

ARCHITETTURA

La cupola del Brunelleschi

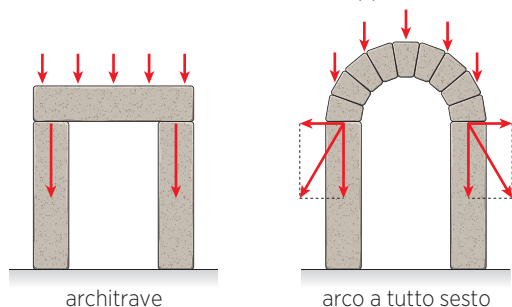
Il duomo di Firenze aveva un progetto grandioso, ma poneva una questione importante: come coprire l'immenso spazio centrale con una cupola che non frantumasse, sotto le sue spinte, le strutture sottostanti? Si presentava anche un altro problema: la classica cupola a tutto sesto, cioè di forma sferica, avrebbe richiesto l'uso di un'impalcatura che sostenesse la muratura durante la sua costruzione, che non è autoportante se non quando è completa, e la sua imponenza ne rendeva molto difficile la realizzazione, fosse solo per la reperibilità delle grosse travi necessarie.

Arnolfo di Cambio aveva costruito il duomo ma non aveva un progetto per la cupola, per la quale nel 1418 fu necessario indire un concorso pubblico. Nel 1420 iniziarono i lavori sotto la direzione di Filippo Brunelleschi.

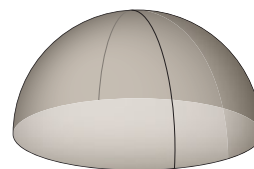


vichiebi / Shutterstock

La chiesa di Santa Maria del Fiore a Firenze.

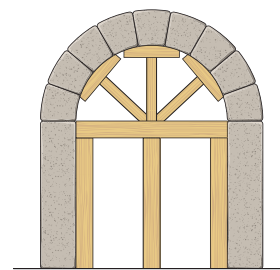


A differenza dell'architrave, in cui per equilibrare la forza-peso della struttura sovrastante sono coinvolte solo componenti verticali, nell'arco compaiono spinte laterali, da equilibrare quindi orizzontalmente.



cupola sferica

Un arco a tutto sesto che ruota su se stesso forma una cupola.



Per costruire un arco (e quindi una cupola) si appoggia inizialmente la struttura a un'impalcatura provvisoria, che poi si rimuove quando l'arcata è completa e quindi capace di sorreggersi da sé.

Una sfida all'equilibrio

Il progetto era molto arduo: costruire la cupola senza utilizzare impalcature di sostegno. Una struttura autoreggente, formata non da una calotta sferica ma da otto vele, costruite dal basso ad opera di otto cantieri che lavoravano contemporaneamente sotto la guida diretta dello stesso Brunelleschi. La particolare tecnica costruttiva delle murature, un incastro a spina di pesce, le rendeva particolarmente leggere e compatte, così da poterle erigere senza opere di sostegno. Molti erano gli scettici che non credevano nell'impresa, ma nel 1436 terminarono i lavori di copertura e dopo quasi sei secoli ancora possiamo ammirare lo splendore di quel capolavoro.

Una sfida geometrica

Costruire una cupola di quelle dimensioni senza impalcatura di sostegno non era difficile solo per questioni di statica ma anche perché, senza il riferimento delle armature, era come edificare nel vuoto, con il rischio di compromettere la simmetria della struttura al minimo errore. Brunelleschi risolse ingegnosamente il problema utilizzando sistemi di corde e fili a piombo che disegnavano nello spazio le distanze man mano che l'opera si innalzava verso i suoi 90 metri: una ragnatela geometricamente definita, che guidava la mano degli operai nella posa dei mattoni con il giusto angolo di inclinazione.

DOMANDA Perché nei grossi edifici con copertura ad arcate si trovano muri molto spessi o contrafforti laterali? Motiva la risposta in 5 righe e fai una ricerca sulle due diverse soluzioni nell'architettura romanica e gotica.

TECNOLOGIA

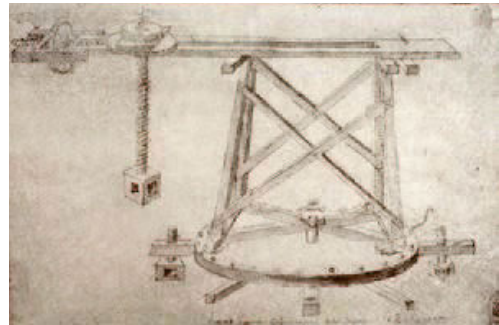
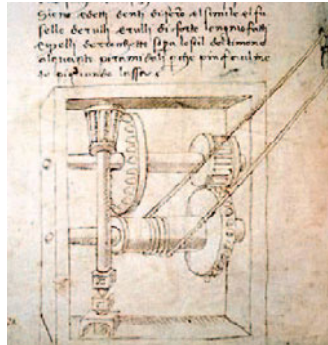
Il cantiere del Brunelleschi

Filippo Brunelleschi non si limitò a progettare la cupola e a dirigerne scrupolosamente i lavori, ma dedicò grandissima attenzione a tutto il cantiere, dalle impalcature per gli operai alle macchine per il sollevamento e lo spostamento dei grossi carichi. Si trattava di un'impresa ai limiti del pensabile con la tecnologia dell'epoca: i lavori si svolgevano «in quota», dalla base della cupola a 54 metri dal pavimento, fino ai 90 metri della base della lanterna. La cupola fu costruita dal basso, uno strato alla volta, senza la classica impalcatura portante che si usa per sostenere le arcate prima della loro chiusura, e rese indispensabile l'uso di macchinari capaci di sollevare il materiale all'altezza necessaria.

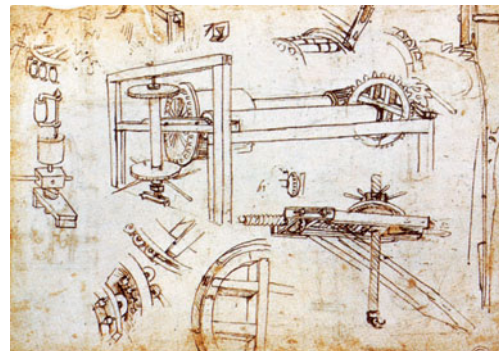
Le macchine

Brunelleschi stesso progettò e realizzò per il suo cantiere macchine molto ingegnose e particolarmente innovative per l'epoca: ponti sospesi, argani, bracci meccanici rotanti capaci di arrivare alle quote più alte. Si trattava di vere e proprie meraviglie della meccanica, che attirarono l'attenzione di molti ingegneri, curiosi di studiarne il funzionamento. Furono proprio loro a lasciarci le migliori testimonianze delle macchine usate nel cantiere di Brunelleschi, visto che non esistono più i progetti originali.

Motore dell'argano a tre velocità, disegnato da Francesco di Giorgio.



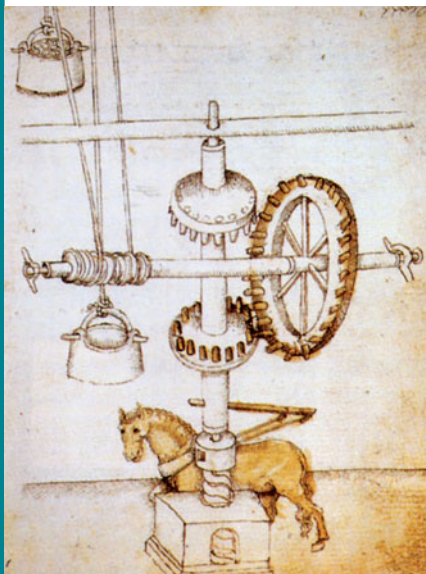
Gru girevole in un disegno di Giuliano da Sangallo.



Leonardo da Vinci disegnò con cura diverse macchine del Brunelleschi, tra cui questo argano a tre velocità.



Gru girevole della lanterna, disegno di Bonaccorso Ghiberti.



Un argano mosso da un cavallo in un disegno di Mariano di Jacopo, detto Taccola.

DOMANDA Riconosci almeno una macchina semplice in questo disegno?

CON GLI OCCHI DI UN FISICO

Numeri da circo

L'equilibrio in scena

Non è un caso che la parola «acrobata» in greco antico voglia dire letteralmente «colui che cammina in punta di piedi». Egli sfida la forza di gravità con configurazioni di equilibrio instabile sempre più complicate ed estreme: esibisce pubblicamente la precarietà con gesti che fanno spettacolo. I giochi di equilibrio sono molto antichi, come testimoniano alcuni disegni egizi ritrovati in una tomba a Beni Hassan, nei quali si riconoscono addirittura esercizi di giocoleria. Giocolieri, ginnasti e acrobati si esibirono in Grecia e nell'antica Roma, fino a quando nel 313 d.C. l'imperatore Costantino proclamò un editto in cui si concedeva libertà di culto ai cristiani e contemporaneamente si proibivano quelli che oggi chiameremmo «giochi circensi».



PAROLA CHIAVE **Baricentro**

DOMANDA In che modo il bilanciante del funambolo può influire sulla posizione del baricentro? Spiegalo in 5 righe.

PAROLA CHIAVE **Macchina semplice**

DOMANDA Perché il bilanciante è d'aiuto al funambolo? Spiega in 5 righe il suo ruolo come leva di primo genere.

Il Medioevo dei giullari

Durante il Medioevo saltimbanchi, giullari, giocolieri e cantastorie allietavano le corti e girovagavano di città in città, spesso ostacolati dalla cultura cattolica ufficiale, che ne condannava lo stile di vita e i temi spesso licenziosi. In un periodo in cui pochissimi sapevano leggere e scrivere, questi «artisti di strada» si guadagnavano da vivere diffondendo notizie, divertimenti e cultura. Offrivano al pubblico le arti più svariate: suonavano, cantavano, danzavano, raccontavano storie, camminavano sulle mani, facevano capriole, si esibivano in numeri di acrobazia e giocoleria non molto diversi da quelli che ancora oggi si ammirano nei nostri circhi.

L'abilità di far volteggiare oggetti senza farli cadere è antichissima. Il disegno riproduce alcune testimonianze risalenti al periodo compreso tra il 1994 e il 1781 a.C., ritrovate in una tomba egizia.

Salti mortali sui tori nella Creta minoica del XV secolo a.C.



Nel 1859 il francese Charles Blondin camminò su un filo teso tra due rive, sopra le cascate del Niagara. Successivamente ripeté l'impresa con il suo manager sulla schiena e con altre ardite varianti sempre più spettacolari.

Venezia: forze d'Ercole e svoli

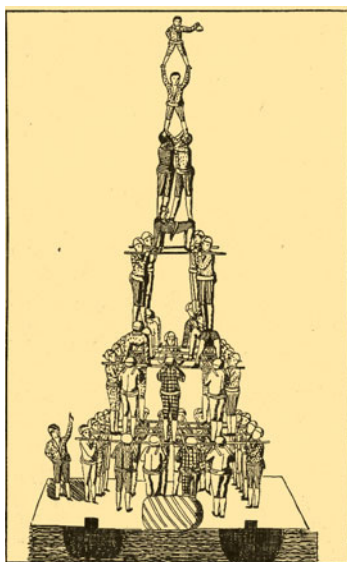
Durante i festeggiamenti per il carnevale le strade di Venezia, «porta d'oriente», si riempivano di mercanzie, di spezie, di stoffe colorate, di spettacoli e giochi d'ogni tipo. Ancora loro, gli acrobati, i giocolieri, i musicisti, i ballerini, gli attori, attiravano le folle e le intrattenevano con le esibizioni più spettacolari. Una delle più importanti, sin dal XVI secolo, erano le cosiddette «forze d'Ercole», piramidi umane che rievocavano nel giovedì grasso la destrezza delle truppe veneziane nell'assalto alle mura della città di Aquileia.

Un'altra importante acrobazia era quella denominata «svolo del turco» - che consisteva nell'attraversare la piazza su una fune, compiendo i numeri più spettacolari, per consegnare un mazzo di fiori al doge -, ispirata a una prodezza eseguita nel 1500 da un turco, appunto. Questa usanza è sopravvissuta, trasformandosi in diverse varianti, fino ad oggi: dal volo della colombina di legno, che spargeva coriandoli per l'apertura del carnevale, all'attuale volo dell'angelo, in cui è una persona a compiere la traversata lungo la fune, con le opportune misure di sicurezza.

Il circo equestre

Nel XVIII secolo gli acrobati si spostavano di città in città in occasione delle fiere, esibendosi presso una costruzione in legno detta «baracca», che era un vero e proprio teatro ambulante. Verso la fine del secolo l'ufficiale di cavalleria britannico Philip Astley, noto al pubblico perché usava esibirsi effettuando prodezze a cavallo, decise di dare stabilità al suo successo e istituì il primo vero e proprio «circo equestre» della storia. Inizialmente i numeri equestri erano l'attrattiva principale, come lascia intuire la forma circolare della pista, poi acquistarono sempre maggiore spazio i vari numeri di acrobazia, funambolismo, giocoleria, comicità e animali addestrati, che fino ad allora avevano popolato le fiere.

Il circo ebbe un tale successo che dall'Inghilterra fu esportato in tutta Europa, con la costruzione di strutture permanenti per gli spettacoli, mentre i tendoni mobili che oggi conosciamo comparvero nel XIX secolo.



Le forze d'Ercole sono documentate a Venezia dalla metà del XVI secolo. Oltre alla forza e all'agilità degli acrobati, questo numero ne metteva alla prova il coraggio: si trattava infatti di esibizioni pericolose, svolte con misure di sicurezza esigue.



Georges Seurat, *Il circo*, 1891. La forma circolare della pista del circo è legata all'importante presenza di cavalli negli spettacoli.



Ancora oggi l'equilibrio è protagonista di spettacoli molto apprezzati.

beltazar / Shutterstock

PAROLA CHIAVE **Equilibrio**

DOMANDA Perché per un fisico, mentre un funambolo si esibisce sul filo, sono in equilibrio anche gli spettatori? Rispondi in 5 righe.