

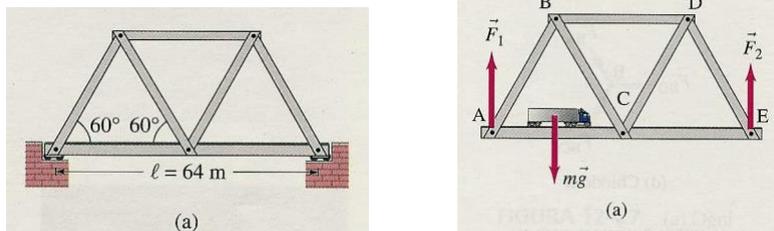
### Esercizio 1

Si calcolino le forze di tensione o di compressione di ogni elemento del ponte a capriata mostrato nella figura. Il ponte è lungo 64 m e sostiene una strada omogeneamente realizzata in calcestruzzo e della massa di  $1.40 \times 10^{16}$  kg. Si utilizzi il *metodo delle giunture* che consiste nel:

- 1) Disegnare il diagramma di corpo libero per la capriata intesa come corpo unico;
- 2) Disegnare il diagramma di corpo libero per ciascuno dei nodi (giunture) uno per volta, imponendo la condizione  $\Sigma F=0$  per ciascuno di essi.

Si trascuri la massa delle single travi e si ipotizzi che i triangoli siano tutti equilateri.

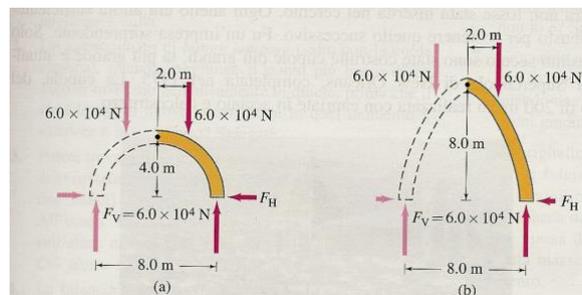
Come varia lo stato di sollecitazione della struttura se sul ponte passasse un carico pesante come nel caso rappresentato nella figura di destra?



### Esercizio 2

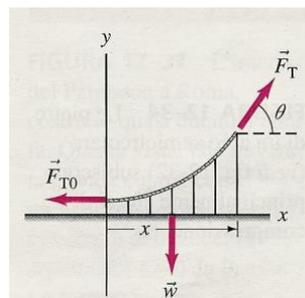
Sebbene un'analisi dettagliata di un arco in pietra è piuttosto complessa, utilizzando le semplificazioni rappresentate in figura, si dimostri che la componente della forza esercitata sulla sua base è minore per un arco a sesto acuto che per un arco a tutto sesto.

Si considerino un arco a tutto sesto ed un arco a sesto acuto con la stessa luce di 8.0 m. L'altezza dell'arco a tutto sesto sia di 4.0 m, mentre quella dell'arco a tutto sesto sia di 8.0 m. Il peso da sostenere sia di  $12.0 \times 10^4$  N per entrambi i casi.



### Esercizio 3

Calcolare la forma del cavo posto tra le due torri di un ponte sospeso, nell'ipotesi che il peso della strada sia sostenuto in modo uniforme per tutta la sua lunghezza. Trascurate il peso dei cavi.



## Commenti agli esercizi proposti.

### Il ponte a capriata

Una trave utilizzata per coprire grandi distanze, come nella costruzione dei ponti, è sottoposta ad intensi sforzi di tensione, compressione e di taglio. Una struttura base dell'ingegneria strutturale, utilizzata per coprire grandi distanze, è la **capriata**. I primi ponti a capriata furono costruiti dall'architetto Andrea Palladio (1518-1580). Dopo l'introduzione dell'acciaio nel XIX secolo vennero più spesso utilizzate capriate in acciaio perché più robuste di quelle in legno; le capriate in legno si continuarono ad utilizzare per sostenere i tetti delle case e montare i loggiati nelle abitazioni.

Una capriata è una struttura costituita da una o più unità triangolari, ciascuna costruita con elementi rettilinei (aste o **travi**) collegati alle estremità tramite chiodi o rivetti. Il punto dove si collegano tali estremità è chiamato **giuntura** (o nodo).



FIGURA 1: Tetto a capriata

Solitamente si assume l'ipotesi che gli elementi della capriata siano sotto pura compressione o tensione: cioè che le forze agiscano lungo la lunghezza di ogni elemento. Questa è una situazione ideale valida solamente in cui gli elementi (le travi) siano prive di massa o non debbano sopportare pesi lungo la loro lunghezza; in tali casi, agiscono solamente due forze.

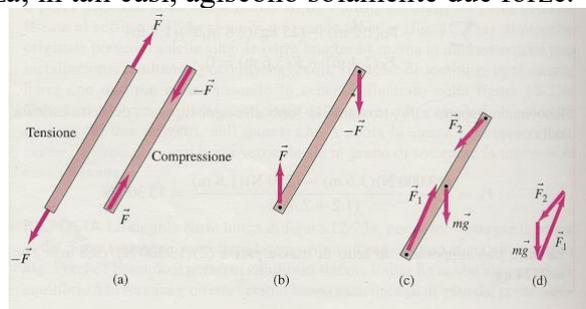


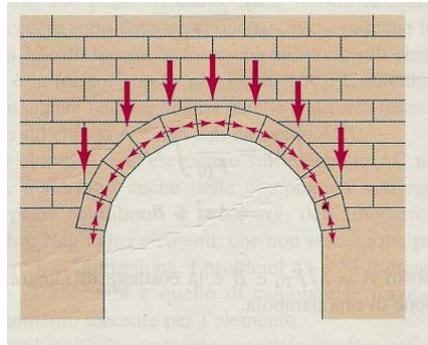
FIGURA 2 a) Ogni elemento (o trave) privo di massa della capriata si ritiene essere sotto tensione o compressione; b) Le due forze di uguale intensità ma di verso opposto devono agire sulla stessa retta, altrimenti si genererebbe un momento torcente; c) gli elementi reali hanno massa, per cui le forze  $F_1$  e  $F_2$  alle giunture non agiscono direttamente lungo l'elemento; d) diagramma vettoriale del punto c).

Per i ponti molto lunghi, le strutture a capriata risultano troppo pesanti. Una soluzione è quella di costruire ponti sospesi, con il carico che viene sostenuto da cavi di sospensione relativamente leggeri sottoposti a sforzi di tensione e con la strada che viene sostenuta da cavi verticali posti uno vicino all'altro.

## Archi e cupole

Tra le varie possibilità a disposizione di un ingegnere per coprire distanze, vanno inclusi gli archi e le cupole.

L'**arco a tutto sesto** o semicircolare fu introdotto dagli antichi romani. Se ben progettato, le sue pietre tagliate a forma di cono sono sottoposte a sforzi prevalentemente compressivi anche quando sostengono grandi carichi come quelli della parete sovrastante e del tetto di una cattedrale. Poiché le pietre sono premute una contro l'altra, sono prevalentemente sotto compressione. Si noti tuttavia che l'arco trasmette le forze ai sostegni sia orizzontalmente che verticalmente. Un arco a tutto sesto, che è costituito da tante pietre ben formate potrebbe coprire una grande distanza. Tuttavia è necessario un notevole rafforzamento delle pareti laterali per sostenere le componenti orizzontali delle forze.



**FIGURA 3** Le pietre di un arco semicircolare subiscono principalmente sforzi di pressione.

L'**arco a sesto acuto** (o a punta) fu usato a partire dal XII secolo dopo Cristo ed è divenuto il simbolo delle grandi cattedrali gotiche. Anch'esso rappresentò una importante innovazione tecnologica e fu inizialmente utilizzato per sostenere carichi pesanti come le torri e gli archi delle cattedrali. Sembra che i costruttori avessero capito che, data la forma dell'arco a sesto acuto fosse richiesto un minor rafforzamento orizzontale. L'arco a punta riduceva il carico delle pareti consentendo più luce ed un'apertura maggiore. Il minor rafforzamento era fornito da strutture realizzate all'esterno dell'edificio.

Mentre un arco copre uno spazio bidimensionale, una **cupola**, che fondamentalemente è la figura geometrica ottenuta facendo ruotare un arco attorno ad un asse verticale, copre uno spazio tridimensionale.