CAPITOLO

2

Filippo Brunelleschi: la cupola e la nuova architettura

«Chi mai sì duro o sì invido non lodasse Pippo architetto vedendo qui struttura sì grande, erta sopra e' cieli, ampla da coprire con sua ombra tutti e' popoli toscani...» — Leon Battista Alberti, Della pittura, prologo (1436)

OBIETTIVI

1. Ricostruire la formazione di Brunelleschi, distinguendo i documenti dai racconti di Manetti e di Vasari.
2. Spiegare perché la cupola di Santa Maria del Fiore non poteva essere costruita su una centina e come Brunelleschi risolse il problema.
3. Descrivere la struttura della cupola (doppia calotta, sproni, catene, spinapesce) e costruire il profilo a quinto acuto.
4. Riconoscere nello Spedale degli Innocenti, nella Sagrestia Vecchia, in San Lorenzo e in Santo Spirito il modulo e il nuovo linguaggio classico.
5. Spiegare l'esperimento delle tavolette prospettiche come lo racconta Manetti.
6. Discutere la conservazione della cupola e del suo *Giudizio universale*.

INDICE DEL CAPITOLO

2.1 Un orafo diventa architetto 2
2.2 Il problema della cupola 3
2.3 Come sta in piedi la cupola 4
2.4 Una nuova lingua per l'architettura 12
2.5 Lo sguardo misurato: l'esperimento delle tavolette 17

Storia dell'arte 4 · Parte I · Il primo Rinascimento a Firenze · versione 1.0
Capitolo 2: Filippo Brunelleschi: la cupola e la nuova architettura · pagine 43–70 del volume completo · estratto per lo studio

Firenze, estate del 1418. La cattedrale di Santa Maria del Fiore è quasi finita: le navate sono coperte, le tre grandi absidi della testata sono costruite, il tamburo ottagonale si alza a più di cinquanta metri da terra. Ma sopra l'altare maggiore c'è un vuoto. Da decenni la città sa che lì dovrà sorgere una cupola più ampia di qualunque volta costruita nel Medioevo, e da decenni nessuno sa come costruirla. Il 19 agosto l'Opera del Duomo, l'ente che amministra il cantiere per conto del Comune e sotto il controllo dell'Arte della Lana, bandisce un concorso aperto a chiunque abbia un'idea.

Lo vincerà, dopo due anni di discussioni, un uomo che non era né un capomastro né un muratore, ma un orafo: Filippo Brunelleschi. In questo capitolo vedremo come risolse il problema della cupola, come inventò per Firenze un nuovo modo di costruire, misurato e ispirato all'antico, e come fece l'esperimento da cui nacque la prospettiva che studierai nel cap. 4. Alberti, nel prologo di *Della pittura* (1436), lo nomina per primo tra i maestri della nuova arte che hai incontrato nel cap. 1.

2.1 Un orafo diventa architetto

Filippo Brunelleschi nacque a Firenze nel 1377, figlio di un notaio, ser Brunellesco di Lippo. Da ragazzo imparò a leggere, a scrivere e l'*abaco*, cioè l'aritmetica e la geometria pratica dei mercanti, come racconta il suo biografo **Antonio di Tuccio Manetti** (1423–1497), che lo conobbe e ne scrisse la vita negli anni Ottanta del Quattrocento. Scelse il mestiere di orafo: nel 1398 entrò nell'Arte della Seta, la corporazione a cui gli orafi appartenevano, e nel 1404 vi si immatricolò come maestro. Tra il 1400 e il 1401 lavorò a Pistoia, con altri orafi, all'altare d'argento di San Jacopo nella cattedrale. L'oreficeria era allora una scuola completa: si disegnava, si modellava la cera, si fondeva il metallo, si cesellava. Manetti aggiunge che Filippo costruì orologi e svegliarini, e che da quei congegni di ruote e di molle imparò a immaginare macchine «da portare e da levare e da tirare».

Nel 1401 partecipò al concorso per la seconda porta del Battistero e perse contro Lorenzo Ghiberti (cap. 1); la sua formella con il *Sacrificio di Isacco* è oggi al Museo Nazionale del Bargello. Da quel momento la sua strada cambiò.

2.1.1 Il viaggio a Roma: un racconto da verificare

Dopo il concorso, scrive Manetti, Filippo andò a Roma, dove «si potevano vedere in publico assai delle cose buone», e vi trovò il giovane Donatello. Guardando le sculture antiche, «vide el modo del murare degli antichi et le loro simetrie», cioè il loro sistema di proporzioni, e da quel momento studiò gli edifici più delle statue. I due amici misuravano «quasi tutti gli edifici di

Roma», facevano scavare per scoprire le basi delle colonne e annotavano le misure su strisce di pergamena con numeri e segni che solo Filippo capiva. I romani, vedendoli frugare tra le rovine, li chiamavano «quelli del tesoro».

Il racconto è affascinante, ma va letto con il metodo dello storico. Manetti scrive mezzo secolo dopo i fatti, da ammiratore, e non dà né date né durate; i documenti fiorentini mostrano Brunelleschi a Firenze in molti di questi anni. È probabile che i soggiorni romani siano stati più d'uno e più brevi di quanto suggerisca la biografia. Resta il significato che Manetti vuole trasmettere: l'architettura nuova nasce dallo studio diretto e misurato dei monumenti antichi, come il Pantheon e le grandi volte delle terme che hai studiato nel terzo anno, e non dalla tradizione delle botteghe. Un secolo dopo, Vasari dirà che Filippo fu donato al mondo «per dar nuova forma alla architettura, già per centinaia d'anni smarrita» (*Vite*, 1568).

2.2 Il problema della cupola

2.2.1 Un vuoto di quarantacinque metri

Come sai dal terzo anno, Santa Maria del Fiore era stata iniziata nel 1296 da Arnolfo di Cambio. Nel 1367 l'Opera approvò un modello, legato al nome di Neri di Fioravanti e di altri maestri, che fissava la forma della testata: una crociera ottagonale circondata da tre absidi poligonali, sormontata da una cupola. Nei decenni seguenti si costruì tutto ciò che stava sotto. All'inizio del Quattrocento fu innalzato anche il **tamburo**, il corpo murario cilindrico o, come qui, poligonale su cui si imposta una cupola: un ottagono forato da otto grandi occhi circolari, che portava il piano d'imposta della cupola più in alto delle volte di qualunque cattedrale gotica.

Il problema era la misura. Tra due facce opposte dell'ottagono ci sono circa 45 metri, più del diametro della cupola del Pantheon (circa 43 m), la più grande dell'antichità. Il modello trecentesco non prevedeva archi rampanti all'esterno: la spinta doveva essere contenuta dalla muratura stessa. E soprattutto non si sapeva come sostenere la cupola durante la costruzione. Un arco o una volta in muratura stanno in piedi solo quando sono chiusi in chiave; fino a quel momento devono poggiare su una **centina** (o *armatura*), un'impalcatura provvisoria di legno che ne riproduce la forma e che si smonta a lavoro finito. Per una volta di quella luce, impostata a più di cinquanta metri da terra, la centina avrebbe richiesto una foresta di travi lunghissime, sarebbe costata una fortuna e si sarebbe deformata sotto il peso dei mattoni prima che la volta si chiudesse.

2.2.2 Il concorso del 1418 e il programma del 1420

Al concorso del 1418 arrivarono modelli e proposte. Vasari, che scrive più di un secolo dopo, ne riporta alcune per farci sorridere: c'era chi voleva un pilastro centrale per reggere la volta, chi proponeva di riempire lo spazio di terra mescolata a monete, perché poi il popolo la portasse via gratis cercando i soldi. È a questo punto che colloca anche il celebre aneddoto dell'uovo, che

Filippo avrebbe fatto stare in piedi schiacciandone la punta su un marmo: è un racconto, non un documento. Brunelleschi propose di voltare la cupola senza centina, e presentò un modello in muratura.

Nell'aprile del 1420 l'Opera nominò Brunelleschi e Ghiberti responsabili del cantiere, con il capomastro Battista d'Antonio; i lavori della cupola cominciarono il 7 agosto 1420. La costruzione seguiva un **programma** in dodici punti, scritto in quell'anno e copiato nei registri dell'Opera (lo riporta anche Vasari, rielaborato), che descrive la cupola già finita: le due calotte, gli spessori, gli sproni, le catene, i camminamenti, lo scolo delle acque. È un documento straordinario, perché mostra un architetto che progetta l'intero edificio prima di cominciarlo, ma lascia spazio all'esperienza del cantiere: oltre una certa altezza, dice, si procederà come consiglieranno i maestri, «perchè nel murare la pratica insegna quello che si ha da seguire».

Ghiberti, nominato insieme a lui, ebbe un ruolo sempre più limitato. Vasari racconta che Filippo si finse malato per dimostrare che senza di lui il collega non sapeva andare avanti, e che dal 1423 la direzione fu di fatto sua; anche questo è il punto di vista di un ammiratore di Brunelleschi, ma i documenti confermano che il cantiere seguiva le sue disposizioni. Non mancarono le critiche: nel 1426 il letterato Giovanni di Gherardo da Prato criticò in una pergamena illustrata, oggi all'Archivio di Stato di Firenze, il modo in cui la cupola veniva tracciata.

> **ERRORE FREQUENTE**
>
> **«Senza armatura» non vuol dire «senza ponteggi»**
>
> Si legge che la cupola fu costruita «senza impalcature». Non è così. Brunelleschi fece a meno della *centina*, cioè della grande armatura di legno che sostiene la volta dal basso fino alla chiusura. Ma i muratori lavoravano su ponteggi appoggiati alla muratura già costruita, che salivano con la cupola, e i materiali arrivavano in alto con le macchine. Per lo stesso motivo non dire che la cupola «si regge da sola per miracolo»: si regge per la sua forma, per la disposizione dei mattoni e per gli anelli che la cingono, come vedrai nel paragrafo seguente.
>
> Diffida anche dei numeri «magici». Le misure della cupola furono pensate in braccia fiorentine: le coincidenze che qualcuno trova tra le sue altezze espresse in metri e la successione di Fibonacci o la sezione aurea non hanno alcun fondamento.

2.3 Come sta in piedi la cupola

2.3.1 Due calotte e ventiquattro sproni

La cupola di Firenze non è una cupola in senso stretto. Una cupola emisferica come quella del Pantheon nasce dalla rotazione di un arco intorno a un asse verticale; quella di Brunelleschi è invece una **volta a padiglione**, formata da otto superfici curve, le *vele* o spicchi, che si alzano dai lati dell'ottagono e si incontrano lungo gli spigoli. È la forma richiesta dal tamburo ottagonale, la stessa della volta del Battistero.

La prima idea di Brunelleschi fu di farla **doppia** (Figura 2.1). Una **calotta**, cioè un guscio di muratura a forma di volta, interna e più spessa, regge la struttura: alla base, secondo il programma, è grossa tre braccia e tre quarti, circa 2,2 metri, e si assottiglia salendo. Una calotta esterna, più sottile, la ricopre per conservarla «dallo umido» e perché la cupola appaia «più magnifica e gonfiata». Tra le due resta un'**intercapedine**, uno spazio vuoto largo alla base due braccia, in cui corrono le scale e i corridoi che permettono di salire fino in cima e di controllare la muratura. La doppia calotta alleggerisce l'insieme: a parità di ingombro esterno, pesa molto meno di una volta piena.

Le due calotte sono legate da ventiquattro **sproni**, costoloni verticali in muratura che salgono dall'imposta fino all'anello sommitale: otto negli angoli dell'ottagono, grossi alla base sette braccia, e sedici intermedi, due per faccia, grossi quattro braccia. All'esterno si vedono solo gli otto angolari, rivestiti di marmo bianco: gli altri sedici sono nascosti nell'intercapedine. In cima gli sproni convergono nel **serraglio**, l'anello che chiude la volta intorno all'occhio centrale e su cui poggia la lanterna.

Pianta schematica della cupola all'imposta

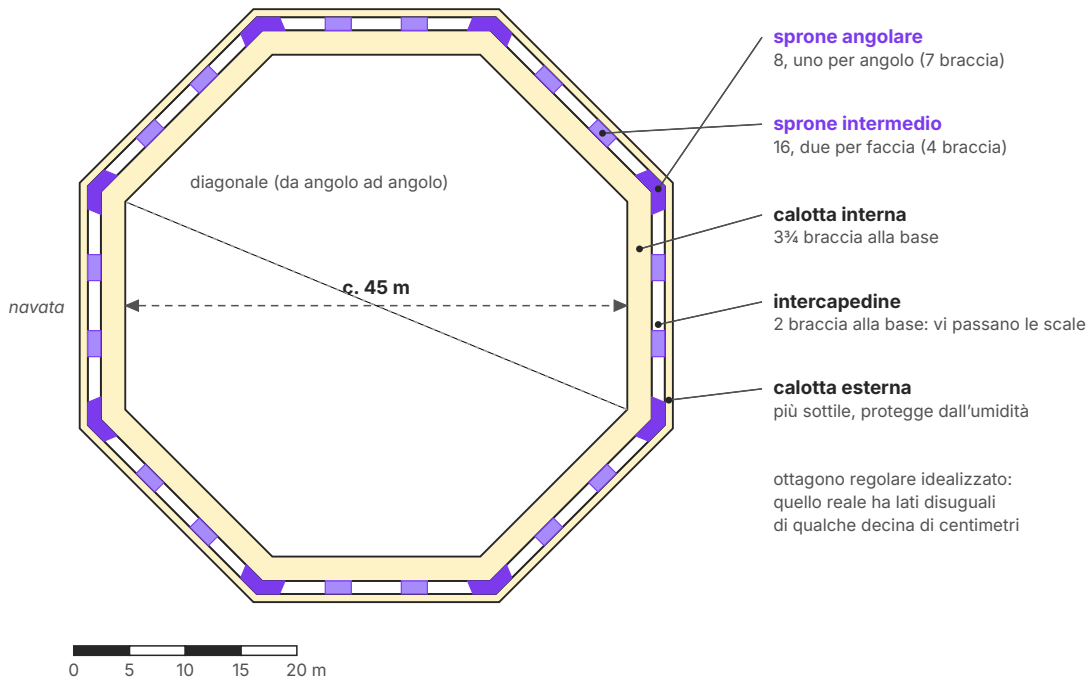


Figura 2.1 La cupola di Santa Maria del Fiore in pianta, all'imposta. Le due calotte, l'intercapedine e i ventiquattro sproni, con gli spessori alla base indicati dal programma del 1420 (3¾ braccia la calotta interna, 2 braccia l'intercapedine; la calotta esterna, più sottile, è indicativa); ottagono regolare idealizzato con circa 45 m tra le facce interne.

2.3.2 Il profilo «a quinto acuto»

Il programma del 1420 stabilisce anche la curvatura: la calotta interna, negli angoli, va voltata «a misura di quinto acuto». Il **quinto acuto** è un modo di tracciare un arco acuto (Figura 2.2). Si prende la luce D da coprire, qui la distanza tra due angoli opposti dell'ottagono; la si divide in cinque parti; ciascuna metà dell'arco è un arco di circonferenza con il centro sulla linea d'imposta, a un quinto della luce dall'imposta opposta, e quindi con raggio pari ai quattro quinti della luce. I due archi si incontrano in alto formando una punta.

Perché un arco acuto e non a tutto sesto? Hai visto nel terzo anno, studiando il gotico, che un arco acuto spinge meno verso l'esterno di un arco a tutto sesto della stessa luce, perché il suo peso scende più vicino alla verticale. Per una volta così ampia, priva di contrafforti esterni, era un vantaggio decisivo. Inoltre un profilo più alto e più ripido permetteva ai muratori di posare i mattoni con un'inclinazione minore rispetto all'orizzontale per buona parte della salita. Vasari, riportando il programma, parla di «quarto acuto»: è una delle discrepanze tra le fonti che lo storico deve segnalare; qui seguiamo il documento dell'Opera.

Sezione schematica lungo la diagonale (profilo degli angoli)

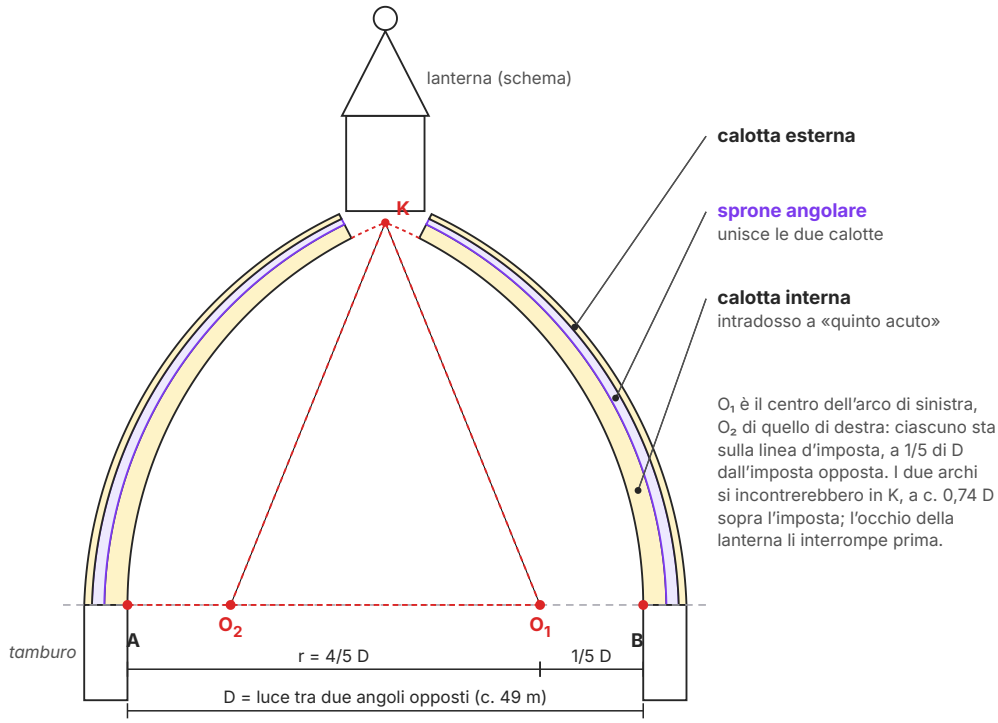


Figura 2.2 Il profilo della cupola negli angoli. Sezione schematica lungo la diagonale dell'ottagono: la calotta interna è tracciata a quinto acuto, con i centri O_1 e O_2 sulla linea d'imposta e raggio pari ai 4/5 della luce D; lungo la diagonale le due calotte sono unite dallo sprone angolare. Spessori semplificati.

ESEMPIO SVOLTO

Quanto è alta una volta a quinto acuto?

Problema. La luce tra due angoli opposti dell'ottagono interno è D. Calcola l'altezza h del punto K in cui si incontrerebbero i due archi a quinto acuto e confrontala con quella di un arco a tutto sesto della stessa luce. Poi applica il risultato alla cupola, sapendo che la distanza tra due facce opposte è di circa 45 m.

1. Il raggio. Il centro O_1 dell'arco che parte da A sta sulla linea d'imposta a 4/5 D da A: il raggio è r = 0,8 D.

2. Il punto più alto. K sta sulla verticale di mezzo, a D/2 da A, quindi a 0,8 D − 0,5 D = 0,3 D da O_1 in orizzontale. Per il teorema di Pitagora: $h = \sqrt{(r^2 - (0{,}3\ D)^2)} = \sqrt{(0{,}64 - 0{,}09)} \cdot D = \sqrt{0{,}55} \cdot D \approx 0{,}742$ D.

3. Il confronto. Un arco a tutto sesto della stessa luce è alto D/2 = 0,5 D. Il quinto acuto è circa 1,48 volte più alto.

4. La cupola. In un ottagono regolare la distanza tra due angoli opposti è quella tra due facce divisa per cos 22,5°: D ≈ 45 m / 0,924 ≈ 48,7 m. Allora h ≈ 0,742 · 48,7 m ≈ 36,1 m, contro i 24,4 m di un arco a tutto sesto. In realtà i due archi non arrivano a incontrarsi: si interrompono prima, all'anello dell'occhio su cui poggia la lanterna. Il risultato è un ordine di grandezza, perché l'ottagono reale non è perfettamente regolare.

2.3.3 Catene e spinapesce

Una cupola tende ad aprirsi alla base, come un ombrello che si allarga sotto un peso. Per contrastare questa spinta il programma prescriveva di cingere la muratura con anelli orizzontali, le **catene**: cerchi di grandi blocchi di arenaria (il *macigno*) uniti da spranghe di ferro, e catene di legno di quercia. Le indagini sulla cupola costruita hanno ritrovato catene di blocchi di arenaria collegati da grappe metalliche e una catena di legno di castagno, formata da ventiquattro travi unite da staffe di ferro, nella parte bassa. Quanto queste catene lavorino davvero è ancora discusso, ma l'idea di «legare» la cupola in orizzontale era corretta.

Il segreto più celebre è però nella disposizione dei mattoni. Nella muratura a **spinapesce** la maggior parte dei mattoni è posata in piano, a corsi; a intervalli regolari, alcuni mattoni sono messi *per coltello*, cioè in verticale, e sporgono sopra il corso (Figura 2.3). Il corso successivo viene murato tra questi mattoni verticali, che lo tengono fermo come cunei mentre la malta fa presa; da un corso all'altro i mattoni verticali si spostano di un tratto e disegnano sulla superficie delle linee oblique, la «spina». Così ogni anello di mattoni, appena chiuso, si regge da sé e sostiene il successivo, anche nella parte alta, dove la volta è molto inclinata. Secondo una delle interpretazioni più diffuse, proposta indipendentemente da Salvatore Di Pasquale e Rowland Mainstone, le linee della spina servivano anche a guidare i muratori lungo superfici ideali di rotazione nascoste nello spessore della volta ottagonale.

La muratura a spinapesce (schema, non in scala)

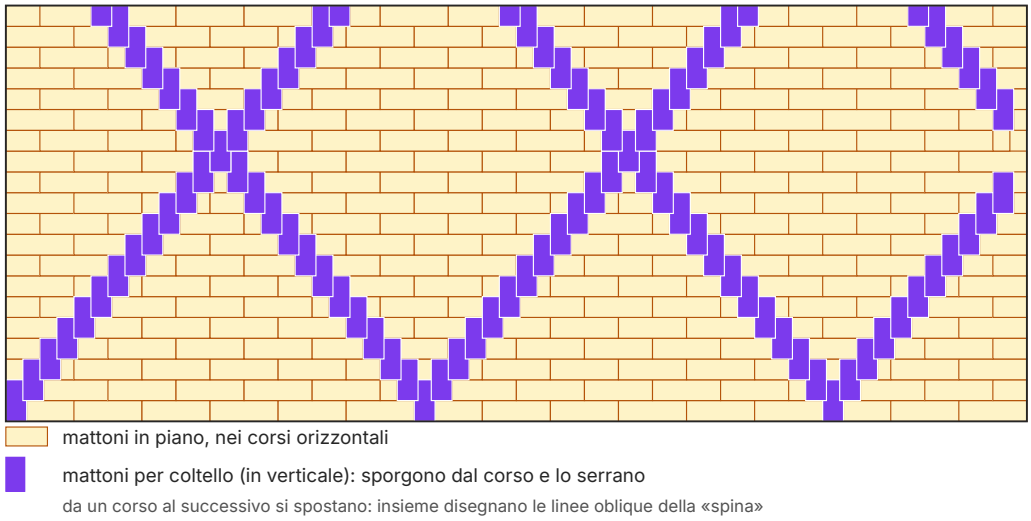


Figura 2.3 La muratura a spinapesce. Schema di una porzione di parete: i mattoni in piano formano i corsi; quelli posati per coltello sporgono, serrano il corso successivo e, spostandosi da un corso all'altro, disegnano le linee oblique della «spina».

IN SINTESI

Come è fatta la cupola

- **forma**: volta a padiglione su pianta ottagonale, c. 45 m tra le facce interne;
- **profilo**: negli angoli, a quinto acuto (raggio = 4/5 della luce);
- **struttura**: due calotte, interna più spessa ed esterna più sottile, con un'intercapedine percorribile;
- **sproni**: 24, otto angolari e sedici intermedi, uniti in alto dal serraglio;
- **catene**: anelli di arenaria e di legno contro la spinta verso l'esterno;
- **muratura**: pietra nella parte bassa, poi mattoni a spinapesce;
- **costruzione**: senza centina, con ponteggi sospesi e macchine per sollevare i materiali.

2.3.4 Il cantiere, le macchine, la lanterna

Per alzare fino a cinquanta e poi a ottanta metri d'altezza mattoni, pietre, malta e acqua, Brunelleschi progettò le macchine del cantiere. La più famosa è un argano mosso da buoi che giravano in tondo: un sistema di ruote dentate permetteva di invertire il moto, cioè di far scendere

il carico, senza staccare gli animali e farli girare nel senso opposto. Vasari ricorda che con contrappesi e ruote «un sol bue tirava quanto arebbono appena tirato sei paia». Altre gru servivano a spostare i blocchi in orizzontale una volta arrivati in alto. Queste macchine furono studiate e disegnate per decenni: le ritroviamo nei taccuini di Bonaccorso Ghiberti, nipote di Lorenzo, e di Leonardo, che nel cap. 9 vedremo ingegnere oltre che pittore.

Il 25 marzo 1436, festa dell'Annunciazione, papa Eugenio IV, che in quegli anni risiedeva a Firenze, consacrò la cattedrale. La cupola fu chiusa il 30 agosto dello stesso anno, quando il vescovo di Fiesole ne benedisse la chiusura. In quei mesi Leon Battista Alberti, dedicando a Brunelleschi il suo trattato sulla pittura, scriveva di quella «struttura sì grande» che era stata «fatta sanza alcuno aiuto di travamenti o di copia di legname»: senza centine e senza abbondanza di legname. Era, per lui, un'impresa che forse neppure gli antichi avrebbero saputo compiere.

Restava la lanterna, la piccola torre aperta da finestre che corona la cupola, fa entrare la luce dall'alto e con il suo peso «carica» il serraglio, aiutando gli sproni a stare uniti. Nel 1436 un nuovo concorso premiò il modello di Brunelleschi, ma i lavori cominciarono solo nel 1446, poco prima della sua morte. La continuarono Michelozzo e poi Antonio Manetti Ciaccheri (da non confondere con il biografo Antonio di Tuccio Manetti), che la finì nel 1461. Nel 1471 la bottega di Andrea del Verrocchio collocò in cima la palla di rame dorato con la croce. Dal pavimento alla croce l'edificio misura circa 116 metri.

DA RICORDARE

La cupola in otto date

- **1296**: Arnolfo di Cambio inizia la nuova cattedrale (terzo anno);
- **1367**: il modello approvato dall'Opera fissa la crociera ottagonale;
- **19 agosto 1418**: bando del concorso per la cupola;
- **7 agosto 1420**: inizio dei lavori, secondo il programma dello stesso anno;
- **25 marzo 1436**: Eugenio IV consacra la cattedrale;
- **30 agosto 1436**: la cupola è chiusa al serraglio;
- **1446–1461**: costruzione della lanterna; Brunelleschi muore nel 1446;
- **1471**: la palla di Verrocchio sulla lanterna.

CONSERVARE E RESTAURARE: LA CUPOLA E IL SUO «GIUDIZIO»

La cupola ha quasi seicento anni e porta un peso enorme, stimato in decine di migliaia di tonnellate. Da secoli nella calotta interna si vedono crepe che corrono dall'imposta verso l'alto, soprattutto su alcune vele, e da secoli i fiorentini le osservano con preoccupazione. Nel Novecento la sorveglianza è diventata scientifica: una prima commissione ministeriale la studiò tra il 1934 e il 1937, altre seguirono nel dopoguerra, e dal 1987 l'Opera di Santa Maria del Fiore affianca alle misure manuali un sistema automatico di sensori che registra continuamente l'ampiezza delle fessure, gli spostamenti e le temperature. È un esempio di **conservazione preventiva** applicata a un edificio: capire come la struttura si muove, distinguendo le oscillazioni stagionali da un peggioramento, prima di decidere se intervenire.

La superficie interna della cupola ha una sua storia. Brunelleschi aveva pensato a una decorazione a mosaico, mai eseguita. Nel 1572 il granduca Cosimo I affidò a Giorgio Vasari un immenso *Giudizio universale*; alla morte di Vasari (1574) era finita solo la parte più alta, e Federico Zuccari completò il ciclo nel 1579, in gran parte dipingendo a secco. Proprio la tecnica a secco ha reso la pittura fragile: polvere, fumo delle candele e infiltrazioni l'avevano offuscata. Il restauro, preceduto da anni di studi su ponteggi montati all'interno della cupola dai primi anni Ottanta, si è concluso nel 1994. Anche la lanterna ha subito danni: nel 1601 un fulmine fece cadere la palla di Verrocchio, rimessa al suo posto l'anno dopo. Dal 1982 il centro storico di Firenze è iscritto nella Lista del Patrimonio mondiale dell'UNESCO.

COLLEGAMENTI

Latino e Musica: «Nuper rosarum flores»

Per la consacrazione del 25 marzo 1436 il musicista fiammingo **Guillaume Dufay** compose un mottetto a quattro voci su un testo latino in onore della Vergine «del Fiore». La seconda strofa racconta la cerimonia: «*Hodie vicarius / Iesu Christi et Petri / successor Eugenius / hoc idem amplissimum / sacris templum manibus / sanctisque liquoribus / consecrare dignatus est*»: «Oggi il vicario di Gesù Cristo e successore di Pietro, Eugenio, si è degnato di consacrare con le sue sacre mani e con i santi unguenti questo stesso vastissimo tempio» (traduzione della redazione). Nella prima strofa la chiesa è detta *grandis templum machinae*, «tempio di grande struttura»: la stessa parola, *machina*, che tornerà nell'epitaffio di Brunelleschi.

Si è a lungo sostenuto che le proporzioni musicali del mottetto riproducessero quelle della cattedrale; studi più recenti hanno mostrato che derivano piuttosto dalle misure del Tempio di Salomone descritte nella Bibbia. La data non è casuale: a Firenze l'anno cominciava proprio il 25 marzo, giorno dell'Incarnazione (lo «stile fiorentino»), e la città consacrava la sua cattedrale nel primo giorno del 1436.

2.4 Una nuova lingua per l'architettura

Mentre saliva la cupola, Brunelleschi progettava altri edifici in cui il problema non era la tecnica ma il linguaggio. Qui riprende dall'architettura romana gli elementi che hai studiato nel terzo anno, colonne, capitelli corinzi, archi a tutto sesto, trabeazioni, ma li usa in un modo nuovo: ogni parte è misurata su un'unità comune, e la struttura si legge con chiarezza grazie al contrasto tra la pietra grigia e l'intonaco bianco.

2.4.1 Lo Spedale degli Innocenti

Nel 1419 l'Arte della Seta, detta anche di Por Santa Maria, che amministrava il lascito del mercante pratese Francesco Datini, avviò su progetto di Brunelleschi la costruzione di un ospedale per i bambini abbandonati, lo **Spedale degli Innocenti**, sull'attuale piazza della Santissima Annunziata. Fu inaugurato il 25 gennaio 1445. La parte più celebre è il **loggiato** sulla piazza (Figura 2.4): nove arcate a tutto sesto su colonne, sopra una gradinata, coperte da campate quadrate con volte a vela.

Il loggiato dello Spedale degli Innocenti: prospetto e pianta (schemi)

m = modulo di 10 braccia (c. 5,8 m): luce tra le colonne, profondità della loggia, altezza delle colonne fino al pulvino, diametro degli archi. Davanzale delle finestre a 2m, finestre alte m/2. Nei pennacchi i tondi di Andrea della Robbia (c. 1487).

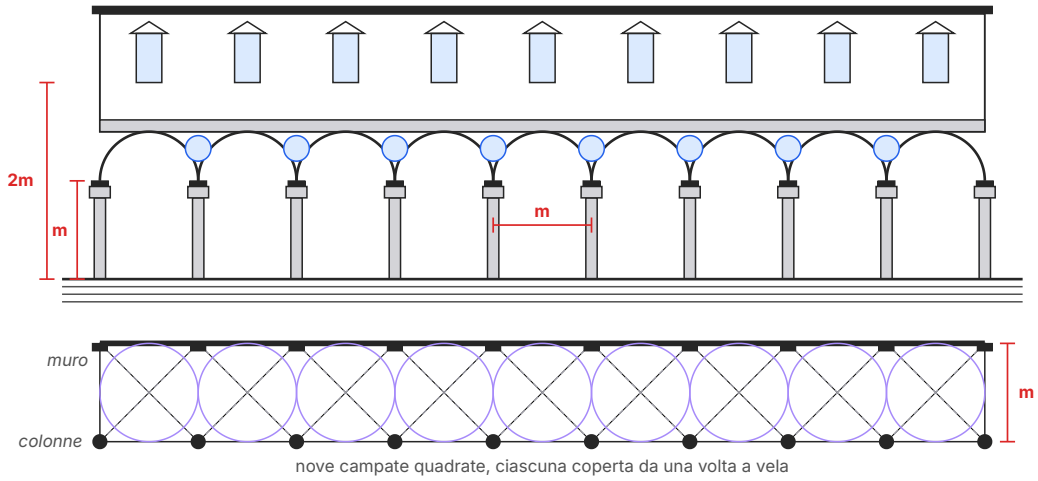


Figura 2.4 Lo Spedale degli Innocenti: il loggiato su piazza della Santissima Annunziata. Prospetto e pianta schematici delle nove campate, misurate sul modulo m di 10 braccia; nella pianta le diagonali tratteggiate indicano le volte a vela.

Tutto è governato da un **modulo**: come sai dal terzo anno, una misura di base che si ripete e da cui derivano, per multipli e frazioni semplici, le dimensioni di tutte le parti. Qui il modulo è di 10 braccia fiorentine (il braccio, unità di misura di Firenze, vale circa 58,4 cm), cioè circa 5,8 m: è la distanza tra le colonne, la profondità del portico, l'altezza delle colonne fino al pulvino, il diametro degli archi. Anche il piano superiore vi si adegua: il davanzale delle finestre sta a due moduli dal pavimento del portico, e le finestre sono alte mezzo modulo. Ogni campata è dunque un quadrato in pianta e, idealmente, un cubo sormontato da una mezza sfera. Chi cammina sotto il portico percepisce un ritmo semplice e regolare, che si capisce a colpo d'occhio.

Le colonne e gli archi sono di **pietra serena**, un'arenaria grigio-azzurra delle colline intorno a Firenze, facile da lavorare ma delicata agli agenti atmosferici; le pareti sono intonacate di bianco. Questa bicromia diventerà la firma dell'architettura fiorentina per più di un secolo. Brunelleschi non seguì il cantiere fino alla fine: lo lasciò al suo collaboratore Francesco della Luna, che modificò alcuni dettagli. Vasari racconta che, rimproverato da Filippo per un architrave piegato ad angolo, Francesco si giustificò dicendo di averlo copiato dal Battistero, e Filippo rispose: «Un error solo è in quello edifizio, e tu l'hai messo in opera».

ESEMPIO SVOLTO

Scheda di lettura: il loggiato dello Spedale degli Innocenti

1. Dati. Filippo Brunelleschi, loggiato dello Spedale degli Innocenti, dal 1419 (l'ospedale è inaugurato nel 1445); colonne, archi e membrature in pietra serena, pareti intonacate; Firenze, piazza della Santissima Annunziata.

2. Descrizione e iconografia. Una gradinata sale dalla piazza al portico, di nove arcate a tutto sesto su colonne con capitelli corinzi e pulvino; sopra gli archi corre una trabeazione, e più in alto il piano superiore con una finestra con timpano sopra ogni arcata. Nei pennacchi tra gli archi, i tondi in terracotta invetriata di Andrea della Robbia (c. 1487) mostrano neonati in fasce su fondo azzurro: l'immagine dichiara la funzione dell'edificio.

3. Analisi formale. Tutto deriva dal modulo di 10 braccia: luce degli archi, profondità e altezza delle campate (Figura 2.4). Il ritmo è uniforme, senza un centro accentuato; la bicromia grigio-bianco rende leggibile la struttura. Gli elementi sono classici, ma non copiati da un solo monumento antico: Brunelleschi li ricava anche dal romanico fiorentino, dal Battistero e da chiese come Santi Apostoli, che a Firenze si credevano antichi.

4. Funzione e committenza. Un ospedale per l'infanzia abbandonata, voluto da una corporazione e finanziato da un lascito privato: un'opera di carità civica. Il portico, aperto sulla piazza, è uno spazio pubblico di accoglienza tra la città e l'istituto.

5. Contesto. La Firenze repubblicana delle Arti, negli anni in cui la città, scampata alla minaccia viscontea (cap. 1), celebra la sua libertà con opere pubbliche; l'edificio è il primo cantiere avviato da Brunelleschi, contemporaneo al concorso per la cupola. Nel Cinquecento la piazza fu completata da un portico di fronte che riprende quello di Brunelleschi.

6. Conservazione. L'edificio non è giunto com'era stato pensato: secondo gli studi, il piano finestrato sopra il portico fu un'aggiunta di Francesco della Luna, mentre Brunelleschi aveva previsto una copertura più semplice. Nel 1845 un restauro consolidò e sostituì le colonne danneggiate dal terremoto del 1842; i due tondi alle estremità sono imitazioni ottocentesche. L'istituto accoglie bambini ancora oggi, e nell'edificio ha sede il Museo degli Innocenti.

2.4.2 La Sagrestia Vecchia

Tra il 1421 e il 1428 Brunelleschi costruì, per il banchiere **Giovanni di Bicci de' Medici**, padre di Cosimo il Vecchio, la sagrestia della chiesa di San Lorenzo, che serviva anche da cappella funeraria della famiglia: è la **Sagrestia Vecchia**, così chiamata un secolo dopo per distinguerla da quella «nuova» di Michelangelo (cap. 11). È l'unica sua opera interamente compiuta da lui (Figura 2.5).

L'aula è un cubo, con il lato di 20 braccia. Le pareti sono scandite da paraste e da una trabeazione di pietra serena; sopra la trabeazione quattro grandi archi a tutto sesto, uno per lato, e negli angoli quattro pennacchi (come sai dal terzo anno, i triangoli sferici che raccordano un

vano quadrato con la base circolare di una cupola). Sopra si alza una **cupola a ombrello**, divisa da costoloni in dodici spicchi concavi, ciascuno con un oculo alla base. Sul lato sud si apre la **scarsella**, una piccola cappella quadrata che contiene l'altare, di lato pari a un terzo dell'aula e coperta da una cupoletta, su cui è dipinto un cielo stellato. In altezza la sagrestia si divide in tre fasce uguali, ciascuna pari a metà del lato: le pareti, la zona degli archi e dei pennacchi, la cupola. Quadrato, cerchio, cubo e sfera: le figure più semplici della geometria diventano un ambiente. Più tardi Donatello, il protagonista del cap. 3, vi aggiunse rilievi in stucco e porte di bronzo, e Manetti lascia intendere che quelle aggiunte non rispettavano ciò che Filippo aveva ordinato.

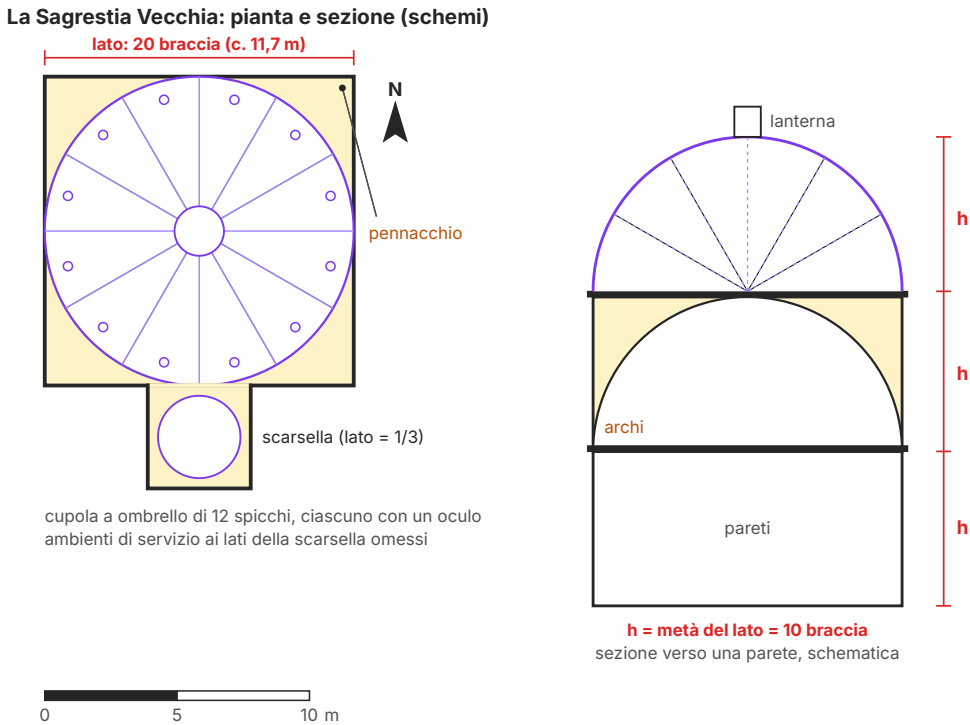


Figura 2.5 La Sagrestia Vecchia di San Lorenzo. Pianta e sezione schematiche: l'aula quadrata di 20 braccia, la cupola a ombrello di dodici spicchi sui pennacchi, la scarsella di lato pari a un terzo; in sezione tre fasce di uguale altezza.

2.4.3 San Lorenzo e Santo Spirito

Dal 1421 i Medici e il priore di San Lorenzo affidarono a Brunelleschi anche la ricostruzione dell'intera chiesa. **San Lorenzo** è una basilica a croce latina a tre navate, come le grandi chiese fiorentine del Trecento, ma rifondata sul modulo: la campata quadrata delle navate laterali, di 11 braccia, è l'unità; la navata centrale è larga il doppio. Le colonne di pietra serena portano sopra il capitello corinzio un **dado brunelleschiano**, un blocco cubico che riproduce un tratto

di trabeazione e su cui si impostano gli archi, alzando il punto di partenza delle arcate. I lavori furono lenti: dopo la morte di Brunelleschi li diresse dal 1457 Antonio Manetti Ciaccheri, e le cappelle lungo le navate furono realizzate in forma diversa dal progetto. La facciata è rimasta incompiuta fino a oggi.

Il progetto di **Santo Spirito**, la chiesa degli agostiniani in Oltrarno, è più tardo (dal 1434 circa) e più radicale; i lavori cominciarono nel 1444. Qui le navate laterali girano intorno a tutta la croce, lungo i bracci del transetto e il presbiterio, e a ogni campata corrisponde una cappella a nicchia semicircolare: in tutto circa quaranta, comprese quelle previste sulla controfacciata (Figura 2.6). La larghezza interna misura cinque moduli: mezzo per ciascuna fila di nicchie, uno per ciascuna navata laterale, due per la navata centrale, circa 32 metri in tutto. I continuatori modificarono alcune idee del maestro: rinunciarono alle quattro porte della facciata, che avrebbe dovuto continuare il giro delle nicchie, coprirono la navata con un soffitto piano invece che con una volta, e chiusero all'esterno le curve delle nicchie in un muro diritto.

Santo Spirito: il modulo in pianta (porzione della navata, schema)

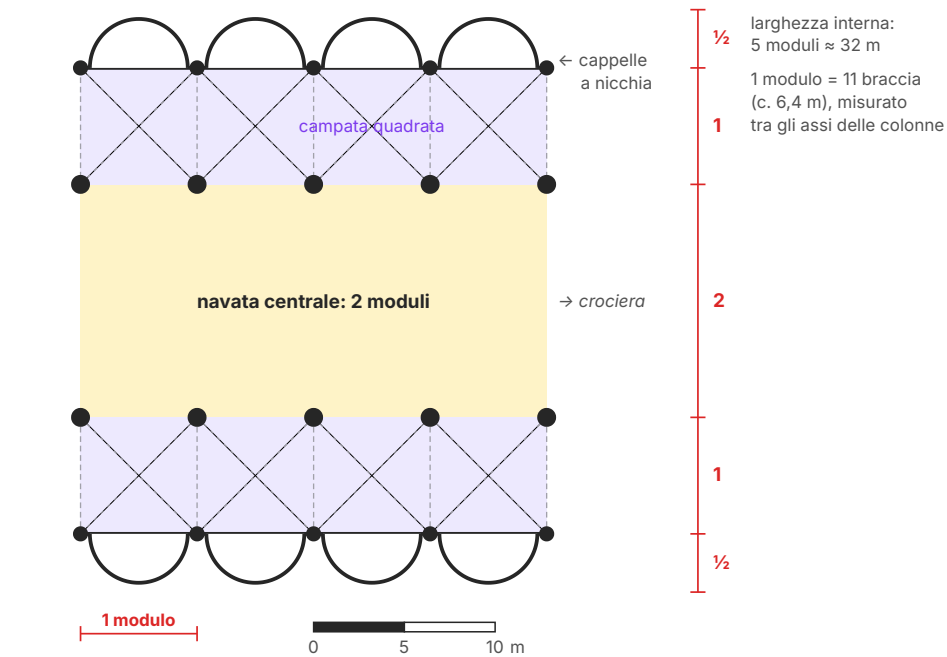


Figura 2.6 Santo Spirito: il modulo in pianta. Porzione schematica della navata: campate quadrate di 11 braccia (c. 6,4 m) nelle navate laterali, navata centrale di due moduli, cappelle a nicchia semicircolare; in tutto cinque moduli, circa 32 m di larghezza interna.

Tabella 2.1 Tre edifici di Brunelleschi a confronto.

	Spedale degli Innocenti	San Lorenzo	Santo Spirito
Committenza	Arte della Seta (lascito Datini)	Medici e capitolo di San Lorenzo	frati agostiniani e famiglie dell'Oltrarno
Inizio	1419	c. 1421	1444 (progetto dal 1434 c.)
Modulo	10 braccia	11 braccia	11 braccia
Spazio	loggiato di nove campate quadrate	croce latina, tre navate, navata centrale di due moduli	croce latina con navate che girano su tutto il perimetro
Cappelle	—	lungo le navate, eseguite in forma diversa dal progetto	nicchie semicircolari, una per campata
Continuatori e modifiche	Francesco della Luna: piano superiore (c. 1436)	Antonio Manetti Ciaccheri (dal 1457): cappelle diverse dal progetto	dopo il 1446: soffitto piano, facciata a una porta

Il confronto (Tabella 2.1) mostra il cammino di Brunelleschi: dal portico civile alla chiesa, dall'applicazione del modulo a una sola fila di campate fino a un edificio in cui ogni spazio, dalla navata alla cappella, è una combinazione dello stesso quadrato.

2.4.4 La Cappella Pazzi e la Rotonda degli Angeli

Nel primo chiostro di Santa Croce sorge la **Cappella Pazzi**, sala capitolare dei francescani e cappella della famiglia di Andrea de' Pazzi, con una cupola a ombrello di dodici spicchi come quella della Sagrestia Vecchia e un portico sulla facciata. Il coinvolgimento di Brunelleschi è datato di solito intorno al 1429, ma la costruzione procedette soprattutto dal 1442 e si protrasse per decenni dopo la sua morte: quanto spetti a lui, in particolare il portico, è discusso. Nel 1434, infine, per il monastero camaldolese di Santa Maria degli Angeli progettò la **Rotonda**, un ottagono con otto cappelle intorno a un vano centrale coperto da cupola: è il primo edificio a pianta centrale del Rinascimento. Il cantiere si fermò nel 1437, quando la Repubblica usò il denaro del lascito per la guerra contro Lucca, e l'edificio fu completato solo nel Novecento, negli anni Trenta. La pianta centrale, la forma «perfetta» del cerchio e del poligono regolare, sarà uno dei grandi temi dell'architettura del Rinascimento, fino al Tempietto di Bramante (cap. 10).

2.5 Lo sguardo misurato: l'esperimento delle tavolette

Brunelleschi non fu pittore, ma fu il primo, secondo Manetti, a dimostrare che si può rappresentare un edificio su una superficie piana con regole esatte, così che il dipinto coincida con ciò che l'occhio vede. Lo fece con due piccoli dipinti su tavola, oggi perduti, la cui data non è nota: probabilmente nei primi decenni del Quattrocento.

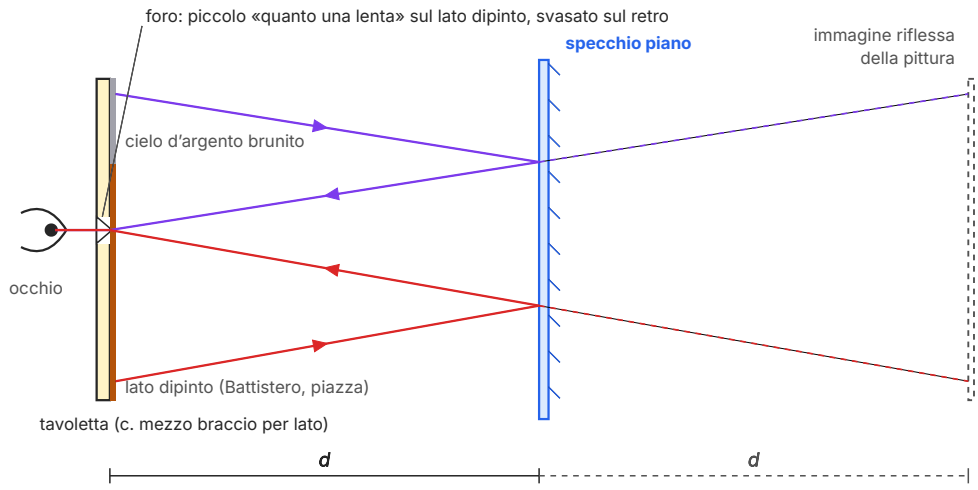
2.5.1 Il Battistero visto dalla porta del Duomo

Il primo era una tavoletta di circa mezzo braccio per lato, su cui Filippo aveva dipinto il Battistero di San Giovanni come si vedeva stando dentro la porta centrale di Santa Maria del Fiore, «qualche braccia tre» all'interno, con una parte della piazza ai lati. Il cielo non era dipinto: al suo posto c'era argento brunito, che rifletteva il cielo vero e le nuvole «menati dal vento». Ma la vera invenzione era il modo di guardarlo (Figura 2.7). Manetti spiega che il pittore deve presupporre «uno luogo solo, donde s'ha a vedere la sua dipintura», alla giusta altezza e distanza, perché spostandosi cambia ciò che l'occhio vede. Perciò Filippo «aveva fatto un buco nella tavoletta dov'era questa dipintura»; e precisa:

«el quale buco era piccolo quanto una lenta da lo lato della dipintura, e da rovescio si rallargava piramidalmente, come fa uno cappello di paglia da donna». *Parafrasi*: aveva praticato un foro nella tavoletta dipinta, piccolo come una lenticchia sul lato della pittura e svasato a cono sul retro, come la tesa di un cappello di paglia.

Il foro era nel punto del dipinto che corrispondeva a ciò che l'occhio aveva di fronte, guardando dritto dalla porta del Duomo verso il Battistero. Chi voleva vedere doveva accostare l'occhio al retro della tavoletta, guardare attraverso il foro e tenere con l'altra mano uno specchio piano di fronte, a distanza calcolata: nello specchio vedeva riflessa la pittura. Abbassando lo specchio, dallo stesso foro vedeva il Battistero vero. Il dipinto e la realtà si sovrapponevano al punto che, scrive Manetti, «pareva che si vedessi 'l propio vero»; e aggiunge di aver avuto la tavoletta in mano «più volte». La seconda tavola mostrava piazza della Signoria e il palazzo dei Priori visto di scorcio: era più grande, non aveva il foro, e il cielo era stato ritagliato lungo il profilo degli edifici, perché si vedesse quello reale.

La tavoletta del Battistero: come si guardava (schema in vista laterale)



La luce va dal lato dipinto allo specchio e torna all'occhio attraverso il foro: l'immagine riflessa appare a distanza 2d. Togliendo lo specchio, dallo stesso foro si vedeva il Battistero vero, dal punto in cui il pittore lo aveva ritratto.

Figura 2.7 L'esperimento della tavoletta del Battistero, secondo Manetti. Vista laterale schematica: l'occhio guarda dal retro attraverso il foro; la luce va dal lato dipinto allo specchio e torna al foro, e l'immagine riflessa della pittura appare a distanza doppia di quella tra tavoletta e specchio.

Che cosa dimostrava l'esperimento? Che un'immagine costruita per un solo punto di vista, fisso in altezza e in distanza, può riprodurre esattamente ciò che l'occhio vede da quel punto. È il principio della prospettiva, che Brunelleschi non mise per iscritto: lo farà Alberti nel *De pictura* (1435), e lo applicherà Masaccio, come vedrai nel cap. 4. Non conosciamo il metodo geometrico usato da Filippo: probabilmente ricavò il disegno da una pianta e da un alzato degli edifici, come un architetto, e non da regole di bottega. Manetti ricorda che Paolo Uccello e altri pittori provarono a imitare quelle tavole senza riuscirci.

COLLEGAMENTI

Fisica: lo specchio piano

Per la legge della riflessione, un raggio di luce che colpisce uno specchio piano forma con la perpendicolare allo specchio un angolo uguale a quello del raggio riflesso. Ne segue che l'immagine di un oggetto si forma dietro lo specchio, alla stessa distanza a cui l'oggetto sta davanti. Se la tavoletta dista d dallo specchio, l'occhio, che sta attaccato alla tavoletta, vede la pittura come se fosse a distanza 2d. Per questo Manetti dice che la distanza dello specchio stava alle sue «braccia piccoline» come la distanza reale dal Battistero stava alle braccia vere: tavoletta e specchio formavano un modello in scala della piazza.

Lo specchio inoltre scambia la destra con la sinistra. Pensa a che cosa questo comportava per chi doveva dipingere la tavoletta: lo riprenderai negli esercizi.

2.5.2 L'architetto, un intellettuale

Nel cantiere medievale il capomastro era il primo dei muratori: lavorava con le sue mani, conosceva i segreti del mestiere e li trasmetteva nella bottega. Brunelleschi cambiò questo ruolo. Progettava con disegni e **modelli**, cioè riproduzioni in scala ridotta, di legno o di muratura, che servivano a decidere la forma e a guidare l'esecuzione; scriveva istruzioni come il programma del 1420; inventava le macchine; teneva per sé, a volte, le soluzioni, per evitare che altri se ne attribuissero il merito. L'architetto diventava un intellettuale, che lavora con la mente prima che con le mani: un'idea che Alberti teorizzerà nel *De re aedificatoria* (cap. 5).

Questa novità creò anche conflitti. Nell'agosto del 1434 Brunelleschi, che era iscritto all'Arte della Seta come orafo, fu fatto arrestare dall'Arte dei Maestri di Pietra e di Legname, la corporazione dei muratori, per non averle pagato la tassa che spettava a chi esercitava quel mestiere. L'Opera del Duomo reagì facendo arrestare un console di quell'Arte, e Filippo tornò presto al lavoro. Alla sua morte, nella notte tra il 15 e il 16 aprile 1446, la città gli concesse l'onore della sepoltura nella cattedrale, con un epitaffio latino che lo paragona a Dedalo e un ritratto scolpito dal figlio adottivo, il Buggiano. La tomba, di cui si era persa la posizione, fu ritrovata nel 1972 durante gli scavi dell'antica cattedrale di Santa Reparata, sotto il pavimento del Duomo.

APPROFONDIMENTO

Il «Badalone» e un brevetto del 1421

Il 19 giugno 1421 il governo di Firenze concesse a Brunelleschi un privilegio di tre anni: nessun altro avrebbe potuto usare sull'Arno, senza il suo permesso, un nuovo tipo di imbarcazione da lui ideata per trasportare carichi pesanti, come il marmo per la cupola. Il documento spiega che Filippo non voleva rendere pubblica la sua invenzione se altri avessero potuto raccoglierne i frutti: per questo è spesso citato tra i primi brevetti industriali della storia. Dell'imbarcazione, che i fiorentini chiamarono il *Badalone*, sappiamo poco; le fonti concordano solo sul fatto che ebbe una fine sfortunata. Il caso mostra quanto Brunelleschi considerasse le sue invenzioni una proprietà intellettuale, da difendere come un mercante difende un segreto commerciale.

COLLEGAMENTI

Latino: l'«arte di Dedalo»

L'epitaffio di Brunelleschi nel Duomo, che Vasari trascrive nelle *Vite* (1568), comincia celebrando la sua *ars daedalea*, l'«arte di Dedalo». Nel mito greco Dedalo è l'artefice per eccellenza: costruisce il labirinto di Cnosso per il re Minosse e, prigioniero a Creta, fabbrica per sé e per il figlio Icaro le ali di penne e cera. Ovidio, nel libro VIII delle *Metamorfosi*, descrive così il momento dell'invenzione: «*ignotas animum dimittit in artes / naturamque novat*» (VIII 188–189): «rivolge la mente ad arti sconosciute e rinnova la natura» (traduzione della redazione).

Per i fiorentini colti del Quattrocento, che leggevano Ovidio, il paragone era preciso: Brunelleschi era l'architetto che aveva inventato macchine mai viste e una costruzione che sembrava sfidare la natura. Nell'epitaffio la cupola è detta *testudo*, la parola latina che Vitruvio usa per le coperture a volta.

SINTESI

- Filippo Brunelleschi (1377–1446) si formò come orafo; dopo il concorso del 1401 studiò, secondo il biografo Antonio Manetti, gli edifici antichi di Roma con Donatello: un racconto senza date, da leggere con prudenza.
- La cupola di Santa Maria del Fiore doveva coprire una crociera ottagonale di circa 45 m tra le facce, su un tamburo a più di cinquanta metri da terra: una centina di legno di quella misura era impraticabile.
- Dopo il concorso del 1418, i lavori cominciarono il 7 agosto 1420 secondo un programma scritto: la cupola fu chiusa il 30 agosto 1436, dopo la consacrazione della cattedrale da parte di Eugenio IV (25 marzo 1436).
- La cupola è una volta a padiglione con due calotte separate da un'intercapedine percorribile, legate da 24 sproni (8 angolari e 16 intermedi) e cinte da catene di arenaria e di legno.
- Il profilo negli angoli è a quinto acuto: ciascun arco ha raggio pari ai 4/5 della luce e il centro sulla linea d'imposta; il profilo acuto riduce la spinta verso l'esterno.
- La muratura a spinapesce, con mattoni per coltello che serrano i corsi, rese ogni anello autoportante durante la costruzione; argani e gru progettati da Brunelleschi sollevavano i materiali.
- La lanterna, su modello di Brunelleschi, fu costruita dal 1446 al 1461; la palla di Verrocchio fu posta nel 1471.
- Nello Spedale degli Innocenti (dal 1419) un modulo di 10 braccia regola tutte le misure; colonne e archi di pietra serena risaltano sull'intonaco bianco.
- La Sagrestia Vecchia (1421–1428) combina cubo e cupola a ombrello su pennacchi; San Lorenzo (dal 1421 c.) e Santo Spirito (dal 1444) applicano il modulo a intere basiliche; Cappella Pazzi (datazione e attribuzione discusse) e Rotonda degli Angeli (prima pianta centrale) completano il quadro.
- Con le due tavolette, descritte da Manetti, Brunelleschi dimostrò che un dipinto costruito per un solo punto di vista può coincidere con la visione reale: è l'origine della prospettiva del cap. 4.
- Brunelleschi trasformò l'architetto in un intellettuale che progetta con modelli e disegni; la cupola, sorvegliata da un sistema di monitoraggio dal 1987, e il *Giudizio* di Vasari e Zuccari, il cui restauro si è concluso nel 1994, sono oggi oggetto di tutela.

ESERCIZI

Comprendere e ricordare

1. ● In che anno cominciarono i lavori della cupola di Santa Maria del Fiore?
   - **A.** 1418
   - **B.** 1420
   - **C.** 1436
   - **D.** 1446

2. ● Secondo il programma del 1420, come va voltata la calotta interna negli angoli?
   - **A.** a tutto sesto
   - **B.** a quarto acuto
   - **C.** con un arco ribassato
   - **D.** a quinto acuto

3. ● Quanti sproni prevede il programma del 1420?
   - **A.** ventiquattro: otto negli angoli e sedici sulle facce
   - **B.** otto, uno per angolo
   - **C.** sedici, due per faccia
   - **D.** trentadue, quattro per faccia

4. ● A che cosa serve, secondo il programma, la calotta esterna?
   - **A.** a reggere da sola il peso della lanterna
   - **B.** a sostenere un mosaico mai eseguito
   - **C.** a proteggere quella interna dall'umidità e a rendere la cupola «più magnifica e gonfiata»
   - **D.** a sostituire la centina durante la costruzione

5. ● Quale corporazione promosse la costruzione dello Spedale degli Innocenti?
   - **A.** l'Arte di Calimala
   - **B.** l'Arte della Seta, o di Por Santa Maria
   - **C.** l'Arte dei Maestri di Pietra e di Legname
   - **D.** l'Arte del Cambio

6. ● Per chi fu costruita la Sagrestia Vecchia?
   - **A.** Giovanni di Bicci de' Medici
   - **B.** Cosimo il Vecchio
   - **C.** Andrea de' Pazzi
   - **D.** papa Eugenio IV

7. ● Da quale fonte conosciamo l'esperimento delle due tavolette prospettiche?
   A. dal *De pictura* di Alberti
   B. dai *Commentarii* di Ghiberti
   C. dalle *Vite* di Vasari
   D. dalla *Vita di Filippo Brunelleschi* di Antonio Manetti

8. ● In Santo Spirito, quanto è larga la navata centrale?
   A. quanto una navata laterale
   B. tre moduli
   C. due moduli
   D. mezzo modulo

9. ● Chi portò a termine la lanterna dopo la morte di Brunelleschi?
   A. Ghiberti e Donatello, nel 1446
   B. Michelozzo e poi Antonio Manetti Ciaccheri, entro il 1461
   C. Verrocchio, da solo, nel 1436
   D. Vasari e Zuccari, nel 1579

Lessico dell'arte

10. ● Definisci in una o due righe: *a*) centina; *b*) tamburo; *c*) lanterna.

11. ● Abbina ogni termine alla definizione. Termini: 1) sprone; 2) intercapedine; 3) serraglio; 4) catena. Definizioni: A) anello che chiude la volta in alto, intorno all'occhio, e su cui poggia la lanterna; B) costolone verticale che collega le due calotte; C) spazio vuoto tra le due calotte; D) cerchiatura orizzontale che contrasta l'allargamento della base.

12. ●● Vero o falso? Correggi le affermazioni false. *a*) La cupola di Firenze è una cupola di rotazione, come quella del Pantheon. *b*) Nella muratura a spinapesce alcuni mattoni sono posti per coltello. *c*) La pietra serena è un marmo bianco di Carrara. *d*) La scarsella della Sagrestia Vecchia ha il lato pari a un terzo di quello dell'aula.

13. ●● Spiega che cosa significa *modulo* nell'architettura di Brunelleschi e fai un esempio tratto dallo Spedale degli Innocenti.

14. ●● Completa: «La Sagrestia Vecchia è un'aula a pianta _____, coperta da una cupola _____ divisa in _____ spicchi, che si raccorda al quadrato per mezzo di quattro _____; l'altare sta nella _____.»

15. ●● Che cos'è il *dado brunelleschiano*? In quali edifici lo trovi e quale effetto ha sulle arcate?

Collocare nel tempo e nello spazio

16. ● Metti in ordine cronologico: consacrazione della cattedrale da parte di Eugenio IV; bando del concorso per la cupola; inizio dei lavori della cupola; inizio dei lavori di Santo Spirito; palla di Verrocchio sulla lanterna; morte di Brunelleschi; inizio dello Spedale degli Innocenti; inizio della Sagrestia Vecchia.

17. ● Abbina ogni edificio al luogo. Edifici: 1) Sagrestia Vecchia; 2) Cappella Pazzi; 3) Rotonda di Brunelleschi; 4) Spedale degli Innocenti; 5) Santo Spirito. Luoghi: A) primo chiostro di Santa Croce; B) piazza della Santissima Annunziata; C) basilica di San Lorenzo; D) Oltrarno, chiesa degli agostiniani; E) monastero camaldolese di Santa Maria degli Angeli.

18. ●● Disegna uno schizzo della pianta di Firenze con l'Arno che scorre da est a ovest. Colloca rispetto al Duomo: il Battistero, San Lorenzo, lo Spedale degli Innocenti, Santa Croce, Santo Spirito. Indica quali edifici sono a nord e quale a sud del fiume.

19. ●● Costruisci una linea del tempo proporzionale dal 1415 al 1475 (1 cm = 5 anni) e segna, con un segmento per la durata, i cantieri della cupola, della lanterna, della Sagrestia Vecchia e degli Innocenti (dall'inizio all'inaugurazione). Quali cantieri Brunelleschi segue contemporaneamente negli anni Venti?

Leggere l'opera

20. ●● Applica alla Sagrestia Vecchia le prime tre voci della scheda di lettura (dati, descrizione e iconografia, analisi formale). Usa la Figura 2.5.

21. ●● Leggi la cupola di Santa Maria del Fiore secondo le voci funzione e committenza, contesto, conservazione della scheda.

22. ●● Osserva la Figura 2.6. Spiega come il modulo determina la pianta di Santo Spirito e perché la larghezza interna è di cinque moduli. Che cosa cambiarono i continuatori rispetto al progetto?

23. ●● Il modulo degli Innocenti è di 10 braccia, e un braccio fiorentino vale c. 0,5836 m. *a*) Quanto misurano, in metri, nove moduli? *b*) A che altezza dal pavimento del portico si trova il davanzale delle finestre? *c*) Perché la lunghezza del portico reale è maggiore del risultato di *a*)?

Le fonti

24. ●● Dal programma del 1420 per la cupola (testo pubblicato da C. Guasti, 1857): «Murinsi le Cupole nel modo di sopra, senz'alcuna armadura, massime insino a braccia 30; ma da indi in su, in quel modo che sarà consigliato e deliberato per quei maestri che l'avranno a murare: perchè nel murare la pratica insegna quello che si ha da seguire». *a*) Fai la parafrasi. *b*) Quanti metri sono 30 braccia? *c*) Che cosa ci dice il passo sul rapporto tra il progetto e il cantiere?

25. ●● Dall'epitaffio di Brunelleschi nel Duomo, nella trascrizione di Vasari (1568): *Quantum Philippus architectus arte daedalea valuerit, cum huius celeberrimi templi mira testudo, tum plures aliae divino ingenio ab eo adinventae machinae documento esse possunt.* (*cum … tum* = sia … sia; *testudo* = volta, cupola; *documento esse* = essere prova). *a*) Traduci. *b*) Quali due meriti di Brunelleschi celebra il testo? *c*) Perché il paragone con Dedalo è appropriato?

26. ●●● Da A. Manetti, *Vita di Filippo di ser Brunellesco* (ed. G. Milanesi, 1887): «e da rovescio si rallargava piramidalmente, come fa uno cappello di paglia da donna, quanto sarebbe el tondo d'uno ducato o poco più. E voleva che l'occhio si ponessi da rovescio, dond'egli era largo, per chi l'avessi a vedere, e con l'una mano s'accostassi allo occhio e nell'altra tenessi uno specchio piano al dirimpetto». *a*) Fai la parafrasi. *b*) Perché il foro è svasato verso il retro? *c*) Perché l'esperimento funziona solo da un punto preciso?

Collegare e confrontare

27. ●● Confronta la cupola del Pantheon, che hai studiato nel terzo anno, con quella di Santa Maria del Fiore: forma della pianta, profilo, materiali, modo di costruzione, rapporto con la luce.

28. ●● Fisica. Nello specchio la destra e la sinistra della pittura risultano scambiate. *a*) Che cosa avrebbe dovuto fare Filippo perché l'immagine riflessa coincidesse con il Battistero vero? *b*) Se la tavoletta dista 40 cm dallo specchio, a che distanza dall'occhio appare la pittura riflessa?

29. ●●● Su un foglio, costruisci a mano libera ma con le misure un arco a quinto acuto di luce D = 10 cm: dove metti i centri? quanto vale il raggio? quanto risulta alto l'arco? Confrontalo con un arco a tutto sesto della stessa luce disegnato sulla stessa base.

Verso la verifica

30. ●● In 10–15 righe: perché la cupola di Brunelleschi è considerata l'inizio dell'architettura del Rinascimento, anche se il suo profilo acuto viene dalla tradizione gotica?

31. ●● In 10–15 righe: il modulo e il linguaggio classico negli edifici di Brunelleschi. Rispondi con almeno tre esempi.

32. ●● In 10–15 righe: come si conserva un monumento come la cupola di Santa Maria del Fiore? Parla delle crepe e del loro monitoraggio, del *Giudizio universale* e del suo restauro, e della tutela internazionale.

PER APPROFONDIRE

- VAS — G. Vasari, *Le vite* (1568): la vita di Filippo di ser Brunellesco, da leggere come racconto e come fonte da verificare (il concorso, l'uovo, Ghiberti).
- ALB — L. B. Alberti, *Della pittura*: il prologo dedicato a Brunelleschi.
- WIT — R. Wittkower, *Principi architettonici nell'età dell'Umanesimo*: proporzioni e geometria nell'architettura del Rinascimento.
- PAN — E. Panofsky, *La prospettiva come «forma simbolica»*: per collocare l'esperimento delle tavolette nella storia della rappresentazione.
- ARG — G. C. Argan, *Storia dell'arte italiana*: le pagine su Brunelleschi e lo spazio prospettico in architettura.

Glossario del capitolo

Calotta
Guscio di muratura a forma di volta; la cupola di Santa Maria del Fiore ne ha due, una interna più spessa e una esterna più sottile.

Catena
Elemento orizzontale che cinge o lega una struttura per contrastarne la spinta verso l'esterno; nella cupola, anelli di arenaria e di legno.

Centina
Armatura provvisoria di legno che sostiene un arco o una volta durante la costruzione, fino alla chiusura; detta anche armatura.

Cupola a ombrello
Cupola divisa da costoloni in spicchi concavi, come la stoffa di un ombrello aperto; ne sono esempi la Sagrestia Vecchia e la Cappella Pazzi.

Dado brunelleschiano
Blocco cubico posto sopra il capitello, che riproduce un tratto di trabeazione e su cui si impostano gli archi (San Lorenzo, Santo Spirito).

Intercapedine
Spazio vuoto tra due pareti o due calotte; nella cupola di Firenze vi passano le scale e i camminamenti.

Modello
Riproduzione in scala ridotta, di legno o di muratura, di un edificio o di una sua parte, usata per progettarlo e per guidarne la costruzione.

Modulo
Misura di base da cui derivano, per multipli e frazioni semplici, le dimensioni di tutte le parti di un edificio (10 braccia agli Innocenti, 11 a San Lorenzo e Santo Spirito).

Pietra serena
Arenaria grigio-azzurra delle colline fiorentine, usata da Brunelleschi per colonne, archi e membrature, in contrasto con l'intonaco bianco.

Quinto acuto
Tracciato di un arco acuto in cui ogni metà ha il centro sulla linea d'imposta a un quinto della luce dall'imposta opposta, e raggio pari a quattro quinti della luce.

Scarsella
Piccola cappella, di solito quadrata, che si apre su un lato di un vano maggiore e accoglie l'altare.

Serraglio
Anello di muratura che chiude in alto una cupola intorno all'occhio centrale e su cui poggia la lanterna.

Spinapesce
Muratura in cui, tra i mattoni posati in piano, alcuni sono posti per coltello e serrano i corsi, disegnando linee oblique; rende autoportanti gli anelli della cupola.

Sprone
Costolone verticale in muratura che sale lungo la cupola; a Firenze 24 sproni (8 angolari, 16 intermedi) uniscono le due calotte.

Tamburo
Corpo murario cilindrico o poligonale, spesso forato da finestre, su cui si imposta una cupola.

Volta a padiglione
Volta su pianta poligonale formata da superfici curve (vele) che si alzano dai lati e si incontrano lungo gli spigoli, come la cupola di Firenze.

Soluzioni

1. B. Il 7 agosto 1420; il 1418 è l'anno del bando del concorso, il 1436 quello della chiusura, il 1446 quello dell'inizio della lanterna.

2. D. «A misura di quinto acuto»; il «quarto acuto» è nella versione rielaborata di Vasari.

3. A. Otto sproni angolari (grossi sette braccia alla base) e sedici intermedi, due per faccia (quattro braccia).

4. C. Il programma dice: «per conservarla dallo umido; e perchè la torni più magnifica e gonfiata».

5. B. L'Arte della Seta (Por Santa Maria), che amministrava il lascito di Francesco Datini.

6. A. Per Giovanni di Bicci, padre di Cosimo, che vi è sepolto con la moglie Piccarda Bueri.

7. D. Manetti, che dice di aver avuto in mano la tavoletta del Battistero più volte.

8. C. Due moduli di 11 braccia, il doppio di una navata laterale.

9. B. Michelozzo continuò il cantiere e Antonio Manetti Ciaccheri lo concluse nel 1461; Verrocchio pose la palla nel 1471.

10. *a*) Armatura provvisoria di legno che sostiene un arco o una volta durante la costruzione, fino alla chiusura in chiave. *b*) Corpo murario cilindrico o poligonale su cui si imposta una cupola. *c*) Piccola torre aperta da finestre che corona una cupola: dà luce e con il suo peso stabilizza l'anello sommitale.

11. 1–B; 2–C; 3–A; 4–D.

12. *a*) Falso: è una volta a padiglione su pianta ottagonale, formata da otto vele. *b*) Vero. *c*) Falso: è un'arenaria grigio-azzurra delle colline fiorentine. *d*) Vero.

13. Il modulo è una misura di base da cui derivano, per multipli e frazioni semplici, tutte le dimensioni di un edificio. Agli Innocenti è di 10 braccia (c. 5,8 m): distanza tra le colonne, profondità del portico, altezza delle colonne fino al pulvino, diametro degli archi; il davanzale delle finestre è a due moduli, le finestre sono alte mezzo modulo.

14. quadrata; a ombrello; dodici; pennacchi; scarsella.

15. È un blocco cubico posto sopra il capitello corinzio, che riproduce un tratto di trabeazione e su cui si impostano gli archi. Si trova a San Lorenzo e a Santo Spirito (e, nella forma del pulvino, agli Innocenti). Alza il punto di partenza degli archi e rende le arcate più slanciate, richiamando l'idea antica che sopra la colonna poggi una trabeazione.

16. Bando del concorso (19 agosto 1418); Spedale degli Innocenti (1419); inizio della cupola (7 agosto 1420); Sagrestia Vecchia (1421); consacrazione (25 marzo 1436); Santo Spirito (1444); morte di Brunelleschi (aprile 1446); palla di Verrocchio (1471).

17. 1–C; 2–A; 3–E; 4–B; 5–D.

18. Il Battistero sta di fronte alla facciata del Duomo, a ovest; San Lorenzo poco a nord-ovest; gli Innocenti, su piazza della Santissima Annunziata, a nord-nord-est; Santa Croce a sud-est, verso il fiume; Santo Spirito a sud-ovest, oltre l'Arno. Tutti, tranne Santo Spirito, sono sulla riva destra (a nord del fiume); Santo Spirito è in Oltrarno, sulla riva sinistra.

19. Cupola 1420–1436 (da 1 a 4,2 cm dall'inizio dell'asse); lanterna 1446–1461 (da 6,2 a 9,2 cm); Sagrestia Vecchia 1421–1428 (da 1,2 a 2,6 cm); Innocenti 1419–1445 (da 0,8 a 6 cm). Negli anni Venti Brunelleschi segue insieme la cupola, gli Innocenti (che lascia poi a Francesco della Luna), la Sagrestia Vecchia e l'inizio di San Lorenzo.

20. Traccia: dati (Brunelleschi, 1421–1428, per Giovanni di Bicci de' Medici; Firenze, San Lorenzo; pietra serena e intonaco); descrizione (aula cubica di 20 braccia, paraste e trabeazione, quattro archi, pennacchi, cupola a ombrello di dodici spicchi con

oculi, scarsella con cupoletta e cielo stellato; sepoltura di Giovanni di Bicci; decorazione successiva di Donatello); analisi formale (geometria di quadrato, cerchio, cubo e sfera; tre fasce di uguale altezza, pari a metà del lato; scarsella di lato un terzo; bicromia; chiarezza della struttura).

21. Traccia: funzione e committenza (coprire la crociera della cattedrale; committente l'Opera del Duomo per conto del Comune e dell'Arte della Lana; simbolo della città); contesto (Firenze repubblicana dei primi decenni del Quattrocento, rivalità con altre città, primato tecnico; consacrazione di Eugenio IV nel 1436; elogio di Alberti); conservazione (crepe note da secoli; commissioni dal 1934; monitoraggio automatico dal 1987; *Giudizio* di Vasari e Zuccari, restauro concluso nel 1994; palla caduta nel 1601 e ricollocata; Firenze patrimonio UNESCO dal 1982).

22. La campata quadrata delle navate laterali (11 braccia) è l'unità: la navata centrale ne misura due in larghezza, ogni nicchia mezzo in profondità; ½ + 1 + 2 + 1 + ½ = 5 moduli, c. 32 m. Le navate e le nicchie girano su tutto il perimetro. I continuatori rinunciarono alle nicchie e alle quattro porte in facciata, coprirono la navata con un soffitto piano invece che con una volta e chiusero all'esterno le nicchie in un muro diritto.

23. *a*) 9 × 10 × 0,5836 m ≈ 52,5 m. *b*) Due moduli: 20 × 0,5836 m ≈ 11,7 m. *c*) Perché il conto somma soltanto le nove campate misurate sul modulo: il portico reale comprende anche lo spessore dei sostegni alle due estremità e i tratti di testata chiusi da paraste (Francesco della Luna aggiunse, per esempio, una campata cieca sulla destra).

24. *a*) Si costruiscano le due cupole nel modo descritto, senza alcuna centina, soprattutto (*massime*) fino all'altezza di 30 braccia; da lì in su si proceda nel modo che consiglieranno e decideranno i maestri che le costruiranno, perché nel costruire è l'esperienza pratica a insegnare che cosa fare. *b*) 30 × 0,5836 m ≈ 17,5 m. *c*) Il progetto è definito fin dall'inizio (forma, spessori, sproni, catene) ma non è rigido: lascia decidere al cantiere, sulla base dell'esperienza, il modo di procedere nella parte più alta; mostra anche la prudenza con cui si affrontava un'impresa mai tentata.

25. *a*) «Quanto l'architetto Filippo sia stato valente nell'arte di Dedalo, lo possono provare sia la mirabile volta di questo celeberrimo tempio, sia le molte altre macchine inventate da lui con ingegno divino» (traduzione della redazione). *b*) La cupola e le macchine, cioè l'opera e le invenzioni tecniche. *c*) Dedalo è nel mito l'artefice-inventore per eccellenza (il labirinto, le ali; Ovidio, *Metamorfosi* VIII 188–189: «rivolge la mente ad arti sconosciute e rinnova la natura»): come lui, Brunelleschi costruì l'impossibile e inventò congegni mai visti.

26. *a*) Sul retro il foro si allargava a cono, come la tesa di un cappello di paglia da donna, fino alla misura di una moneta d'oro (un ducato) o poco più; e Filippo voleva che chi guardava appoggiasse l'occhio al retro, dove il foro era largo, tenendo con una mano la tavoletta vicina all'occhio e con l'altra uno specchio piano di fronte. *b*) Perché l'occhio si possa accostare al retro e, attraverso il foro, abbracciare tutto il campo visivo, come il vertice di una piramide di raggi; sul lato dipinto il foro è invece piccolissimo, e così fissa con precisione il punto di vista. *c*) Perché la pittura è costruita per un solo punto di vista, a una certa altezza e distanza: spostandosi, cambia ciò che l'occhio vede e il dipinto non coincide più con la realtà.

27. Traccia: Pantheon, pianta circolare, cupola emisferica di rotazione di c. 43 m, in opera cementizia con lacunari, costruita su centina, illuminata dall'oculo aperto; Firenze, pianta ottagonale, volta a padiglione di c. 45 m a profilo acuto (quinto acuto), doppia calotta di pietra e mattoni, costruita senza centina con la spinapesce, l'occhio chiuso dalla lanterna. Entrambe sono modelli di grandezza e di ingegno costruttivo; Brunelleschi, secondo Manetti, studiò le volte antiche.

28. *a*) Avrebbe dovuto dipingere la scena rovesciata, come in uno specchio (per esempio ritraendola riflessa); in caso contrario la riflessione avrebbe invertito la piazza. Manetti non lo dice e gli studiosi ne discutono. *b*) A 80 cm: l'immagine si forma die-

tro lo specchio alla stessa distanza della tavoletta, e l'occhio sta sulla tavoletta.

29. I centri stanno sulla linea d'imposta: ciascuno a 8 cm dall'imposta da cui parte il suo arco, cioè a 2 cm dall'imposta opposta; il raggio è 8 cm; l'altezza è $\sqrt{(8^2 - 3^2)} = \sqrt{55} \approx 7{,}4$ cm, contro i 5 cm del tutto sesto (raggio 5 cm, centro nel punto medio). L'arco acuto è più alto e più ripido alle imposte, con una punta in chiave.

30. Traccia: il problema tecnico (45 m, nessuna centina possibile); le soluzioni (doppia calotta, sproni, catene, spinapesce, quinto acuto) e la loro novità; il programma del 1420 come progetto scritto; l'architetto-intellettuale con modelli e macchine; lo studio dell'antico secondo Manetti; il giudizio di Alberti (impresa ignota anche agli antichi); la forma acuta è una scelta strutturale, non stilistica; il linguaggio nuovo si vede negli altri edifici (Innocenti) e nella lanterna all'antica.

31. Traccia: definizione di modulo; Innocenti (10 braccia, campata cubica con vela, pietra serena su bianco); Sagrestia Vecchia (cubo di 20 braccia, tre fasce uguali, scarsella di un terzo, cupola a ombrello); San Lorenzo e Santo Spirito (11 braccia, navata di due moduli, Santo Spirito con navate e nicchie su tutto il perimetro); elementi classici: colonne corinzie, archi a tutto sesto, trabeazioni, dado brunelleschiano; chiarezza e leggibilità come valori nuovi; modifiche dei continuatori.

32. Traccia: peso e lesioni note da secoli; commissioni dal 1934–1937; sistema automatico di sensori dal 1987; conservazione preventiva (conoscere i movimenti prima di intervenire); *Giudizio* di Vasari (1572–1574) e Zuccari (fino al 1579), in parte a secco e quindi fragile; restauro concluso nel 1994 dopo anni di studi; danni della lanterna (fulmine del 1601); Firenze nella Lista UNESCO dal 1982; il ruolo dell'Opera di Santa Maria del Fiore, che dal Trecento custodisce l'edificio.