CAPITOLO

6

Ferro e vetro: le Esposizioni universali e la Scuola di Chicago

Una serra grande come un quartiere, una torre di trecento metri, un ufficio al sedicesimo piano: il ferro cambia la scala della città.

OBIETTIVI

1. Spiegare che cosa sono le Esposizioni universali e perché diventano il laboratorio dell'architettura del ferro e del vetro.
2. Riconoscere i nuovi tipi edilizi dell'Ottocento: padiglione, stazione, galleria commerciale, grande magazzino, grattacielo.
3. Leggere il Crystal Palace, la Tour Eiffel e la Galerie des Machines come strutture: modulo, prefabbricazione, traliccio, arco a tre cerniere.
4. Confrontare le gallerie di Milano e di Napoli e la Mole Antonelliana, due risposte italiane ai nuovi materiali.
5. Distinguere muratura portante e struttura a telaio, e spiegare la nascita del grattacielo a Chicago.
6. Commentare la tripartizione di Sullivan e il significato della frase «la forma segue la funzione».

INDICE DEL CAPITOLO

6.1 Le Esposizioni universali 2
6.2 Il Crystal Palace, Londra 1851 4
6.3 Parigi 1889: la Tour Eiffel e la Galerie des Machines 6
6.4 Ferro e vetro in Italia 10
6.5 La Scuola di Chicago 12
6.6 Verso il Novecento 16

Disegno e Storia dell'arte 5 · Parte II · Alle origini del moderno · versione 1.0
Capitolo 6: Ferro e vetro: le Esposizioni universali e la Scuola di Chicago · pagine 155–178 del volume completo · estratto per lo studio

Alla fine del vol. 4 ti eri fermato su una soglia: nel 1851, a Londra, un giardiniere costruisce in pochi mesi un palazzo di ferro e di vetro grande come un quartiere. Nel cap. 5 hai visto i pittori postimpressionisti cercare, dopo l'Impressionismo, una nuova solidità della forma. Negli stessi decenni, lontano dai musei, gli ingegneri e i costruttori fanno una rivoluzione più silenziosa e più radicale: inventano gli edifici in cui ancora oggi viviamo, lavoriamo, viaggiamo e facciamo acquisti. Le stazioni, i grandi magazzini, le gallerie coperte, i grattacieli nascono tutti, in pochi decenni, dall'incontro tra due materiali, il **ferro** e il **vetro**, e da un nuovo tipo di evento, l'**Esposizione universale**.

Le *Indicazioni nazionali* chiedono «particolare attenzione» proprio «ai nuovi materiali (ferro e vetro) e alle nuove tipologie costruttive in architettura, dalle Esposizioni universali alle realizzazioni dell'Art Noveau». Qui seguirai la prima metà del percorso: il Crystal Palace, la Tour Eiffel e la Galerie des Machines, le gallerie di Milano e di Napoli, e Chicago, dove nasce il grattacielo; l'Art Nouveau sarà il tema del cap. 7. Leggerai gli edifici con le analisi del vol. 4, cap. 4: tipo, struttura, funzione, distribuzione.

6.1 Le Esposizioni universali

6.1.1 Vetrine dell'industria e delle nazioni

Dal vol. 4, cap. 14 conosci i materiali che la Rivoluzione industriale offre ai costruttori: la **ghisa**, ottima a compressione ma fragile; il **ferro**, duttile, che lavora anche a trazione; l'**acciaio**, prodotto in massa dopo il 1856; il **vetro** in grandi lastre. Conosci anche la divisione dei compiti tra l'ingegnere delle opere «utili» e l'architetto degli stili storici. Nella seconda metà dell'Ottocento questa divisione comincia a cadere, e cade per prima nelle Esposizioni.

Un'**Esposizione universale** è una grande mostra internazionale, organizzata da uno Stato in una sua città, in cui le nazioni presentano i prodotti della loro industria, della loro agricoltura, delle loro arti e delle loro colonie. La prima si tiene a Londra nel 1851 con il titolo di *Great Exhibition of the Works of Industry of All Nations*, «grande esposizione dei prodotti dell'industria di tutte le nazioni», voluta dal principe Alberto, marito della regina Vittoria. Seguono, a ritmo serrato, quelle di Parigi (1855, 1867, 1878, 1889, 1900), di Vienna (1873), di Filadelfia (1876), di Chicago (1893) e molte altre. Sono feste del progresso, ma anche gare tra Stati: ogni nazione vuole mostrare di essere la più moderna, la più ricca, la più potente.

Per l'architettura le Esposizioni sono decisive per tre ragioni. La prima è il **programma**: servono edifici enormi, per esporre macchine e merci sotto la luce del giorno, costruiti in pochi mesi e spesso destinati a essere smontati alla chiusura. È un problema che la muratura non sa risolvere e che il ferro e il vetro, con la **prefabbricazione** (vol. 4, cap. 14), risolvono benissimo.

La seconda è la **sfida**: ogni Esposizione vuole superare la precedente con un'opera mai vista, e gli ingegneri hanno l'occasione di provare luci, altezze e tecniche nuove davanti a milioni di visitatori. La terza è la **città**: un'Esposizione porta nuove strade, ponti, trasporti, alberghi, e spesso lascia alla città edifici e parchi che restano dopo la festa.

Gli edifici di un'Esposizione sono **padiglioni**: costruzioni temporanee o semipermanenti, dedicate a una nazione o a un settore. Nelle prime Esposizioni si cerca di mettere tutto sotto un solo tetto; dal 1867, a Parigi, accanto al grande edificio principale compaiono i padiglioni delle nazioni, e le Esposizioni diventano a poco a poco città provvisorie, con decine di padiglioni in un parco. Molti tipi edilizi nuovi nascono o maturano qui (Tabella 6.1).

6.1.2 I nuovi tipi edilizi

Ricorda dal vol. 4, cap. 4 che un **tipo** edilizio è un insieme di edifici che rispondono alla stessa funzione con un'organizzazione simile dello spazio. Il ferro e il vetro non inventano solo una tecnica: creano tipi che prima non esistevano, o trasformano completamente quelli antichi. Eccoli, con le loro caratteristiche essenziali.

IN SINTESI

Tabella 6.1 I tipi del ferro e del vetro: struttura, novità ed esempi del capitolo.

Tipo	Struttura	Che cosa cambia	Esempi del capitolo
padiglione	telaio prefabbricato, arcate	grandi luci, montaggio rapido	Crystal Palace; Galerie des Machines
stazione	tettoia dietro un corpo in muratura	il treno entra in città	St Pancras
galleria	volte vetrate su facciate in muratura	la strada diventa un interno	Milano; Napoli
grande magazzino	pilastri di ghisa, lucernario	la merce esposta, il prezzo fisso	Bon Marché
grattacielo	telaio d'acciaio, ascensore	la città cresce in altezza	Chicago

- Il **padiglione espositivo**: una grande aula luminosa, con sostegni sottilissimi o senza sostegni intermedi, montata e smontata in poco tempo.
- La **stazione ferroviaria**: un corpo in muratura verso la città e, dietro, una grande **tettoia** di ferro e vetro sopra i binari. A Londra, a St Pancras, la tettoia di William Henry Barlow (1868) copre i binari con un'unica arcata di circa 73 m di luce, mentre l'albergo neogotico di George Gilbert Scott fa da facciata: ingegneria e storicismo, uno dietro l'altro.

- Il **mercato coperto**, come le Halles di Parigi (vol. 4, cap. 14), e la **galleria commerciale**, una strada pedonale coperta da una volta vetrata.
- Il **grande magazzino**: molti piani attorno a un vuoto centrale coperto da un lucernario, merci di ogni tipo a prezzo fisso, esposte perché il cliente le veda e le tocchi; a Parigi il modello è il Bon Marché.
- Il **grattacielo per uffici**, che nasce a Chicago negli anni Ottanta.

6.2 Il Crystal Palace, Londra 1851

6.2.1 Un giardiniere e un concorso fallito

Per ospitare la Grande Esposizione del 1851 la commissione reale aveva bandito un concorso, a cui erano arrivati circa 245 progetti; nessuno era sembrato realizzabile nei tempi e con i costi richiesti. Il progetto preparato allora dagli uffici della commissione, un enorme edificio in mattoni sormontato da una cupola, era stato criticato da tutti: avrebbe richiesto milioni di mattoni, mesi di lavoro e non si sarebbe potuto smontare. A quel punto, nell'estate del 1850, si fa avanti un uomo che non è né architetto né ingegnere: **Joseph Paxton** (1803–1865), capo giardiniere del duca di Devonshire nella tenuta di Chatsworth.

Paxton ha una lunga esperienza di **serre**. A Chatsworth aveva costruito la grande serra, la Great Conservatory, e poco prima una serra per la ninfea gigante dell'Amazzonia, la *Victoria regia*, che per primo era riuscito a far fiorire in Inghilterra; racconta egli stesso di essersi ispirato alle nervature della sua enorme foglia, capace di reggere il peso di un bambino. Per l'Esposizione propone di fare la stessa cosa in grande: una serra gigantesca, interamente di ferro, vetro e legno, formata da pezzi tutti uguali prodotti in fabbrica e montati in cantiere. Il progetto viene sviluppato con l'impresa Fox, Henderson & Co., che produce e monta i pezzi, e con la vetreria Chance Brothers, che fornisce il vetro.

6.2.2 Il modulo e la prefabbricazione

Il segreto del Crystal Palace è il **modulo**: una misura base che si ripete in tutto l'edificio e di cui tutte le altre sono multipli. Paxton parte dalla lastra di vetro più grande che l'industria sapeva produrre in serie, lunga 49 pollici (circa 1,25 m), e costruisce una griglia di colonne di ghisa a interasse di **24 piedi**, cioè circa **7,32 m** (Figura 6.1). Tutte le misure dell'edificio sono multipli di questo modulo: la navata centrale è larga 72 piedi, cioè tre moduli; l'edificio intero era lungo circa 560 m e largo circa 124 m, con un transetto voltato a botte alto più del resto, costruito per lasciare sotto il tetto alcuni grandi olmi di Hyde Park che non si volevano abbattere.

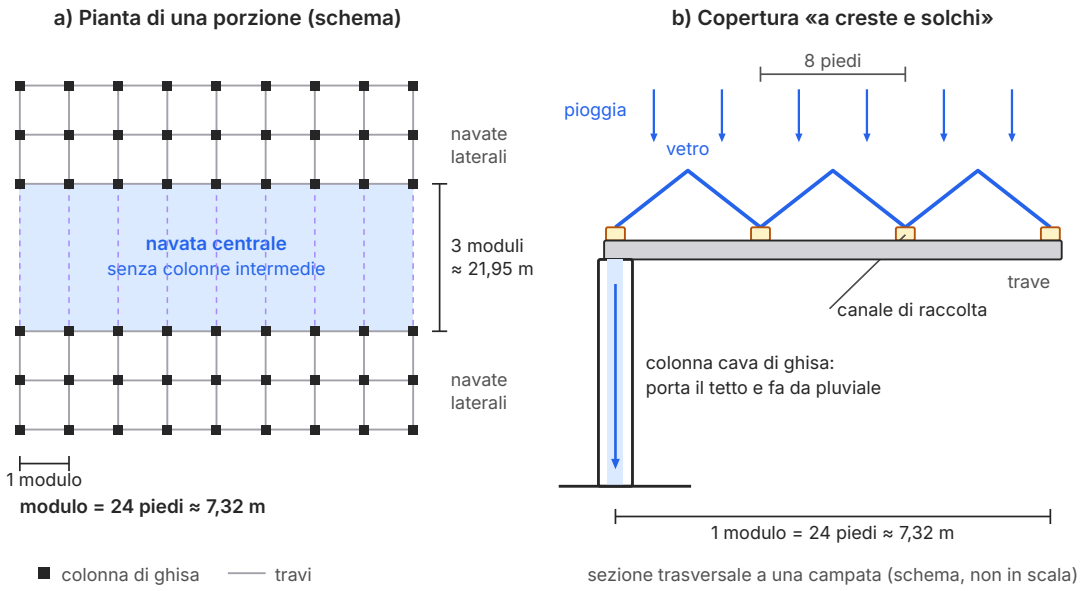


Figura 6.1 Il Crystal Palace (Londra, 1851): il principio costruttivo. a) Una porzione della pianta: colonne di ghisa su una griglia di 24 piedi (circa 7,32 m) e una navata centrale di tre moduli; b) la copertura «a creste e solchi», sezione schematica: il vetro forma una serie di piccoli tetti a due falde, l'acqua scende nei canali e poi dentro le colonne cave. Schema non tratto da disegni d'epoca; sono certe solo le misure indicate.

Con il modulo, ogni pezzo diventa un **componente** standard: colonne, travi, telai delle finestre, listelli, lastre. I pezzi si producono in serie, si numerano, si trasportano in treno e si montano con squadre specializzate, che si muovono sul cantiere con piccoli carrelli lungo i canali del tetto per posare il vetro. La copertura stessa è un piccolo capolavoro di logica: una serie di tettucci a due falde, **a creste e solchi**, in cui l'acqua piovana scivola nei canali di legno, passa nelle travi e scende dentro le **colonne cave di ghisa**, che fanno anche da tubi pluviali. Ogni pezzo fa più di un lavoro. Le lastre di vetro impiegate furono circa trecentomila.

Il risultato è un edificio costruito in circa nove mesi, dall'estate del 1850 all'inaugurazione del **1° maggio 1851**, e visitato in poco più di cinque mesi: gli ingressi furono più di sei milioni. Dentro, la luce entra da ogni parte; i visitatori raccontano di non riuscire a misurare con l'occhio la profondità dello spazio, perché i sostegni sottili e trasparenti si perdono nella luce. Un giornalista della rivista satirica *Punch* lo battezza «palazzo di cristallo», e il nome resta. Alla chiusura l'edificio viene smontato e rimontato, ingrandito, sulla collina di Sydenham, a sud di Londra, dove resta fino al **1936**, quando un incendio lo distrugge. Ne restano le terrazze e il parco, ancora chiamato Crystal Palace Park.

ESEMPIO SVOLTO

Il modulo in scala. Vuoi disegnare su un foglio A4 orizzontale (area utile 277 × 190 mm) una porzione della pianta del Crystal Palace in scala 1:200. Quanti moduli entrano nel foglio?

- Converti il modulo in metri: 1 piede = 0,3048 m, quindi 24 piedi = 24 × 0,3048 = 7,3152 m, cioè circa 7,32 m.
- In scala 1:200 dividi per 200: 7315 mm : 200 ≈ 36,6 mm sul foglio.
- Sul lato lungo: 277 : 36,6 ≈ 7,6, quindi entrano 7 moduli interi (7 × 36,6 ≈ 256 mm), con circa 21 mm di margine per le quote.
- Sul lato corto: 190 : 36,6 ≈ 5,2, quindi 5 moduli (183 mm): per esempio una navata laterale, la navata centrale di tre moduli e un'altra navata laterale. La navata centrale misura 3 × 7,32 ≈ 21,95 m, cioè circa 110 mm sul foglio.

Il Crystal Palace conta non per la sua forma, che è quella di una serra, ma per il **modo di costruire**: per la prima volta un grande edificio pubblico è pensato come un prodotto industriale, progettato a partire da un componente, prodotto in fabbrica, montato e smontato come una macchina. L'idea tornerà nel Novecento, dalla prefabbricazione dei quartieri popolari al Bauhaus (cap. 13). Già nel 1851 c'è chi la detesta: John Ruskin (vol. 4, cap. 13) vi vede una serra ingrandita, senza il lavoro dell'artigiano che per lui fa l'architettura; la critica tornerà con William Morris (cap. 7).

6.3 Parigi 1889: la Tour Eiffel e la Galerie des Machines

6.3.1 Un'Esposizione per un anniversario

L'Esposizione di Parigi del 1889 celebra il centenario della Rivoluzione francese. Per la Terza Repubblica, nata dopo la sconfitta contro la Prussia del 1870, è l'occasione per dimostrare al mondo che la Francia è tornata una grande potenza moderna. La sede è il **Champ-de-Mars**, il vasto spazio aperto davanti all'École Militaire, sulla riva sinistra della Senna, già usato per le Esposizioni precedenti; gli ingressi furono circa 32 milioni. Due opere ne diventano il simbolo, una verticale e una orizzontale: la torre di trecento metri all'ingresso del Champ-de-Mars e, sul lato opposto, la galleria delle macchine.

6.3.2 La Tour Eiffel

Gustave Eiffel (1832–1923) era a capo di una delle più importanti imprese europee di costruzioni metalliche: aveva costruito ponti e viadotti in Francia e in Portogallo e la struttura interna della Statua della Libertà di New York (1886). L'idea della torre, però, non è sua: nel 1884 due ingegneri della sua impresa, **Maurice Koechlin** ed **Émile Nouguier**, disegnano un pilone di ferro

alto trecento metri, e l'architetto **Stephen Sauvestre** lo rielabora, aggiungendo i grandi archi tra i piloni alla base e dando all'insieme un profilo più elegante. Eiffel acquista i diritti sul progetto, lo sostiene con tutta la forza della sua impresa e vince il concorso del 1886. I lavori cominciano il 28 gennaio 1887 e terminano il 31 marzo 1889: poco più di due anni.

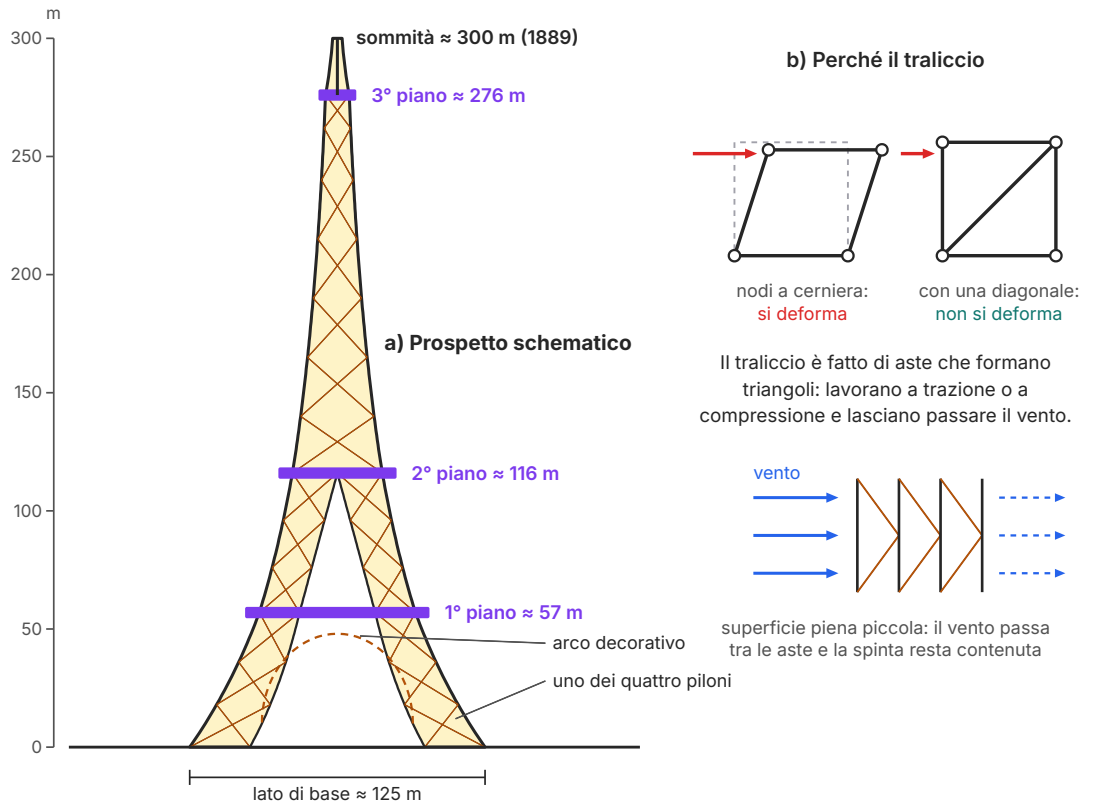


Figura 6.2 La Tour Eiffel (Parigi, 1887–1889): a) prospetto schematico; sono verificate le altezze delle tre piattaforme e della sommità del 1889 e il lato di base; la larghezza dei piloni alle varie altezze e l'arco decorativo sono in proporzioni indicative. b) Il principio del traliccio: un rettangolo con i nodi a cerniera si deforma, due triangoli no; le aste sottili lasciano passare il vento.

La torre è alta circa **300 m**: fino al 1930, quando la supera il Chrysler Building di New York, è la costruzione più alta del mondo; oggi, con le antenne, raggiunge circa 330 m. Poggia su quattro **piloni** che sorgono agli angoli di un quadrato di circa 125 m di lato, si curvano verso l'interno e si uniscono in un unico fusto all'altezza del secondo piano. Le tre piattaforme si trovano a circa 57, 116 e 276 m (Figura 6.2). È fatta di **ferro pudellato**, cioè ferro prodotto con il procedimento di pudellatura (vol. 4, cap. 14), non di acciaio: circa 7300 tonnellate di ferro, in circa diciottomila pezzi, uniti da circa due milioni e mezzo di **ribattini**, i chiodi metallici che si infilano roventi nei fori di due pezzi sovrapposti e si ribattono, così che raffreddandosi li serrano l'uno contro l'altro.

Ogni pilone è un **traliccio**, o struttura reticolare: un insieme di aste dritte collegate in modo da formare triangoli. Il triangolo è la sola figura che non si deforma se i suoi lati restano della stessa lunghezza: un rettangolo con i nodi articolati si schiaccia in un parallelogramma, ma se aggiungi una diagonale diventa due triangoli e resta rigido (Figura 6.2, b). In un traliccio ogni asta lavora soltanto a trazione o a compressione, e quindi si può usare il metallo nel modo più efficiente, con aste sottili e leggere. Il nemico principale di una torre così alta non è il suo peso, ma il **vento**: la struttura traforata gli oppone una superficie piccola, e il profilo curvo dei piloni fu studiato da Eiffel e dai suoi ingegneri proprio in funzione della spinta del vento. La forma della torre, in altre parole, non è una decorazione: è il diagramma delle forze che deve sopportare.

La torre fu accolta da polemiche violente. Il 14 febbraio 1887, a lavori appena iniziati, il quotidiano *Le Temps* pubblicò una protesta firmata da artisti e scrittori celebri, tra cui l'architetto dell'Opéra Charles Garnier (vol. 4, cap. 14), il compositore Charles Gounod e lo scrittore Guy de Maupassant: in nome del gusto e della storia di Parigi, chiedevano di fermare la costruzione di una torre che definivano «inutile e mostruosa», un'enorme ciminiera che avrebbe schiacciato i monumenti della città. Eiffel rispose che anche le sue forme obbedivano a leggi, quelle delle forze, e che proprio da questo veniva la loro bellezza. Era un dibattito sul senso della parola *bello*: può essere bello un oggetto la cui forma deriva solo dalla tecnica?

La torre doveva essere smontata dopo vent'anni. La salvò la sua utilità: all'inizio del Novecento divenne un'antenna per le prime trasmissioni radiotelegrafiche, e poi un osservatorio meteorologico e un laboratorio scientifico. Intanto i parigini e i pittori, tra cui Robert Delaunay, che la dipinse più volte negli anni Dieci, la adottarono come simbolo della città e della modernità.

ESEMPIO SVOLTO

La torre su un foglio A4. Vuoi disegnare il prospetto schematico della torre su un foglio A4 verticale (area utile 190 × 277 mm), lasciando spazio per il titolo. Quale scala scegli, e quanto misurano sul foglio le altezze principali?

- In scala 1:1000 i 300 m diventerebbero 300 mm: troppi. In scala 1:1250: 300 000 mm : 1250 = 240 mm, con 37 mm liberi per il titolo.
- Le piattaforme: 57 m → 45,6 mm; 116 m → 92,8 mm; 276 m → 220,8 mm. Il lato di base, 125 m, diventa 100 mm.
- Controllo con le proporzioni: il primo piano sta a meno di un quinto dell'altezza totale (57 : 300 = 0,19), il secondo a poco più di un terzo (116 : 300 ≈ 0,39), il terzo a più di nove decimi (276 : 300 = 0,92). Se il tuo disegno rispetta questi rapporti, è corretto in qualunque scala.

ERRORE FREQUENTE

«La Tour Eiffel è d'acciaio». Lo si legge spesso, ma è sbagliato: è di **ferro pudellato**. Nel 1889 l'acciaio era già prodotto in grandi quantità, ma Eiffel preferì il materiale che conosceva meglio e di cui sapeva prevedere il comportamento, lo stesso dei suoi ponti. Allo stesso modo, la torre non è opera del solo Eiffel: è il lavoro di un'impresa, con ingegneri (Koechlin e Nouguier), un architetto (Sauvestre), disegnatori e operai. Il nome di Eiffel è quello dell'imprenditore che la volle, la difese e la costruì.

6.3.3 La Galerie des Machines

Se la torre è la sfida dell'altezza, la **Galerie des Machines**, progettata dall'architetto **Ferdinand Dutert** con l'ingegnere **Victor Contamin**, è la sfida della **luce**. Era un'immensa aula vetrata in cui erano esposte, in funzione, le macchine dell'industria; i visitatori potevano guardarle dall'alto, trasportati lungo la sala da due ponti mobili. La copertura era retta da una serie di grandi arcate reticolari metalliche, che coprivano senza alcun sostegno intermedio una luce di oltre 110 m: all'epoca nessun altro spazio coperto al mondo aveva una luce così ampia.

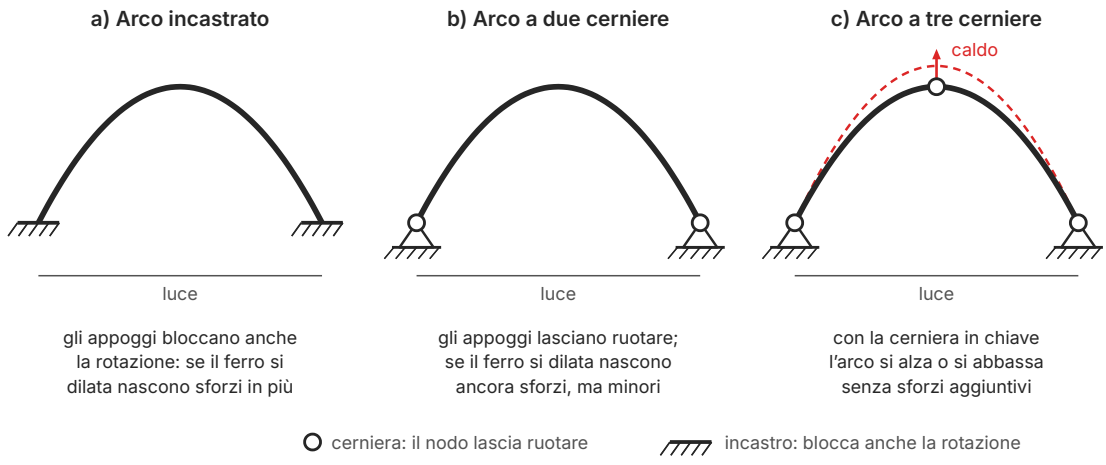


Figura 6.3 Tre modi di vincolare un arco (schemi strutturali). a) Arco incastrato: gli appoggi bloccano spostamenti e rotazioni; b) arco a due cerniere; c) arco a tre cerniere, come nella Galerie des Machines: con il caldo il metallo si allunga e la chiave si alza (tratteggio) senza che nascano sforzi aggiuntivi.

Il segreto delle arcate è nei loro tre punti di appoggio. Ogni arcata è un **arco a tre cerniere**: le due metà si appoggiano a terra su due **cerniere**, cioè su nodi che permettono la rotazione, e si incontrano in chiave in una terza cerniera (Figura 6.3). In un arco **incastrato**, invece, gli appoggi bloccano anche la rotazione: è un sistema più rigido, ma se la struttura si dilata con il caldo o se una fondazione si abbassa di qualche centimetro, nascono sforzi aggiuntivi difficili da preve-

dere. Con tre cerniere l'arco si adatta: se il metallo si allunga, la chiave si alza un poco e tutto resta in equilibrio. Gli sforzi si calcolano con le sole leggi dell'equilibrio, e quindi con sicurezza, anche per luci mai tentate prima.

ESEMPIO SVOLTO

Quanto si allunga un arco di ferro? Un elemento di metallo che si scalda si allunga di $\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$, dove α è il coefficiente di dilatazione lineare (per il ferro e l'acciaio circa 12 milionesimi per grado) e ΔT la variazione di temperatura. Stima l'allungamento di un elemento lungo 110 m tra una notte d'inverno e un pomeriggio d'estate, con $\Delta T = 40$ °C.

- $\Delta L = 0{,}000012 \times 110\ \text{m} \times 40 = 0{,}0528$ m, cioè circa 5 cm.
- Sembra poco, ma una struttura che non può muoversi trasforma quei 5 cm in sforzi molto grandi: per questo nei ponti e nelle grandi coperture metalliche si lasciano giunti di dilatazione, o si usano cerniere.
- In un arco a tre cerniere quei centimetri non sono un problema: la chiave si alza o si abbassa e l'arco cambia leggermente forma. È la stessa fisica che studi nella termologia.

La Galerie des Machines fu demolita nel 1910. Dell'Esposizione del 1900 restano invece il **Grand Palais**, con una grande navata di ferro e vetro dietro facciate di pietra in stile classico, il **Petit Palais**, il ponte Alexandre III, la stazione d'Orsay; nello stesso anno si apre la prima linea della metropolitana di Parigi, con gli ingressi di Guimard (cap. 7). Il ferro c'è ancora, ma torna a nascondersi dietro le facciate storiche.

COLLEGAMENTI

Storia, filosofia, letteratura. Le Esposizioni sono lo specchio dell'Europa della **Belle Époque**: la fiducia nella scienza e nella tecnica, che in filosofia ha il nome di **Positivismo**; la concorrenza tra le nazioni, che porterà alla Prima guerra mondiale; il **colonialismo**, con le sezioni dedicate alle colonie, dove nel 1889 furono esposte perfino persone in villaggi ricostruiti, una pratica che oggi riconosciamo come razzista. In letteratura, Émile Zola racconta la nascita del grande magazzino nel romanzo *Al paradiso delle signore* (*Au Bonheur des Dames*, 1883): il ferro, il vetro e la luce sono gli strumenti con cui il commercio moderno seduce la folla.

6.4 Ferro e vetro in Italia

6.4.1 La Galleria Vittorio Emanuele II

L'Italia unita non ha una grande industria siderurgica, e i suoi edifici di ferro e vetro sono meno numerosi e più tardi di quelli inglesi e francesi. Il più importante è un tipo che conosci già dal vol. 4, cap. 14: la **galleria commerciale**. A Milano, la **Galleria Vittorio Emanuele II** di **Giuseppe**

Mengoni (1865–1877) unisce piazza del Duomo e piazza della Scala. Nel vol. 4 l'hai studiata per il suo ruolo urbano; qui interessa il **tipo** e la sua **struttura** (Figura 6.4).

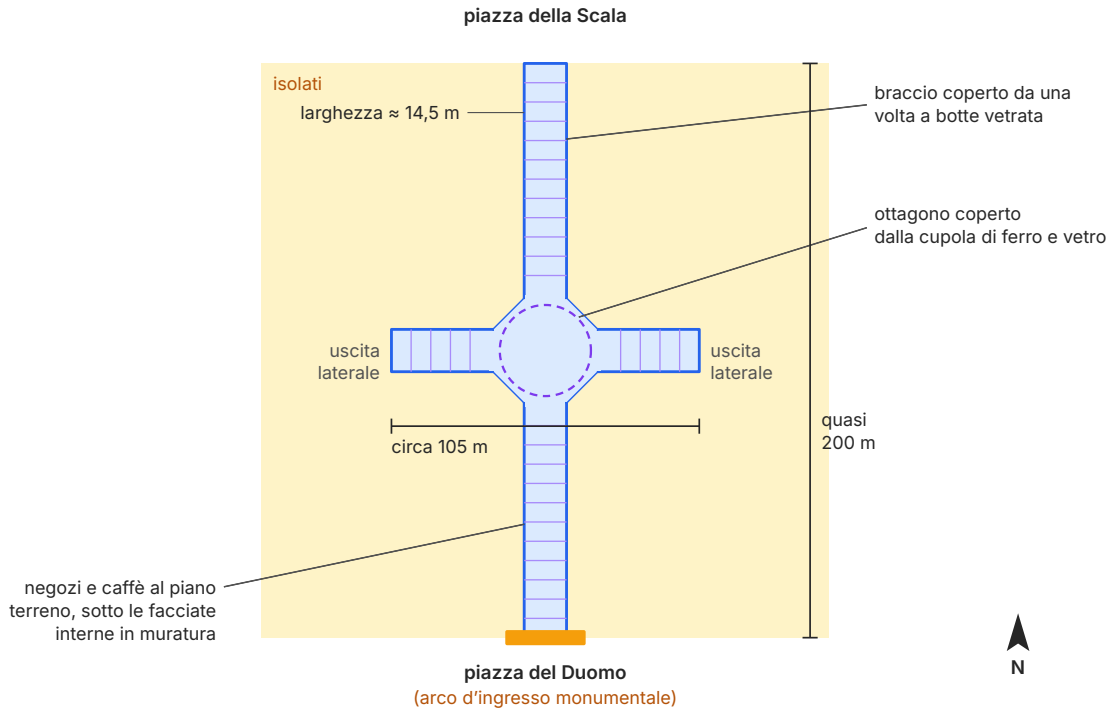


Figura 6.4 La Galleria Vittorio Emanuele II (Milano, 1865–1877): pianta schematica. Due bracci a croce, quasi 200 m e circa 105 m, larghi circa 14,5 m, si incontrano in un ottagono coperto da una cupola di ferro e vetro; verso piazza del Duomo, l'arco d'ingresso. Proporzioni indicative.

La pianta è una **croce**: due bracci di quasi 200 m e di circa 105 m, larghi circa 14,5 m, si incrociano in un grande **ottagono**. I bracci sono coperti da volte a botte vetrate, l'ottagono da una cupola, anch'essa di ferro e vetro. Le facciate interne, alte quattro piani, sono di muratura, decorate in stile eclettico, con negozi e caffè al piano terreno e abitazioni e uffici ai piani superiori. È una distinzione di ruoli che hai già visto nella biblioteca di Labrouste (vol. 4, cap. 14): la muratura chiude, porta, rappresenta; il ferro copre e porta la luce. Ma qui la luce non entra in un edificio: entra in una **strada**, che diventa un interno, una piazza coperta, il «salotto» della città.

6.4.2 La Galleria Umberto I e la Mole Antonelliana

Il tipo della galleria si ripete a Napoli con la **Galleria Umberto I** (1887–1890), su progetto di Emanuele Rocco, di fronte al Teatro di San Carlo. Nasce nel quadro del risanamento della città dopo il colera del 1884 (vol. 4, cap. 14), al posto di un quartiere di vicoli demoliti; ripete la pian-

ta a croce con la cupola di ferro e vetro sull'incrocio, ma con proporzioni più alte e una decorazione più ricca. Altre gallerie, più piccole, sorgono in quegli anni in molte città italiane.

A Torino un'opera famosa mostra la strada opposta. La **Mole Antonelliana** di **Alessandro Antonelli** (1798–1888), cominciata nel 1863 come sinagoga, passata alla fine degli anni Settanta al Comune e completata nel 1889, dopo la morte del suo autore, è alta circa 167 m. Non è di ferro: è **muratura di mattoni** spinta al limite, con pilastri, archi e una cupola sempre più sottili, sotto una guglia altissima. Antonelli cerca di ottenere con il materiale antico ciò che altri ottengono con il ferro. La guglia, distrutta da una tempesta nel 1953, è stata ricostruita con una struttura metallica rivestita di pietra; dal 2000 la Mole ospita il Museo nazionale del Cinema.

APPROFONDIMENTO

Riusare il ferro: da stazione a museo. Molti edifici di ferro e vetro dell'Ottocento sono stati demoliti, giudicati brutti o soltanto vecchi: la Galerie des Machines nel 1910, le Halles di Baltard negli anni Settanta del Novecento. Altri li ha salvati un nuovo uso. La stazione d'Orsay di Victor Laloux (1900) è dal 1986 il **Musée d'Orsay**, dove vedi molti quadri del cap. 5; St Pancras, che negli anni Sessanta rischiò la demolizione, è stata restaurata e riaperta nel 2007. Restaurare il ferro ha problemi propri: la ruggine, i ribattini, il vetro da adeguare alle norme di sicurezza. In Italia la tutela è affidata al Codice dei beni culturali e del paesaggio (D.Lgs. 42/2004).

6.5 La Scuola di Chicago

6.5.1 Una città da ricostruire

Nell'ottobre del 1871 un incendio distrugge gran parte di **Chicago**: muoiono circa trecento persone e circa centomila restano senza casa. La città, che in pochi decenni era diventata il nodo ferroviario e commerciale del Midwest americano, viene ricostruita a una velocità straordinaria. Il terreno nel centro degli affari (quello che oggi si chiama *Loop*) è carissimo: conviene costruire in altezza. Ma per costruire edifici molto alti servono due cose che la tradizione non offre: un modo per salire ai piani alti, e una struttura che non richieda muri enormi.

La prima è l'**ascensore di sicurezza**. Gli ascensori esistevano già, ma se la fune si spezzava la cabina precipitava. Elisha Otis inventa un freno che blocca automaticamente la cabina contro le guide in caso di rottura, e nel 1854 lo dimostra in pubblico, all'Esposizione di New York, ospitata in un palazzo di cristallo costruito sull'esempio di quello di Londra: fa tagliare la fune mentre è sulla piattaforma sospesa, e la piattaforma si ferma. Il primo ascensore per passeggeri entra in un edificio commerciale di New York nel 1857. Da allora i piani alti, che erano i più scomodi e i meno pregiati, diventano i più ricercati.

6.5.2 Dalla muratura al telaio

La seconda condizione è la struttura. In un edificio in **muratura portante** ogni muro porta il peso dei piani che stanno sopra di lui: più alto è l'edificio, più spessi devono essere i muri alla base, e più piccole le finestre. Il **Monadnock Building** di Chicago (Burnham e Root, 1889–1891), alto sedici piani, mostra il limite di questo sistema: alla base i suoi muri di mattoni sono spessi circa 1,8 m (Figura 6.5, a). È un edificio bellissimo, severo e senza ornamenti, ma è l'ultimo del suo genere.

La soluzione è la **struttura a telaio**: uno scheletro di pilastri e travi di metallo, che porta il peso di tutti i piani e lo scarica a terra attraverso i pilastri. I muri esterni non portano più nulla: diventano un **rivestimento**, appeso piano per piano allo scheletro, e possono quindi essere sottili e aperti da grandi finestre (Figura 6.5, b). Gli incendi avevano insegnato che il metallo, pur non bruciando, perde resistenza con il calore: per questo i pilastri e le travi vengono avvolti da un **rivestimento ignifugo**, di solito in blocchi di **terracotta**, che li protegge dal fuoco.

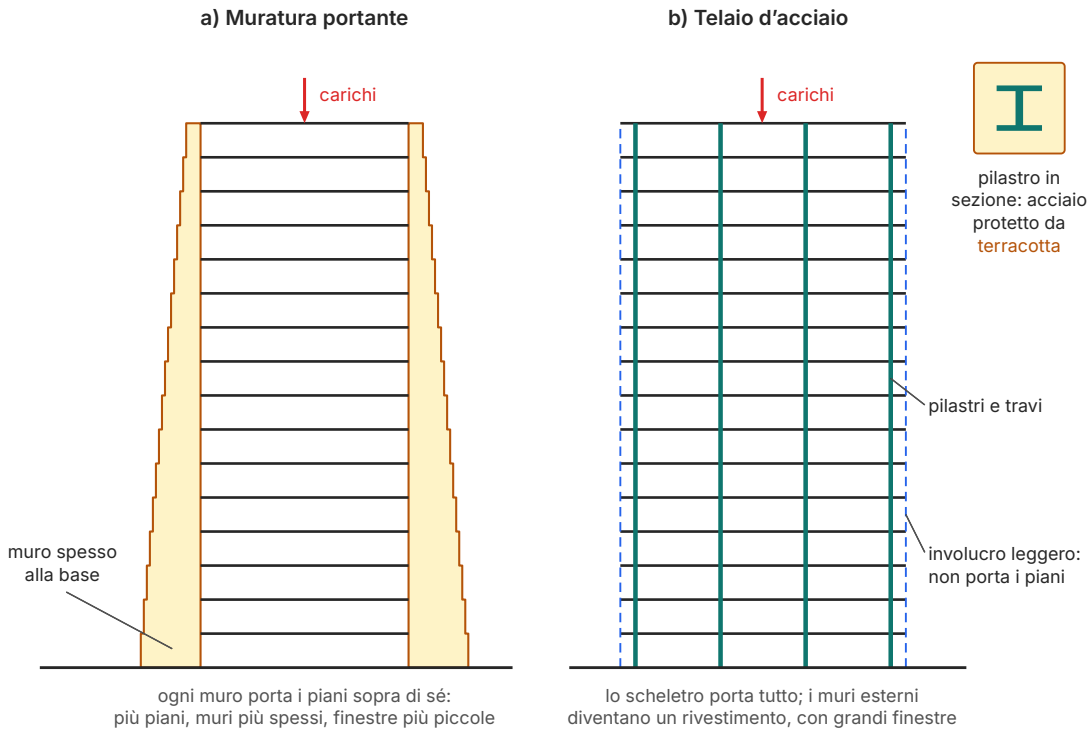


Figura 6.5 Muratura portante e telaio a confronto (sezioni schematiche, non in scala). a) Ogni muro porta i piani superiori: lo spessore cresce verso il basso (nel Monadnock Building, circa 1,8 m alla base); b) un telaio di pilastri e travi d'acciaio porta tutti i carichi, e l'involucro esterno diventa un rivestimento leggero; nel riquadro, un pilastro protetto da terracotta contro il fuoco.

Il primo edificio in cui un telaio metallico porta gran parte dei carichi è, secondo l'opinione più diffusa, l'**Home Insurance Building** di Chicago (1884–1885), progettato da **William Le Baron Jenney** (1832–1907), un ingegnere formato a Parigi: dieci piani, con colonne di ghisa e travi di ferro e, nei piani alti, anche d'acciaio. Fu demolito nel 1931. Dopo di lui, una generazione di architetti e ingegneri fa di Chicago il laboratorio dell'edificio alto: Daniel Burnham e John Root, William Holabird e Martin Roche, Dankmar Adler e Louis Sullivan. Gli storici li riuniscono sotto il nome di **Scuola di Chicago**, anche se non fu mai un gruppo con un programma comune. Il **grattacielo**, cioè l'edificio per uffici molto alto, con struttura a telaio e ascensori, è la loro invenzione.

> **ERRORE FREQUENTE**
>
> **«Il primo grattacielo della storia».** L'Home Insurance Building è **di solito considerato** il primo grattacielo con struttura metallica, ma la questione è discussa: in quell'edificio i muri in muratura portavano ancora una parte dei carichi, e altri edifici, a Chicago e a New York, avevano già usato colonne di ghisa all'interno. Come per il ponte di Coalbrookdale (vol. 4, cap. 14), quando leggi «il primo», chiediti: il primo che cosa, secondo quale definizione? Una tecnica nuova nasce quasi sempre da molti tentativi, non da un'invenzione improvvisa.

Il telaio porta con sé anche un nuovo tipo di finestra. Una facciata in cui ogni campata tra due pilastri è quasi tutta vuota si riempie con la **finestra Chicago**: un grande vetro fisso al centro e due finestre più strette, apribili, ai lati (Figura 6.6). Nel **Reliance Building** (1890–1895) le facciate sono ormai quasi interamente di vetro, tra sottili fasce di terracotta bianca: è l'anticipazione della facciata continua di vetro, il *curtain wall*, che vedrai nel cap. 14.

6.5.3 Louis Sullivan: la forma segue la funzione

Il più grande architetto della Scuola di Chicago è **Louis Sullivan** (1856–1924). Con l'ingegnere Dankmar Adler costruisce a Chicago l'Auditorium Building (1886–1889), un complesso con teatro, albergo e uffici; nel loro studio si forma, tra la fine degli anni Ottanta e il 1893, il giovane Frank Lloyd Wright, che ritroverai nel cap. 14. Poi Sullivan costruisce due grattacieli che sono rimasti modelli del tipo: il **Wainwright Building** a St. Louis (1890–1891) e il **Guaranty Building** a Buffalo (1894–1896). Sullivan si pone una domanda che i suoi colleghi, presi dai problemi tecnici, avevano spesso trascurato: **che aspetto deve avere un edificio alto?** Se il telaio è una griglia di piani tutti uguali, come si evita che la facciata sia solo una scacchiera senza fine?

La risposta è nel saggio *The Tall Office Building Artistically Considered*, «l'edificio alto per uffici considerato dal punto di vista artistico», pubblicato nel 1896. Sullivan osserva che un edificio per uffici ha tre parti con funzioni diverse, e che la facciata deve mostrarle. In basso, la **base**: il piano terreno e l'ammezzato, con i negozi, le banche, gli ingressi, aperti verso la strada. In mezzo, il **fusto**: un numero indefinito di piani di uffici tutti uguali, che devono apparire tutti uguali, uniti da pilastri continui che sottolineano lo slancio verso l'alto. In cima, il **coronamen-**

to: un attico che contiene gli impianti e chiude l'edificio con una cornice. È la **tripartizione** dell'edificio alto, che molti paragonavano alle tre parti della colonna classica, base, fusto e capitello (Figura 6.6). Sullivan conosce il paragone, ma lo giudica superficiale: per lui la tripartizione non deriva da un modello antico, ma dalle funzioni dei piani.

Nello stesso saggio Sullivan scrive la frase che diventerà il motto di un secolo di architettura: «*form ever follows function*», «la forma segue sempre la funzione». Per lui è una legge della natura: in ogni essere vivente la forma esprime ciò che esso fa, come la forma di un'aquila esprime il volo. A questa frase si richiama il **funzionalismo**, il principio per cui la forma di un edificio deve derivare dalla sua funzione: il Movimento moderno la farà sua (cap. 14), e la crisi del funzionalismo, nel secondo dopoguerra, la metterà in discussione (cap. 16).

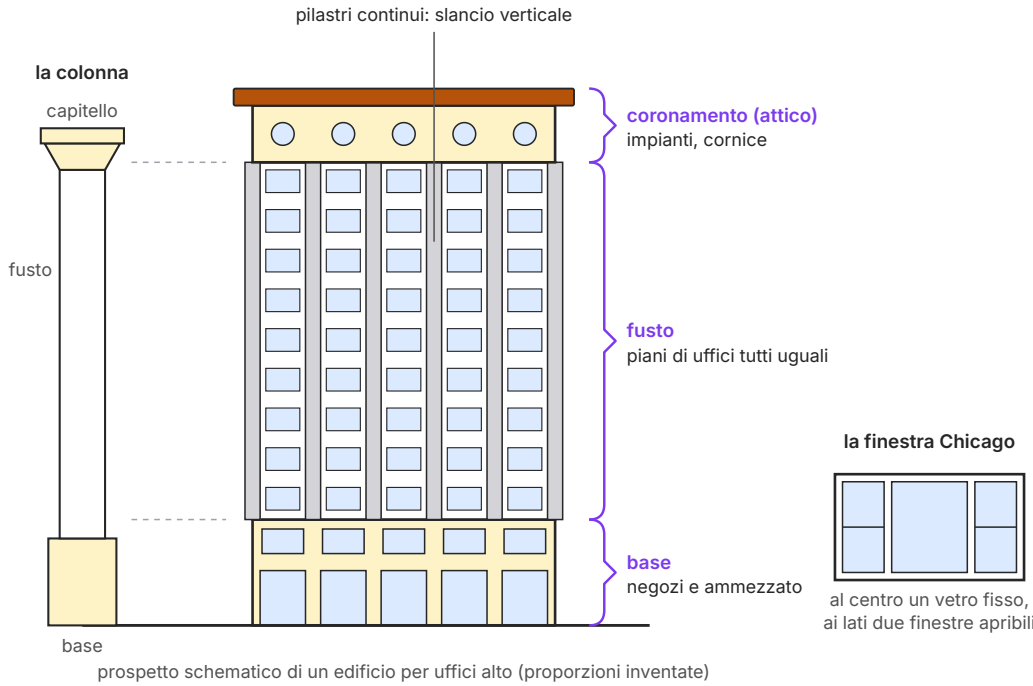


Figura 6.6 L'edificio alto per uffici secondo Sullivan: prospetto schematico (proporzioni inventate, non è il disegno di un edificio reale). La base con negozi e ammezzato, il fusto di piani tutti uguali con pilastri continui, il coronamento con l'attico e la cornice; a sinistra, il paragone con la colonna classica, diffuso all'epoca ma secondario per Sullivan; a destra, la finestra Chicago.

ERRORE FREQUENTE

«La forma segue la funzione» vuol dire «niente ornamenti». Non per Sullivan. Il Guaranty Building è interamente rivestito di pannelli di terracotta coperti da un fitto ornamento vegetale, e nei grandi magazzini Carson Pirie Scott di Chicago (1899–1904) la base è decorata da una ricca ghisa a motivi di foglie. Per Sullivan l'ornamento è come il fiore della pianta: cresce dalla struttura, non le è appiccicato sopra. Il rifiuto dell'ornamento verrà dopo, con Adolf Loos (cap. 7) e con il Movimento moderno.

6.5.4 Chicago 1893: un passo indietro?

Nel 1893 Chicago ospita la sua Esposizione universale, la *World's Columbian Exposition*, per i quattrocento anni del viaggio di Colombo. Ci si aspetterebbe il trionfo della Scuola di Chicago; accade il contrario. Sotto la direzione di Daniel Burnham i padiglioni principali sono costruiti in un grandioso stile classico, con colonnati e cupole dipinti di bianco: la «Città bianca». Il ferro c'è, ma nascosto sotto stucchi e intonaci. Solo Sullivan, con il padiglione dei Trasporti e la sua grande porta dorata, propone qualcosa di diverso; nella sua autobiografia scriverà che quell'Esposizione aveva fatto arretrare l'architettura americana di mezzo secolo. L'attrazione più moderna resta una macchina: la grande ruota panoramica di George Ferris, la risposta americana alla torre di Eiffel.

6.6 Verso il Novecento

6.6.1 Il terzo materiale: il cemento armato

Alla fine del secolo compare un terzo materiale, destinato a dominare il Novecento: il **cemento armato**, un calcestruzzo (miscela di cemento, sabbia, ghiaia e acqua che indurisce come una pietra) in cui sono annegate barre di ferro o d'acciaio. Il calcestruzzo resiste alla compressione, il ferro alla trazione: insieme resistono a entrambi gli sforzi, si colano in qualunque forma e temono il fuoco meno del metallo nudo. Joseph Monier ne brevetta un uso nel 1867, per vasi da giardino; François Hennebique, con il brevetto del 1892, ne fa un sistema completo di pilastri, travi e solai. In Italia l'impresa torinese di Giovanni Antonio Porcheddu, concessionaria del sistema, costruisce a Roma il ponte del Risorgimento (1911), con un'unica arcata di circa 100 m. Con Auguste Perret (cap. 14) il telaio di cemento armato diventerà architettura.

Con il ferro, il vetro e il cemento armato, alla fine dell'Ottocento tutti gli strumenti del Movimento moderno sono pronti: lo scheletro portante, il muro leggero, le grandi vetrate, le grandi luci. Ciò che manca è un linguaggio. Per una generazione ancora gli architetti continueranno a cercarlo da due parti: nell'ornamento nuovo dell'Art Nouveau, che studierai nel prossimo capitolo, e nella semplicità della forma che nasce dalla funzione.

DA RICORDARE

Che cosa portano il ferro e il vetro.

- **Modulo e prefabbricazione**: l'edificio come prodotto industriale (Crystal Palace).
- **Traliccio**: aste triangolate, a trazione o a compressione (Tour Eiffel).
- **Grandi luci**: archi a tre cerniere (Galerie des Machines).
- **Strada coperta**: la galleria come piazza della città (Milano, Napoli).
- **Telaio e ascensore**: il muro ridotto a rivestimento (Chicago).
- **Linguaggio**: mostrare la struttura o nasconderla? Sullivan: la forma segue la funzione.

Ripercorri le date del capitolo nella Figura 6.7: in mezzo secolo, dal Crystal Palace al Guaranty Building, il ferro passa dalla serra al grattacielo.

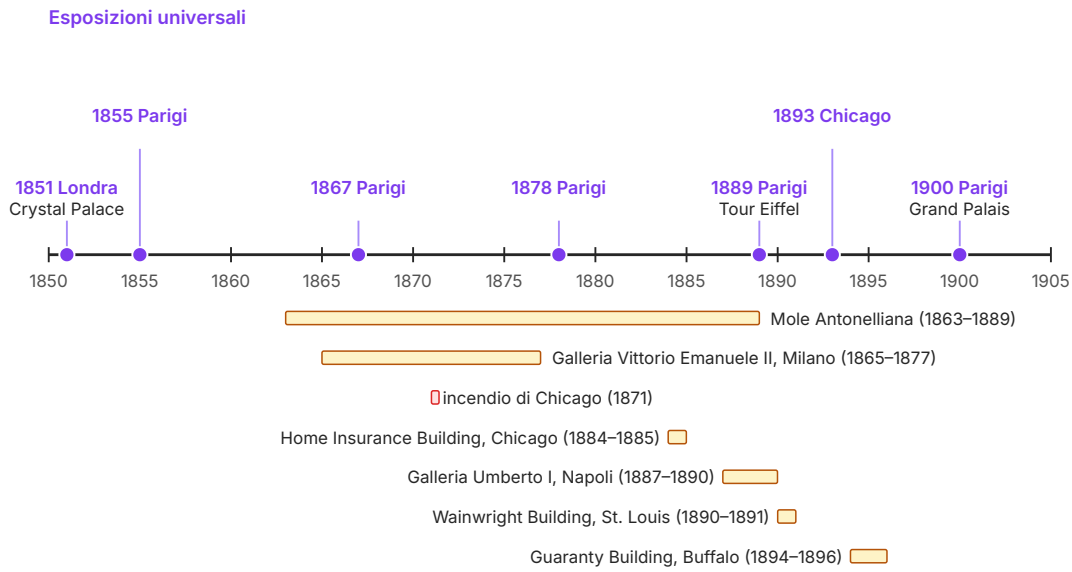


Figura 6.7 Cronologia proporzionale 1850–1905: in alto alcune delle Esposizioni universali citate nel capitolo, in basso gli edifici (anni di costruzione) e l'incendio di Chicago.

6.6.2 Dove vedere le opere

Molte opere di questo capitolo sono scomparse, ma quelle che restano si possono visitare, e sono quasi tutte spazi pubblici, aperti a tutti, spesso senza biglietto: la Galleria di Milano e quella di Napoli si attraversano camminando. Quando ci entri, alza gli occhi: osserva come le volte

di ferro si appoggiano sulle facciate di muratura, conta le campate, cerca i ribattini e le giunzioni dei pezzi (Tabella 6.2).

Tabella 6.2 Dove si trovano le opere del capitolo (approccio diretto all'opera).

Opera	Luogo	Che cosa si vede oggi
Crystal Palace (1851)	Londra, Crystal Palace Park (Sydenham)	l'edificio non esiste più (incendio del 1936); restano le terrazze e il parco
Stazione di St Pancras (1868)	Londra	la tettoia di Barlow e l'albergo di Scott, restaurati; stazione in funzione
Tour Eiffel (1887–1889)	Parigi, Champ-de-Mars	visitabile fino al terzo piano
Grand Palais e Petit Palais (1900)	Parigi	sedi di mostre e museo; le coperture di ferro e vetro
Stazione d'Orsay (1900)	Parigi, Musée d'Orsay	la grande aula della stazione trasformata in museo
Galleria Vittorio Emanuele II (1865–1877)	Milano, piazza del Duomo	in uso come galleria commerciale; la cupola e i bracci vetrati
Galleria Umberto I (1887–1890)	Napoli, di fronte al Teatro di San Carlo	in uso come galleria; la cupola sull'incrocio
Mole Antonelliana (1863–1889)	Torino	Museo nazionale del Cinema; ascensore panoramico fino al tempietto
Monadnock e Reliance Building	Chicago	ancora in uso: muratura portante e facciata di vetro a pochi isolati di distanza
Wainwright e Guaranty Building	St. Louis; Buffalo (Stati Uniti)	in uso come uffici; l'ornamento di terracotta di Sullivan

SINTESI

- Le **Esposizioni universali** (Londra 1851; Parigi 1855, 1867, 1878, 1889, 1900; Chicago 1893) sono vetrine dell'industria e gare tra le nazioni; richiedono edifici enormi, luminosi e rapidi da costruire, e lasciano alle città opere, parchi e infrastrutture.
- Il ferro e il vetro creano **nuovi tipi edilizi**: il padiglione espositivo, la tettoia della stazione, il mercato coperto, la galleria commerciale, il grande magazzino, il grattacielo.
- Il **Crystal Palace** di Joseph Paxton (1851) nasce dall'esperienza delle serre: un modulo di 24 piedi (circa 7,32 m), pezzi prefabbricati, montaggio in pochi mesi, colonne cave che fanno da pluviali; smontato e ricostruito a Sydenham, bruciò nel 1936.
- La **Tour Eiffel** (1887–1889; ingegneri Koechlin e Nouguier, architetto Sauvestre, impresa Eiffel), alta circa 300 m, è un traliccio di ferro pudellato la cui forma risponde alla spinta del vento; fu contestata dagli artisti nel 1887 e salvata dalla sua utilità.
- La **Galerie des Machines** (Dutert e Contamin, 1889; demolita nel 1910) copriva più di 110 m di luce con archi reticolari a tre cerniere, che si adattano alle dilatazioni senza sforzi aggiuntivi.
- In Italia il tipo della **galleria** unisce facciate in muratura e coperture di ferro e vetro: Galleria Vittorio Emanuele II a Milano (1865–1877), Galleria Umberto I a Napoli (1887–1890); la Mole Antonelliana (1863–1889) porta invece al limite la muratura.
- A **Chicago**, ricostruita dopo l'incendio del 1871, l'ascensore di sicurezza e la **struttura a telaio** permettono il grattacielo: i muri diventano rivestimento, il metallo è protetto dal fuoco con la terracotta, compare la finestra Chicago.
- L'Home Insurance Building di Jenney (1884–1885) è di solito considerato il primo grattacielo con struttura metallica; il Monadnock (1889–1891) mostra il limite della muratura portante.
- **Louis Sullivan** (Wainwright, 1890–1891; Guaranty, 1894–1896) dà all'edificio alto la tripartizione base–fusto–coronamento e scrive nel 1896 che «la forma segue sempre la funzione»: è l'origine del funzionalismo, ma non un rifiuto dell'ornamento.
- L'Esposizione di Chicago del 1893 torna allo stile classico della «Città bianca»; intanto il **cemento armato** (brevetto Hennebique, 1892) completa i materiali del Movimento moderno.

ESERCIZI

Comprendere e ricordare

1. ● La prima Esposizione universale si tenne:
   - **A.** a Parigi nel 1855
   - **B.** a Londra nel 1851
   - **C.** a Vienna nel 1873
   - **D.** a Chicago nel 1893

2. ● Joseph Paxton, prima del Crystal Palace, era noto soprattutto come:
   - **A.** ingegnere di ponti ferroviari
   - **B.** architetto di stazioni
   - **C.** pittore di paesaggi
   - **D.** giardiniere e costruttore di serre

3. ● Nel Crystal Palace le colonne cave di ghisa:
   - **A.** portavano il tetto e servivano anche da pluviali
   - **B.** contenevano i tubi del gas per l'illuminazione
   - **C.** erano decorative e non portavano nulla
   - **D.** servivano a far circolare l'aria calda

4. ● La Tour Eiffel è fatta di:
   - **A.** acciaio Bessemer
   - **B.** ghisa colata in grandi pezzi
   - **C.** ferro pudellato
   - **D.** cemento armato con barre di ferro

5. ● Nella Galerie des Machines gli archi a tre cerniere permettevano:
   - **A.** di adattarsi alle dilatazioni del metallo senza sforzi aggiuntivi
   - **B.** di eliminare del tutto la spinta sugli appoggi
   - **C.** di costruire senza fondazioni
   - **D.** di smontare la sala in pochi giorni

6. ● La Galleria Umberto I di Napoli:
   - **A.** è una stazione con una tettoia di ferro
   - **B.** è il primo grattacielo italiano
   - **C.** fu costruita per l'Esposizione del 1851
   - **D.** è una galleria a croce nata con il risanamento dopo il colera del 1884

7. ● Nella struttura a telaio i muri esterni:
   - **A.** diventano più spessi alla base
   - **B.** non portano i piani e diventano un rivestimento
   - **C.** portano metà del peso dei solai
   - **D.** sono sostituiti da archi di ghisa

8. ● Secondo Sullivan, il fusto di un edificio alto per uffici deve:
   - **A.** avere un piano diverso dall'altro
   - **B.** essere senza finestre
   - **C.** mostrare piani tutti uguali, uniti da pilastri continui
   - **D.** imitare un tempio greco

9. ● L'Esposizione di Chicago del 1893 è ricordata come la «Città bianca» perché:
   A. era costruita in marmo di Carrara
   B. era costruita interamente in vetro bianco
   C. era coperta da un unico tetto di vetro
   D. i padiglioni principali erano in stile classico, dipinti di bianco

Lessico dell'arte

10. ● Definisci in una o due righe: *a*) modulo; *b*) prefabbricazione; *c*) traliccio; *d*) cerniera; *e*) ribattino.

11. ● Abbina ogni termine alla definizione. Termini: 1) padiglione; 2) tettoia; 3) grande magazzino; 4) grattacielo; 5) finestra Chicago; 6) rivestimento ignifugo. Definizioni: A) grande vetro fisso tra due finestre apribili più strette; B) edificio temporaneo di un'Esposizione, dedicato a una nazione o a un settore; C) copertura di ferro e vetro sopra i binari di una stazione; D) protezione dal fuoco della struttura metallica, spesso in terracotta; E) edificio per uffici molto alto, con struttura a telaio e ascensori; F) edificio di molti piani dove si vendono merci di ogni tipo a prezzo fisso.

12. ● Vero o falso? Correggi le affermazioni false. *a*) Il ferro non brucia, quindi una struttura metallica non teme gli incendi. *b*) In un arco incastrato gli appoggi bloccano anche la rotazione. *c*) Il Crystal Palace fu distrutto da un incendio nel 1851, alla chiusura dell'Esposizione. *d*) Il cemento armato unisce un materiale che resiste a compressione e uno che resiste a trazione.

13. ● Completa: «In un edificio in _____ ogni muro porta i piani superiori, e il suo spessore cresce verso il _____; in un edificio a _____ i carichi sono portati da pilastri e _____, e il muro esterno diventa un _____.»

14. ●● Spiega il significato della parola *funzionalismo*, da quale frase deriva e chi la scrisse, e perché non va confusa con il rifiuto dell'ornamento.

15. ●● Che cos'è un *tipo* edilizio? Spiegalo con l'esempio della galleria commerciale, indicando gli elementi che la Galleria di Milano e quella di Napoli hanno in comune.

Collocare nel tempo e nello spazio

16. ● Metti in ordine cronologico, scrivendo la data: Galerie des Machines; incendio di Chicago; Crystal Palace; Guaranty Building (fine dei lavori); brevetto Hennebique; Galleria Vittorio Emanuele II (inizio dei lavori); Home Insurance Building (fine dei lavori); Esposizione di Chicago; incendio del Crystal Palace a Sydenham.

17. ● Abbina ogni opera all'autore e alla città: 1) Crystal Palace; 2) Galerie des Machines; 3) Galleria Umberto I; 4) Mole Antonelliana; 5) Home Insurance Building; 6) Wainwright Building. Autori: Antonelli; Jenney; Dutert e Contamin; Paxton; Adler e Sullivan; Rocco. Città: Londra, Parigi, Napoli, Torino, Chicago, St. Louis.

18. ●● Osserva la Figura 6.7. *a*) Quante Esposizioni universali si tennero a Parigi tra il 1855 e il 1900? *b*) Quale edificio italiano del capitolo fu in costruzione più a lungo, e quanti anni durarono i lavori? *c*) Quanti anni passano tra l'incendio di Chicago e la fine dei lavori dell'Home Insurance Building? *d*) Quali edifici della parte bassa della figura erano in costruzione nel 1888?

19. ●● Delle opere seguenti, indica quali esistono ancora e quali no, e per le scomparse la data e la causa: Crystal Palace; Tour Eiffel; Galerie des Machines; Home Insurance Building; Galleria Vittorio Emanuele II; stazione d'Orsay.

Leggere l'opera

20. ●● **Lettura d'opera.** Leggi il Crystal Palace con le quattro analisi del vol. 4, cap. 4: tipo (che cosa imita e che cosa inventa), struttura (modulo, materiali, copertura), funzione (per che cosa fu costruito, quanto doveva durare), distribuzione (navata, transetto, luce). Aiutati con la Figura 6.1.

21. ●● **Lettura d'opera.** Leggi la Tour Eiffel con lo schema dell'appendice E, adattato a un'opera d'ingegneria: identificazione; funzione e committenza (con l'accoglienza: la protesta del 1887); composizione e struttura (materiale, forma e forze); stile e contesto; collegamenti (destino e significato). Usa la Figura 6.2.

22. ●● **Leggere una struttura.** Spiega con la Figura 6.3 perché Dutert e Contamin scelsero, per la Galerie des Machines, archi a tre cerniere e non archi incastrati. Usa le parole *cerniera*, *dilatazione*, *fondazione*, *sforzi*.

23. ●● **Leggere una facciata.** Descrivi la facciata della Figura 6.6 con il metodo del vol. 4, cap. 5: partizioni orizzontali, campate e ritmo, elementi verticali e orizzontali, gerarchia. Poi spiega quale funzione corrisponde a ogni parte, secondo Sullivan.

24. ●●● **Lettura d'opera.** Leggi la Galleria Vittorio Emanuele II come tipo e come struttura (Figura 6.4): pianta, coperture, materiali e loro compiti, funzioni ai diversi piani, rapporto con la città. Confrontala con la sala di lettura di Labrouste (vol. 4, cap. 14): che cosa hanno in comune, e che cosa le distingue?

Collegare e confrontare

25. ●● **Disegno.** Su un foglio A4 orizzontale disegna in scala 1:200 la pianta di una porzione del Crystal Palace di 7 × 5 moduli (modulo di 24 piedi): una navata laterale, la navata centrale di tre moduli senza colonne intermedie, un'altra navata laterale. Rappresenta le colonne con quadratini di 2 mm, quota un modulo e la navata centrale, aggiungi la barra di scala. Calcola prima tutte le misure sul foglio.

26. ●● **Disegno.** Su un foglio A4 verticale disegna in scala 1:200 il prospetto schematico di un edificio alto «alla Sullivan»: 5 campate di 4,20 m; base di due piani (piano terreno 5,00 m, ammezzato 3,50 m); fusto di 7 piani di uffici alti 3,60 m, con pilastri continui; attico di 3,00 m e cornice di 1,00 m. Calcola larghezza e altezza totali e le misure sul foglio, e verifica che il disegno entra nell'area utile di 190 × 277 mm.

27. ●● **Fisica.** La Galerie des Machines copriva una luce di oltre 110 m. Calcola di quanto si allunga un elemento d'acciaio lungo 115 m ($\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ per °C) quando la temperatura passa da −5 °C a 35 °C. Spiega poi perché questo allungamento non mette in pericolo un arco a tre cerniere.

28. ●●● **Confronto.** Il Crystal Palace, la Mole Antonelliana e il Monadnock Building rispondono in modo diverso alla stessa domanda: che cosa fare con i materiali nuovi? Confrontali (materiale, struttura, rapporto con la tradizione, destino) e collega il confronto alla critica di Ruskin (vol. 4, cap. 13) e alla polemica sulla Tour Eiffel.

Verso l'esame

29. ●●● **Dal documento al percorso.** Documento: «*form ever follows function*» (Louis Sullivan, *The Tall Office Building Artistically Considered*, 1896). Spiega la frase, collocala nel tempo e costruisci un percorso multidisciplinare di cinque minuti con almeno quattro collegamenti (storia dell'arte, storia, filosofia, scienze o fisica, inglese).

30. ●●● **Trattazione breve (15–20 righe).** Le Esposizioni universali come laboratorio dell'architettura dell'Ottocento: perché nascono, quali problemi pongono ai costruttori, quali opere e quali tipi edilizi ne derivano, che cosa lasciano alle città. Usa almeno tre esempi del capitolo.

31. ●●● **Lettura d'opera di un edificio non letto a fondo nel capitolo.** Dati: Napoli, Galleria Umberto I, 1887–1890, progetto di Emanuele Rocco; pianta a croce con quattro ingressi, uno dei quali di fronte al Teatro di San Carlo; bracci coperti da volte di ferro e vetro, cupola di ferro e vetro sull'incrocio; facciate interne in muratura decorate in stile eclettico; negozi al piano terreno, uffici e abitazioni sopra; costruita al posto di un quartiere demolito con il risanamento dopo il colera del 1884. Leggi l'opera con lo schema dell'appendice E e confrontala con la Galleria di Milano.

PER APPROFONDIRE

- [BEN] L. Benevolo, *Storia dell'architettura moderna*: i capitoli sull'ingegneria dell'Ottocento, sulle Esposizioni e sulla Scuola di Chicago.
- [FRA] K. Frampton, *Storia dell'architettura moderna*: le pagine sull'architettura del ferro e sulle origini del grattacielo.
- [PEV] N. Pevsner, *I pionieri dell'architettura moderna*: il capitolo sugli ingegneri dell'Ottocento e su Sullivan.
- [ARG] G. C. Argan, *L'arte moderna 1770–1970*: per il rapporto tra tecnica, industria e architettura alla fine del secolo.

Glossario del capitolo

Arco a tre cerniere
Arco con due cerniere agli appoggi e una in chiave: si adatta a dilatazioni e cedimenti senza sforzi aggiuntivi.

Arco incastrato
Arco i cui appoggi bloccano sia gli spostamenti sia le rotazioni; più rigido, ma sensibile a dilatazioni e cedimenti.

Ascensore di sicurezza
Ascensore con un freno che blocca la cabina sulle guide se la fune si spezza (Otis, dimostrazione del 1854).

Cemento armato
Calcestruzzo con barre di ferro o d'acciaio annegate, resistente a compressione e a trazione.

Cerniera
Nodo o appoggio che permette la rotazione degli elementi che collega.

Esposizione universale
Grande mostra internazionale dei prodotti dell'industria e delle arti delle nazioni; la prima a Londra nel 1851.

Ferro pudellato
Ferro con pochissimo carbonio, ottenuto per pudellatura: il materiale della Tour Eiffel.

Finestra Chicago
Un grande vetro fisso al centro e due finestre apribili più strette ai lati.

Funzionalismo
Principio per cui la forma di un edificio deriva dalla sua funzione (Sullivan, 1896).

Grande magazzino
Edificio di molti piani dove si vendono merci di ogni tipo a prezzo fisso.

Grattacielo
Edificio per uffici molto alto, con struttura a telaio e ascensori; nasce a Chicago negli anni Ottanta.

Modulo
Misura base che si ripete in tutto l'edificio e di cui le altre misure sono multipli.

Muratura portante
Sistema costruttivo in cui i muri portano il peso dei piani superiori; lo spessore cresce verso il basso.

Padiglione
Edificio temporaneo o semipermanente di un'Esposizione, dedicato a una nazione o a un settore.

Ribattino
Chiodo metallico infilato rovente nei fori di due pezzi e ribattuto: raffreddandosi li serra.

Rivestimento ignifugo
Protezione della struttura metallica dal fuoco, a Chicago in blocchi di terracotta.

Struttura a telaio
Scheletro di pilastri e travi che porta tutti i carichi; i muri esterni diventano un rivestimento.

Tettoia
Grande copertura di ferro e vetro sopra i binari di una stazione.

Traliccio
Struttura reticolare di aste dritte che formano triangoli; ogni asta lavora solo a trazione o a compressione.

Tripartizione
Divisione della facciata dell'edificio alto in base, fusto e coronamento, che Sullivan fa derivare dalle funzioni dei piani (spesso paragonata alla colonna classica).

Soluzioni

1. B. Londra, 1851: la *Great Exhibition* nel Crystal Palace di Hyde Park.

2. D. Capo giardiniere del duca di Devonshire a Chatsworth, costruttore di grandi serre.

3. A. Portavano la copertura e raccoglievano l'acqua piovana dai canali: ogni pezzo fa più di un lavoro.

4. C. Ferro pudellato, non acciaio.

5. A. Con tre cerniere l'arco si alza o si abbassa in chiave quando il metallo si dilata o una fondazione cede, senza sforzi aggiuntivi.

6. D. Galleria a croce con cupola di ferro e vetro (1887–1890), nata con il risanamento di Napoli.

7. B. Il telaio porta tutti i carichi; il muro esterno è un rivestimento appeso alla struttura.

8. C. I piani di uffici sono tutti uguali e devono apparire tali; i pilastri continui sottolineano lo slancio verticale.

9. D. Sotto la direzione di Burnham i padiglioni principali furono costruiti in stile classico e dipinti di bianco.

10. *a*) Misura base che si ripete in tutto l'edificio e di cui le altre misure sono multipli (nel Crystal Palace, 24 piedi). *b*) Produzione in officina di elementi standard, tutti uguali, montati poi in cantiere. *c*) Struttura di aste dritte collegate a formare triangoli; ogni asta lavora solo a trazione o a compressione. *d*) Nodo o appoggio che permette la rotazione. *e*) Chiodo metallico infilato rovente nei fori di due pezzi e ribattuto: raffreddandosi li serra insieme.

11. 1-B; 2-C; 3-F; 4-E; 5-A; 6-D.

12. *a*) Falso: il ferro non brucia, ma con il calore perde resistenza e si deforma; per questo a Chicago si protegge con la terracotta. *b*) Vero. *c*) Falso: fu smontato nel 1852, rimontato a Sydenham e distrutto da un incendio nel 1936. *d*) Vero: il calcestruzzo resiste a compressione, il ferro (o l'acciaio) a trazione.

13. muratura portante; basso; telaio; travi; rivestimento.

14. *Traccia*: il funzionalismo è il principio per cui la forma di un edificio deve derivare dalla sua funzione; deriva dalla frase «form ever follows function» di Louis Sullivan (1896), che la presentava come una legge della natura. Per Sullivan l'ornamento cresce dalla struttura come un fiore (il Guaranty è rivestito di terracotta ornata): il rifiuto dell'ornamento verrà con Loos e con il Movimento moderno.

15. *Traccia*: un tipo è un insieme di edifici che rispondono alla stessa funzione con un'organizzazione simile dello spazio. La galleria commerciale è una strada pedonale coperta con negozi ai lati. In comune, Milano e Napoli hanno: pianta a croce, bracci con volte di ferro e vetro, cupola di ferro e vetro sull'incrocio, facciate interne in muratura eclettica, negozi al piano terreno e altri usi sopra, il ruolo di piazza coperta.

16. Crystal Palace 1851; Galleria Vittorio Emanuele II, inizio 1865; incendio di Chicago 1871; Home Insurance Building 1885; Galerie des Machines 1889; brevetto Hennebique 1892; Esposizione di Chicago 1893; Guaranty Building 1896; incendio del Crystal Palace 1936.

17. 1) Paxton, Londra; 2) Dutert e Contamin, Parigi; 3) Rocco, Napoli; 4) Antonelli, Torino; 5) Jenney, Chicago; 6) Adler e Sullivan, St. Louis.

18. *a*) Cinque: 1855, 1867, 1878, 1889, 1900. *b*) La Mole Antonelliana, dal 1863 al 1889: 26 anni. *c*) Dal 1871 al 1885: 14 anni. *d*) La Mole Antonelliana (1863–1889) e la Galleria Umberto I (1887–1890). Dal testo sai che nel 1888 era in costruzione anche la Tour Eiffel (1887–1889).

19. Esistono: Tour Eiffel; Galleria Vittorio Emanuele II; stazione d'Orsay (oggi Musée d'Orsay). Scompar-

se: Crystal Palace (smontato nel 1852, ricostruito a Sydenham, distrutto da un incendio nel 1936); Galerie des Machines (demolita nel 1910); Home Insurance Building (demolito nel 1931).

20. *Traccia*: tipo: deriva dalla serra, ma inventa il grande padiglione espositivo prefabbricato; struttura: griglia di colonne di ghisa a modulo di 24 piedi (circa 7,32 m), travi, telai di legno e ferro, circa 300 000 lastre di vetro, copertura a creste e solchi, colonne cave come pluviali; funzione: ospitare la Grande Esposizione del 1851, edificio temporaneo, da smontare; distribuzione: navata centrale di tre moduli, navate laterali con gallerie, transetto voltato sopra gli olmi, luce da ogni parte. Significato: il primo grande edificio pubblico concepito come prodotto industriale.

21. *Traccia*: Parigi, 1887–1889, impresa Eiffel, progetto di Koechlin e Nouguier rielaborato da Sauvestre; ingresso dell'Esposizione del 1889, centenario della Rivoluzione; traliccio di ferro pudellato, circa 18 000 pezzi e 2,5 milioni di ribattini; quattro piloni su un quadrato di circa 125 m, piattaforme a circa 57, 116 e 276 m, altezza circa 300 m; profilo dei piloni studiato in funzione del vento; protesta degli artisti del 1887 («inutile e mostruosa»); salvata dall'uso radiotelegrafico; costruzione più alta del mondo fino al 1930, simbolo di Parigi e della modernità.

22. *Traccia*: l'arco incastrato blocca spostamenti e rotazioni: la dilatazione del metallo con il caldo e gli abbassamenti delle fondazioni producono sforzi aggiuntivi difficili da calcolare. Con tre cerniere (due agli appoggi, una in chiave) l'arco può ruotare nei nodi: la chiave si alza o si abbassa e gli sforzi si calcolano con le sole leggi dell'equilibrio. È la scelta più sicura per una luce di oltre 110 m mai tentata prima.

23. *Traccia*: tre partizioni orizzontali (base, fusto, coronamento) separate da cornici; 5 campate uguali, ritmo regolare A A A A A; nel fusto prevalgono le verticali (pilastri continui), nella base e nell'attico le orizzontali; gerarchia: base aperta con grandi vetrine, fusto ripetitivo, attico chiuso con piccole aperture e cornice aggettante. Funzioni: negozi e ingressi nella base, uffici tutti uguali nel fusto, impianti nell'attico.

24. *Traccia*: pianta a croce, bracci di quasi 200 e circa 105 m, larghi circa 14,5 m, con ottagono centrale; volte a botte e cupola di ferro e vetro; facciate interne di muratura eclettica che chiudono e portano, ferro che copre e porta la luce; negozi e caffè al piano terreno, uffici e abitazioni sopra; collega piazza del Duomo e piazza della Scala, «salotto» della città. In comune con Labrouste: divisione dei compiti tra muratura e ferro, ferro in vista. Differenza: a Labrouste il ferro è dentro un edificio pubblico chiuso; a Milano copre uno spazio urbano, una strada.

25. Modulo 7,3152 m → 7315 : 200 ≈ 36,6 mm. Ingombro: 7 moduli × 36,6 ≈ 256 mm (lato lungo, entra nei 277 mm); 5 moduli ≈ 183 mm (lato corto, entra nei 190 mm, ma con soli 7 mm per le quote: conviene ridurre i margini o mettere le quote all'esterno solo da un lato). Navata centrale 3 × 36,6 ≈ 110 mm (21,95 m). Barra di scala: 10 m = 50 mm.

26. Larghezza 5 × 4,20 = 21,00 m → 105 mm. Altezza 5,00 + 3,50 + 7 × 3,60 + 3,00 + 1,00 = 37,70 m → 188,5 mm. Il disegno (105 × 188,5 mm) entra nell'area utile di 190 × 277 mm, con 85 mm di margine in larghezza e circa 88 mm in altezza per la linea di terra, le quote e il titolo. Piano terreno 25 mm, ammezzato 17,5 mm, piani di uffici 18 mm, attico 15 mm, cornice 5 mm; campata 21 mm.

27. $\Delta T = 35 - (-5) = 40\ ^\circ\text{C}$. $\Delta L = 0{,}000012 \times 115 \times 40 = 0{,}0552$ m ≈ 5,5 cm. In un arco a tre cerniere le due metà possono ruotare intorno agli appoggi e alla cerniera in chiave: l'allungamento fa alzare leggermente la chiave, senza produrre sforzi aggiuntivi nell'arco né spinte impreviste sugli appoggi.

28. *Traccia*: Crystal Palace: ferro, vetro e legno, prefabbricazione, nessun riferimento agli stili, edificio temporaneo, smontato e poi distrutto dal fuoco; Mole: mattoni portati al limite, rifiuto del ferro, forme della tradizione (cupola, colonnati, guglia), monumento della città; Monadnock: muratura portante su sedici piani, muri di circa 1,8 m alla base, forma severa: l'ultimo del suo genere. Ruskin rifiuta il palazzo di vetro in nome dell'artigiano; gli artisti

del 1887 rifiutano la torre in nome della storia di Parigi; Eiffel risponde che anche le forme della tecnica hanno una loro bellezza.

29. *Traccia*: 1) arte: Sullivan, la tripartizione dell'edificio alto, Wainwright e Guaranty, il funzionalismo del Movimento moderno (cap. 14) e la sua crisi (cap. 16); 2) storia: la seconda rivoluzione industriale, la crescita delle città americane, la ricostruzione di Chicago dopo l'incendio del 1871; 3) filosofia: il Positivismo e l'evoluzionismo, la forma come espressione della funzione negli organismi; 4) scienze: l'analogia biologica (la forma degli organi e la loro funzione); 5) fisica: telaio, carichi, ascensore e motore elettrico; 6) inglese: l'età vittoriana, la Great Exhibition, il saggio stesso, in inglese.

30. *Traccia*: perché nascono (industria, concorrenza tra nazioni, progresso, Positivismo); problemi (edifici enormi, luminosi, rapidi da costruire e da smontare, grandi luci, prestigio); opere: Crystal Palace (modulo, prefabbricazione), Tour Eiffel (traliccio, altezza), Galerie des Machines (tre cerniere, luce di oltre 110 m), Grand Palais (1900, ferro dietro le facciate storiche), Chicago 1893 (Città bianca); tipi derivati: padiglione, stazione, galleria, grande magazzino; eredità per la città: parchi, musei, ponti, metropolitana, la torre come simbolo.

31. *Traccia*: identificazione (Napoli, 1887–1890, Emanuele Rocco); tipo: galleria commerciale a croce; struttura: muratura per le facciate, ferro e vetro per le volte e la cupola; funzione: negozi, uffici, abitazioni, passaggio pubblico coperto; contesto: risanamento dopo il colera, demolizione di un quartiere di vicoli, ruolo di piazza di fronte al San Carlo; stile: eclettico; confronto con Milano: stesso tipo e stessa divisione dei compiti tra muratura e ferro, proporzioni più alte e decorazione più ricca a Napoli, più tarda di circa vent'anni.