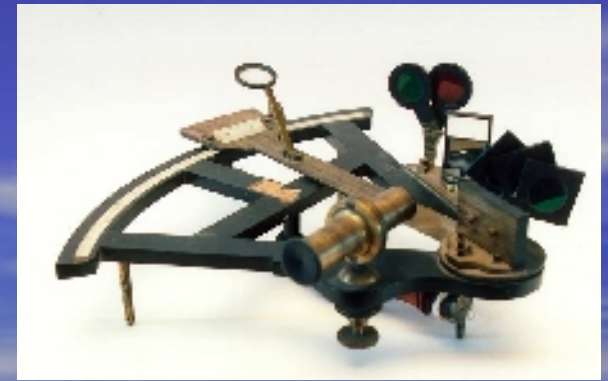
*“Quelli che s’innamorano di pratica senza scienza son
come nocchiere ch’entra in naviglio senza bussola o
timone e mai ha certezza dove si vada”
(Leonardo da Vinci)*



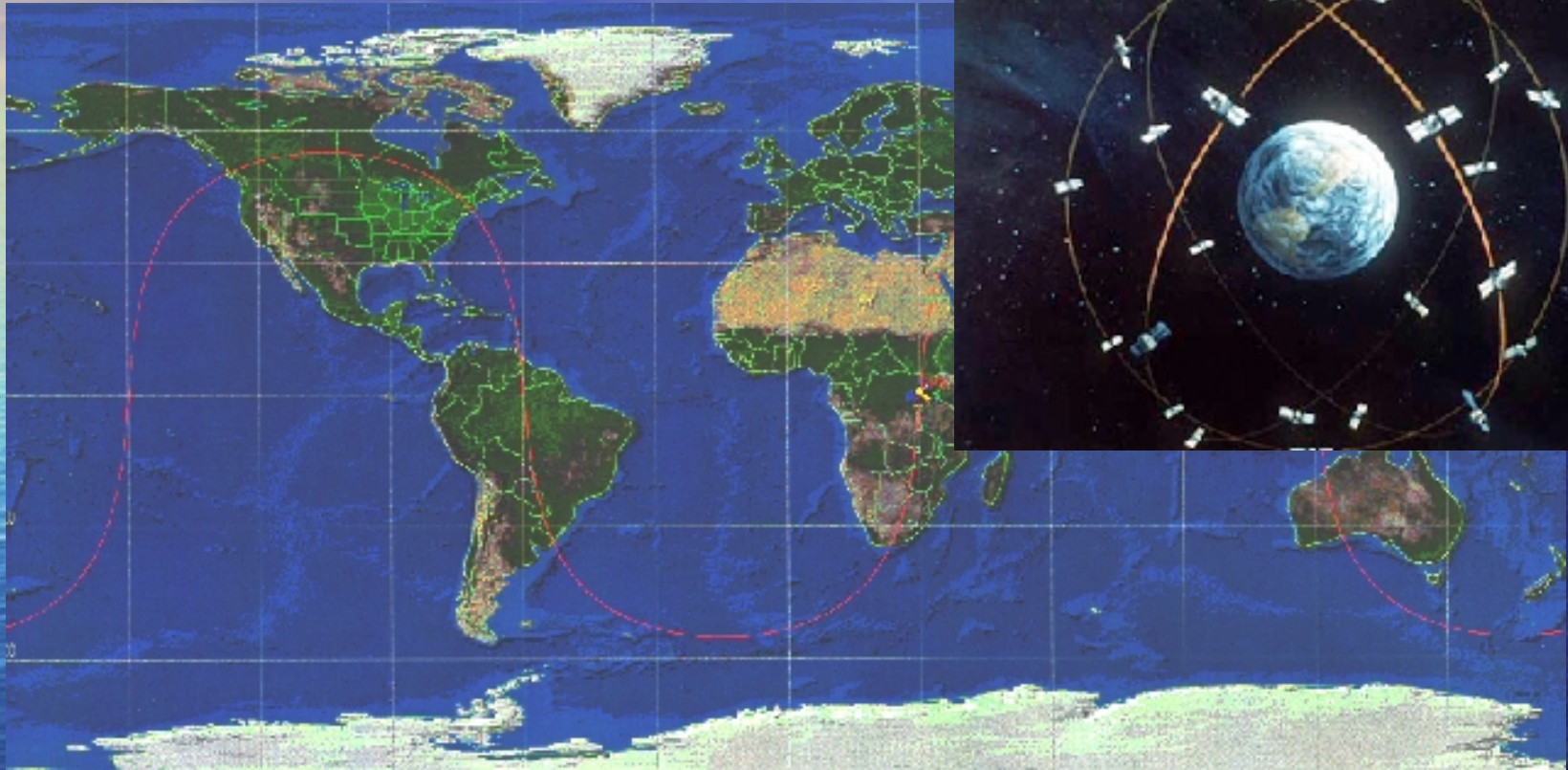
*Gian Piero Siroli, Dip. di Fisica, Università di Bologna e INFN
Comunicare Fisica, Trieste, 5 Ottobre 2007*

Dove siamo?

- Navigazione astronomica (si usano sole e stelle per la latitudine), sestante
- Navigazione stimata (dead reckoning): misura di velocità e direzione
- Bussola (XIII secolo)
- Cronometro (XVIII secolo): determinazione precisa della longitudine
- Radar, Loran (~ 1940)
- GPS (~1995)



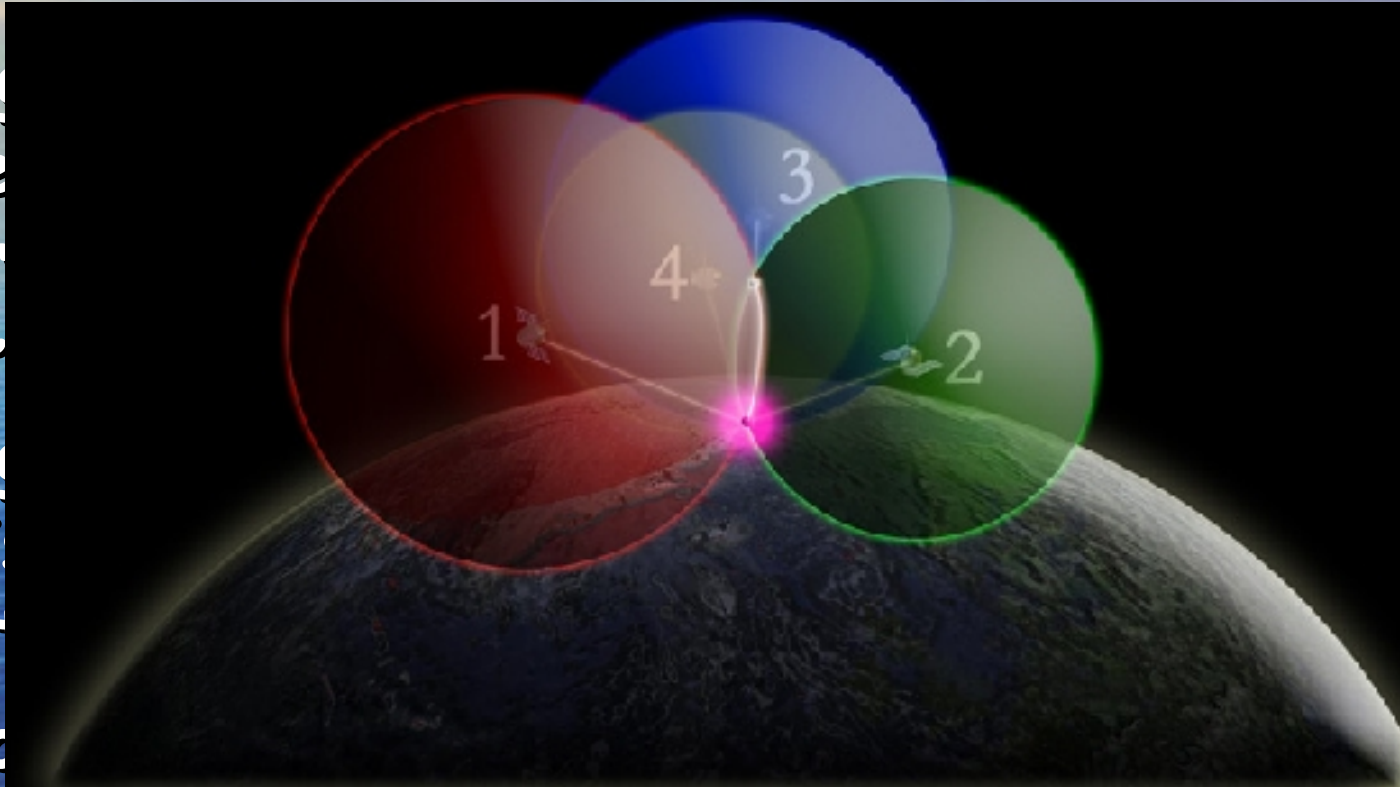
Global Positioning System



Ad oggi 31 satelliti operativi lanciati tra il '78 ed il '94. Altitudine ~20000 km. Velocita' ~3800km/s. Periodo ~11 ore. Inclinazione = 55.0°. Proprieta' USA (DoD), costo ~10 miliardi €

Come funziona il GPS?

- Ogni satellite GPS emette un segnale radio (~1500 MHz)
- Ogni ricevitore GPS riceve i segnali da almeno 4 satelliti
- Come funziona il GPS?



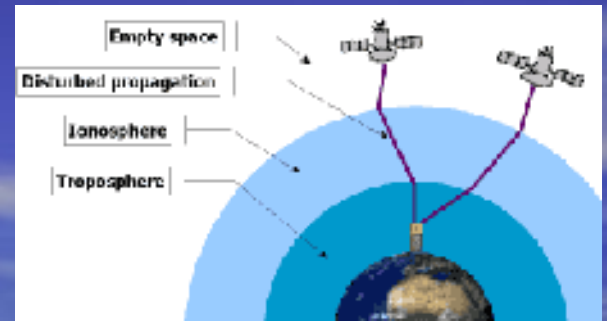
ora,

la

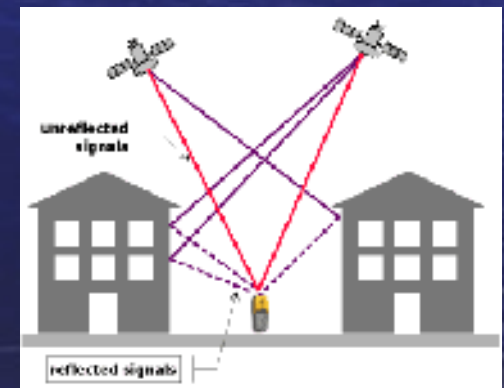
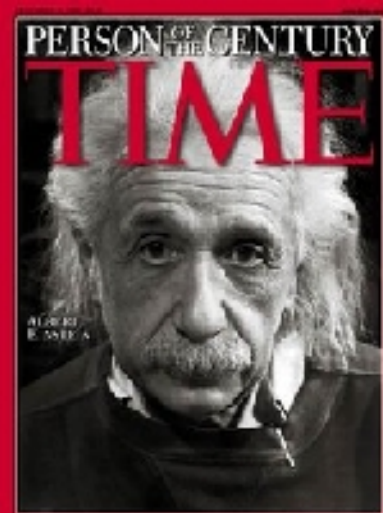
are

una "triangolazione"

Precisione di localizzazione



- Il segnale GPS si propaga quasi alla velocità della luce, il tempo è misurato a $\sim 10\text{ns}$ (transizioni tra bit) \Rightarrow precisione $\sim 3\text{m}$
- Però influiscono sulla precisione anche:
 - Effetti ionosferici e troposferici (10m), riflessioni geometriche (3m), imprecisione dell'orbita del satellite (3m) e degli orologi imbarcati (2m)
- **MA ANCHE**

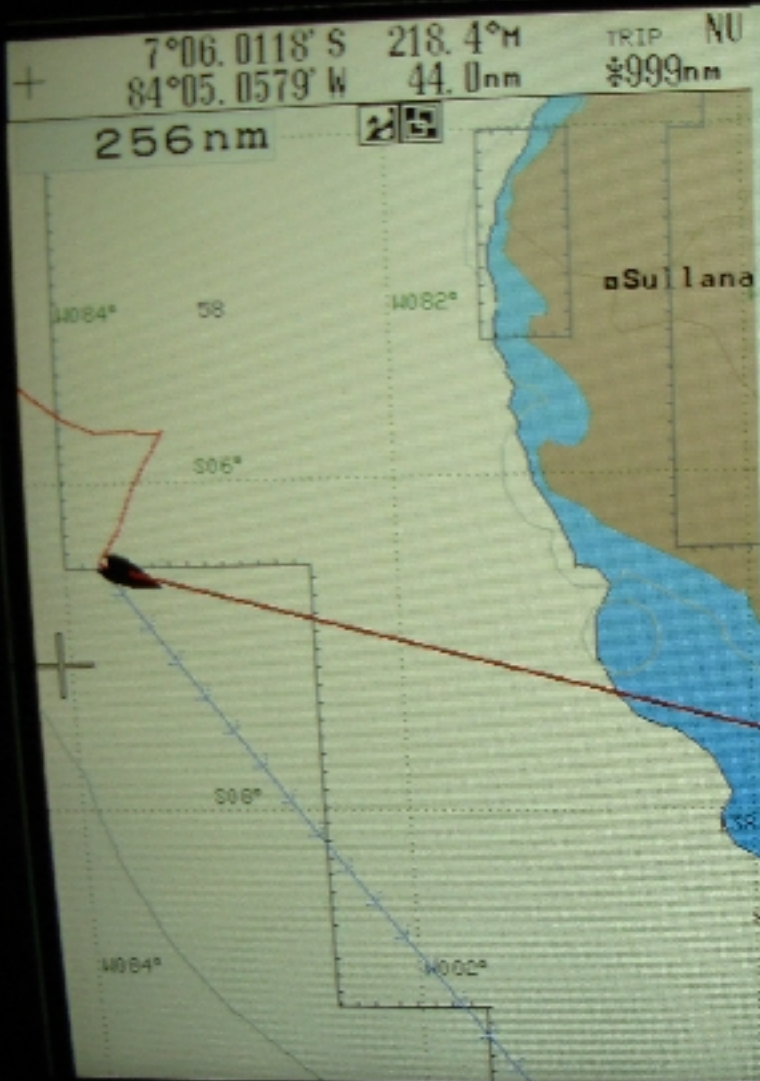


Effetti relativistici

Tre fenomeni agiscono su un orologio trasportato a bordo di un satellite:

- Dilatazione temporale (velocità)
 - A causa della maggiore velocità orbitale, l'orologio imbarcato e' piu' lento di uno a terra (~7000ns/giorno)
- Potenziale gravitazionale (altitudine)
 - Su satellite l'orologio e' piu' veloce perche' si trova in un campo gravitazionale piu' debole di uno a terra (~45000ns/giorno)
- Sistema di riferimento in rotazione (Effetto Sagnac)
 - A bordo l'orologio puo' essere piu' lento o piu' veloce di uno a terra a seconda della direzione orbitale (~centinaia di ns, cioe' decine di metri)

Questi effetti devono essere inclusi per la determinazione della posizione: il GPS e' un vero laboratorio di relatività!

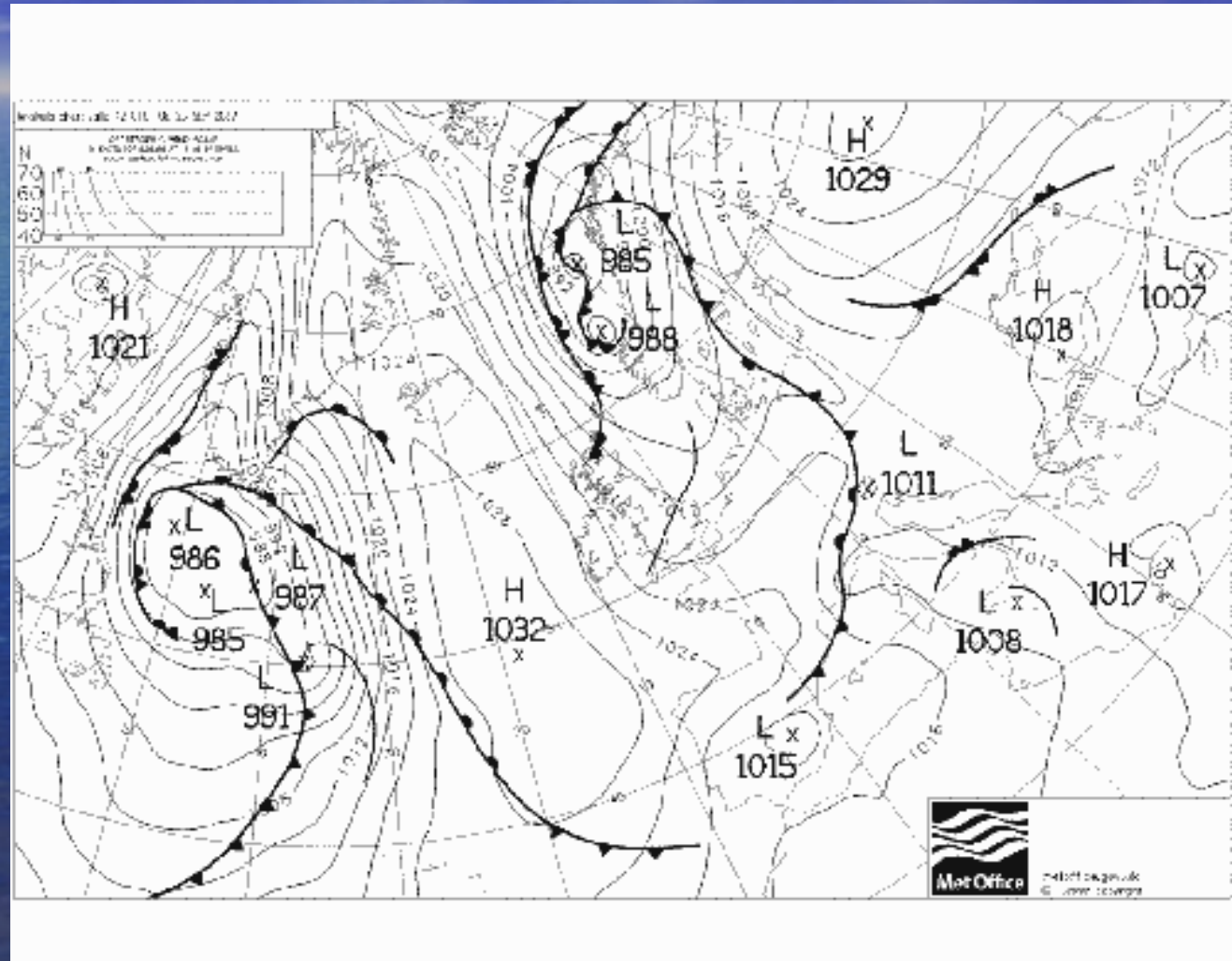
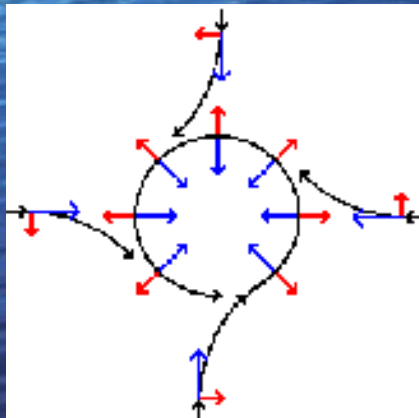


PROFONDITA'		QUICK POINT
STW	SOG	MODO
5.1 kt	5.1	NTH UP
DIREZIONE	ROTTA	CENTRA
141.2° M	106.0°	VAI AL CURSOR
VENTO APPARENT	PORTATA	
15.6 kt 37.5° S	1275 nm	
ETA	TTG	
1 st 23: 1	10 _D 5 _H 7 _M	

23.12.2006

Cos'è il vento?

Anemometro,
viso,
orecchie.



Vento reale, di velocita',
apparente.



Il Ciclone Catarina, visto dalla Stazione Spaziale Internazionale il 26 marzo 2004



E' meglio passare a destra o a sinistra di una depressione?

