

‘Sapienza’ Università di Roma
Facoltà di Architettura ‘Ludovico Quaroni’
AA 2015 - 2016
Corso di Laurea in Scienze dell’Architettura

Corso di Disegno

Riccardo Migliari*, Marta Salvatore†, Valeria Talarico‡

12 dicembre 2015

*Professore ordinario di Fondamenti e applicazioni della geometria descrittiva, titolare del corso

†Dottore di ricerca in Rilievo e rappresentazione dell’architettura e dell’ambiente

‡Dottoranda



1 Premessa

Gli architetti progettano e realizzano i complessi oggetti della loro attività professionale per il tramite di modelli. Questi modelli possono essere semplici schizzi, disegni tecnici o rappresentazioni grafiche codificate, modelli virtuali realizzati al computer o modelli fisici prototipi.

I Corsi di Disegno, al primo anno, e di Fondamenti e applicazioni della geometria descrittiva, al secondo anno, si occupano di formare, nello studente architetto, la capacità di realizzare e gestire questi modelli. Perciò, da un punto di vista meramente tecnico, i due corsi suddetti insegnano a utilizzare gli strumenti del disegno tradizionale (matita, penna, acquerello, riga e compasso) e del disegno informatico (computer e relativi programmi di rappresentazione) al fine di rappresentare l'architettura.

Ma c'è un secondo e più importante obiettivo che i due corsi debbono cogliere ed è quello di formare la capacità di immaginare e costruire le forme dello spazio a tre dimensioni. Infatti, per realizzare un qualsiasi modello, sia esso un veloce appunto grafico, come un elaborato modello virtuale, bisogna prima comprendere nella mente la sua forma e le relazioni che legano insieme le varie parti. Questo obiettivo si ottiene imparando una teoria che si chiama geometria descrittiva e praticando un paziente esercizio di lettura e scrittura delle forme stesse.

Leggere una forma vuol dire capire come è fatta, quale rapporto dimensionale ha con noi che la osserviamo e quali sono i suoi rapporti interni metrici e proporzionali. Scrivere vuol dire rappresentare, con la matita o con il computer, quel che si è visto, apprezzato, misurato e compreso, per comunicare ad altri, ma, prima ancora, per dialogare con noi stessi e appropriarci, così, della forma studiata.

2 Contenuti dei Corsi di Disegno e Geometria

Nel Corso di Disegno saranno illustrate le seguenti teorie: la *Prospettiva* come metodo di rappresentazione generale; la *Rappresentazione in pianta e alzato*, nei suoi principi fondativi e nelle sue applicazioni elementari; l'*Assonometria* obliqua e ortogonale, come specializzazione della prospettiva.

Nel Corso di Disegno, sarà anche impartito l'addestramento all'uso delle seguenti tecniche: il disegno a mano libera, al tratto e campito all'acquerello, inteso come rilievo a vista dell'architettura contemporanea e storica; il disegno tecnico a riga e compasso, applicato alla rappresentazione in pianta e alzato di architetture.

Nel Corso di Fondamenti e Applicazioni della Geometria Descrittiva, al secondo anno, saranno illustrate le seguenti teorie: la *Rappresentazione matematica*, come metodo di rappresentazione digitale che utilizza strumenti informatici; la *Rappresentazione numerica*, con particolare riferimento alla teoria delle ombre e del chiaroscuro (*rendering*); lo studio e la costruzione delle curve e delle superfici di secondo grado; la costruzione delle superfici di interpolazione.

Inoltre, nel Corso di Fondamenti e Applicazioni della Geometria Descrittiva, sarà impartito l'addestramento all'uso delle seguenti tecniche: il disegno digitale 2D e 3D, la costruzione di superfici complesse formate da *patch* in continuità di tangenza e di curvatura; la modellazione parametrica; la fotografia per l'architettura (tradizionale e panoramica); la creazione di modelli ibridi, che integrano la fotografia e la modellazione digitale.

Ad ogni lezione teorica, della durata di un'ora e mezza, sarà associata una esercitazione in aula della durata di due ore circa.

3 Diario delle lezioni.

5 Ottobre 2015

Prolusione: *I modelli dello spazio come appare, e come è.* Il disegno nello studio e nella pratica del progetto. I metodi di rappresentazione grafica e digitale. L'organizzazione del Corso.

7 Ottobre 2015

Lezione 01: *I mattoni del modello: fondamenti di geometria elementare e prime costruzioni grafiche.* Punto, retta, piano, direzione di una stella di rette, giacitura di un fascio di piani. Parallelismo, nel piano e nello spazio. Perpendicolarità, nel piano e nello spazio.

Esercitazione in aula: costruzioni grafiche elementari.

12 Ottobre 2015

Lezione 02: *L'operazione di proiezione e sezione.* Proiezione centrale o conica, cilindrica o parallela. Sezione della stella di rette e di piani proiettanti con il quadro. L'operazione di proiezione e sezione come modello geometrico della visione, della fotografia, della proiezione fotografica e cinematografica. Costruzione della macchina prospettica: il centro di proiezione, il quadro e il cerchio di distanza. La proiezione di una retta incidente il quadro.

Esercitazione in aula: costruzione del modello della macchina prospettica.

14 Ottobre 2015

Lezione 03: *Fondamenti di prospettiva.* Ragionamenti sopra la prospettiva di una retta: la relazione biunivoca che intercede tra la retta oggettiva e la sua proiezione; la fuga come immagine della direzione. La giacitura come luogo geometrico delle direzioni che appartengono a un piano. La fuga di un piano come immagine della giacitura. Esempio: l'orizzonte come immagine della giacitura dei piani orizzontali.

Esercitazione in aula: prospettiva a vista dell'aula con il riconoscimento delle classi di rette parallele e perpendicolari.

19 Ottobre 2015

Lezione 04: *La prospettiva. L'impostazione della prospettiva a quadro verticale.* Il problema della inaccessibilità delle tracce e la conseguente necessità di una riduzione in scala dello spazio prospettico. La costruzione della macchina prospettica: L'osservatore o centro di proiezione e il cerchio di distanza; il piano geometrico, la retta fondamentale; il piano dell'orizzonte, l'orizzonte; il piano meridiano, il piano anteriore. La rappresentazione e la ricostruzione nello spazio

di rette perpendicolari al quadro. La rappresentazione e ricostruzione nello spazio di rette inclinate a quarantacinque gradi con il quadro. La proprietà di queste rette che è utile nei problemi di misura. La rappresentazione di un punto che appartiene a una retta perpendicolare al quadro come intersezione, con la stessa, di una retta inclinata a quarantacinque gradi.

Esercitazione in aula: modello che illustra la misura di una retta perpendicolare al quadro.

21 Ottobre 2015

Lezione 05: La prospettiva: introduzione alle operazioni di misura. La rappresentazione e ricostruzione nello spazio di rette inclinate a quarantacinque gradi con il quadro. La proprietà di queste rette che è utile nei problemi di misura. La rappresentazione di un punto che appartiene a una retta perpendicolare al quadro come intersezione, con la stessa, di una retta inclinata a quarantacinque gradi.

Esercitazione in aula: analisi di una prospettiva (misure degli oggetti rappresentati, rapporti di scala, punti di fuga, rette di fuga).

26 Ottobre 2015

Lezione 06: La prospettiva. La prospettiva. La misura dell'angolo formato da una retta perpendicolare al quadro e da una retta in posizione generica, incidenti in un punto (ribaltamento di un piano proiettante perpendicolare al quadro). La misura di rette perpendicolari al quadro su piani qualsiasi.

Esercitazione in aula: modello della misura di un angolo.

28 Ottobre 2015

Lezione 07: La prospettiva. Esercizi sulla mutua appartenenza di rette e piani, sulla misura di rette perpendicolari al piano. Pratica di campitura di superfici circoscritte con l'acquerello.

2 Novembre 2015

Lezione 08: La prospettiva. La rappresentazione di una retta in posizione generica (orizzontale e non) e la sua ricostruzione nello spazio. La misura dell'angolo formato da una retta perpendicolare al quadro e da una retta in posizione generica, incidenti in un punto (ribaltamento di un piano proiettante perpendicolare al quadro).

L'impostazione della prospettiva d'angolo. Il teorema dell'angolo al centro e la sua utilizzazione nella costruzione della prospettiva di due rette ortogonali del geometrale. La misura di una retta orizzontale obliqua. I punti di misura e il cerchio di misura. Applicazione alla misura di una retta generica. Le tracce e le fughe inaccessibili: soluzione dei relativi problemi: applicazioni del teorema di

Desargues e cerchi di misura ridotti.

Esercitazione in aula: impostazione della prospettiva d'angolo.

4 Novembre 2015

Lezione 9: La prospettiva. L'impostazione di una prospettiva d'angolo.

Esercizi sulla rappresentazione di rette e piani in posizione generica e sulla misura di segmenti.

9 Novembre 2015

Lezione 10: La prospettiva. I problemi di pendenza: la misura dell'angolo di pendenza di una retta (con ribaltamento di un piano proiettante generico). Elementi caratteristici di un piano inclinato e loro relazioni geometriche: la traccia geometrica, la retta di massima pendenza e la relativa proiezione geometrica. La rappresentazione di un piano di dato angolo di pendio.

Esercitazione in aula: modello di un piano inclinato e dei suoi elementi caratteristici.

11 Novembre 2015

Lezione 11: La teoria delle ombre e del chiaroscuro. La rappresentazione del cerchio come linea grafica. Applicazione alla prospettiva della volta a crociera.

Prospettiva di una volta a crociera.

16 Novembre 2015

Lezione 12: La teoria delle ombre e del chiaroscuro. La teoria delle ombre e del chiaroscuro. Costruzione dell'ombra di un solido. Il contorno d'ombra portata come proiezione del contorno d'ombra propria, ovvero, nel caso dei poliedri, della spezzata separatrice d'ombra propria. Ombra propria, portata e autoportata, nell'imbotte di una porta in condizioni di controluce.

Esercitazione in aula: tecnica delle campiture e resa chiaroscurale della prospettiva di un solido.

23 Novembre 2015

Lezione 13: La rappresentazione in pianta e alzato. La macchina delle proiezioni ortogonali associate: piani di proiezione, direzioni di proiezioni relative a ciascuno; ribaltamento del secondo piano di proiezione sul primo. Rappresentazione del punto, della retta, del piano. Ricostruzione nello spazio. Piani in posizione particolare: proiettanti in prima, frontali, di profilo; proiettanti in seconda, orizzontali, di profilo. Rette in posizione particolare e loro proprietà: frontali e proiettanti in prima, orizzontali e proiettanti in seconda. Costruzione della retta

intersezione di un piano in posizione generica con un piano proiettante. Costruzione del punto intersezione di una retta con un piano. Costruzione della retta intersezione di due piani.

Esercitazione in aula su vari casi di intersezione.

25 Novembre 2015

Lezione 14: *La rappresentazione in pianta e alzato.* Problemi di misura: misura dell'angolo di pendenza di una retta e misura di un segmento che le appartiene. Rappresentazione di una retta di dato angolo di pendenza. Costruzione della retta di massima pendenza di un piano e misura dell'angolo di pendio del piano. Rappresentazione di un piano di dato angolo di pendio.

La seconda parte della lezione è stata dedicata a un riepilogo di argomenti già svolti, per dare modo agli studenti di assistere al convegno in onore di Le Corbusier.

30 Novembre 2015

Lezione 15: *La rappresentazione in pianta e alzato.* Vera forma di una figura piana. Rappresentazione di una figura data in vera forma. Affinità che intercede tra la prima proiezione e la vera forma di una figura piana. Rappresentazione di una linea grafica. Rappresentazione del cerchio come linea grafica.

Esercitazione in aula: costruzione delle proiezioni di poligoni regolari.

2 Dicembre 2015

Lezione 16: *La rappresentazione in pianta e alzato.* La perpendicolarità tra retta e piano nella rappresentazione in pianta e alzato. *Esercitazione in aula: costruzione delle proiezioni di un cilindro rotondo appoggiato su un piano in posizione generica.*

7 Dicembre 2015

Chiusura della Facoltà per il 'ponte' dell'Immacolata.

9 Dicembre 2015

Lezione 17: *Le tavole.* Lezione dedicata alla illustrazione delle tavole a alla prospettiva a quadro orizzontale.

14 Dicembre 2015

Lezione 18: *Riepilogo.* Riepilogo di argomenti trattati, rispondendo alle domande dell'elenco che segue al paragrafo 8.

16 Dicembre 2015

Lezione 19: Riepilogo. Riepilogo di argomenti trattati, rispondendo alle domande dell'elenco che segue al paragrafo 8.

21 Dicembre 2015

Lezione 20: Riepilogo. Riepilogo di argomenti trattati, rispondendo alle domande dell'elenco che segue al paragrafo 8.

Vacanze di Natale

11 Gennaio 2015

Lezione 21: L'assonometria. Il teorema di Pohlke e l'assonometria obliqua. Assonometria militare, cavaliera, speciale.

13 Gennaio 2015

Lezione 22: L'assonometria. Il teorema di Schlämilch e l'assonometria ortogonale. Assonometria trimetrica, dimetrica, isometrica. L'ingrandimento convenzionale nella assonometria isometrica.

Chiusura del Corso.

4 Organizzazione del Corso

4.1 Iscrizione

Il Corso si serve del sistema di e-learning della 'Sapienza', basato sulla piattaforma Moodle. Ogni studente, dal proprio computer o servendosi dei computer a disposizione nelle aule informatiche (che si trovano nelle sedi di via Flaminia e di via Granturco), dovrà collegarsi con il sito <http://elearning2.uniroma1.it> e leggere attentamente il *Manuale Studente*, nel quale sono riportate anche le modalità di iscrizione.

I rapporti didattici saranno gestiti attraverso il suddetto sistema, che consente agli studenti di prelevare i documenti messi a disposizione dal docente (testi, immagini, disegni e modelli 3D etc.), di comunicare con il docente stesso o di interagire in gruppi di discussione, di caricare documenti da sottoporre a verifica, di partecipare a test di valutazione, etc.

4.2 Materiali, strumenti da disegno e altro

Il Corso richiede il possesso, da parte dello studente, dei consueti materiali da disegno e di altri appresso specificati. Lo studente che frequenta le lezioni dovrà portare questi materiali e questi strumenti con sé.

Materiali da disegno: il taccuino (vedi appresso); un album da disegno formato A3; matite di durezza F e B; una penna stilografica con inchiostro blu e una con inchiostro seppia; un acquerello in tubetto color seppia o marrone scuro; un pennello fine e uno medio, per le campiture.

Strumenti: una riga, un compasso e, volendo, per rendere più spedita la costruzione, una squadra a 45°.

Altri materiali che servono per realizzare piccoli modelli: cartone anche da imballaggio o cartoncino; un paio di forbici; aste sottili di legno come stuzzicadenti e spiedini; un pezzo di plastilina; un paio di forbici; carta gommata o colla.

4.3 Testi di riferimento

Il testo di riferimento è: R. Migliari, *Geometria dei modelli*, Edizioni Kappa 2003.

4.4 Esame: elaborati e prove

L'esame consiste in una prova pratica di disegno e in una orale, nella quale viene chiesto allo studente di esporre gli argomenti teorici proposti dal docente. L'esame consiste anche nella valutazione della qualità degli elaborati grafici. Questi elaborati sono:

- il *Taccuino*, che è un quaderno rilegato, di fogli di carta da disegno, bianchi, sul quale lo studente annota e riporta in ordine gli appunti presi a lezione;
- le tavole realizzate durante le esercitazioni in aula e completate, ove necessario, nello studio individuale; tutte le tavole debbono portare il Nome e Cognome dello studente, la data e la firma del docente o dei suoi collaboratori;
- le tavole da eseguire a casa, che saranno assegnate nel corso delle lezioni e che, orientativamente, sono quelle appresso elencate.

4.5 Ricevimenti

La didattica su piattaforma e-learning non richiede, almeno in teoria, i ricevimenti, in quanto lo studente può prendere contatto con il professore in qualsiasi momento attraverso il sistema telematico. Tuttavia, gli studenti potranno comunicare anche per e-mail scrivendo all'indirizzo riccardo@migliari.it. Qualora speciali esigenze rendano necessario un incontro al di fuori dell'orario di lezione, il docente provvederà a fissare un appuntamento.

5 Elenco degli elaborati da portare all'esame

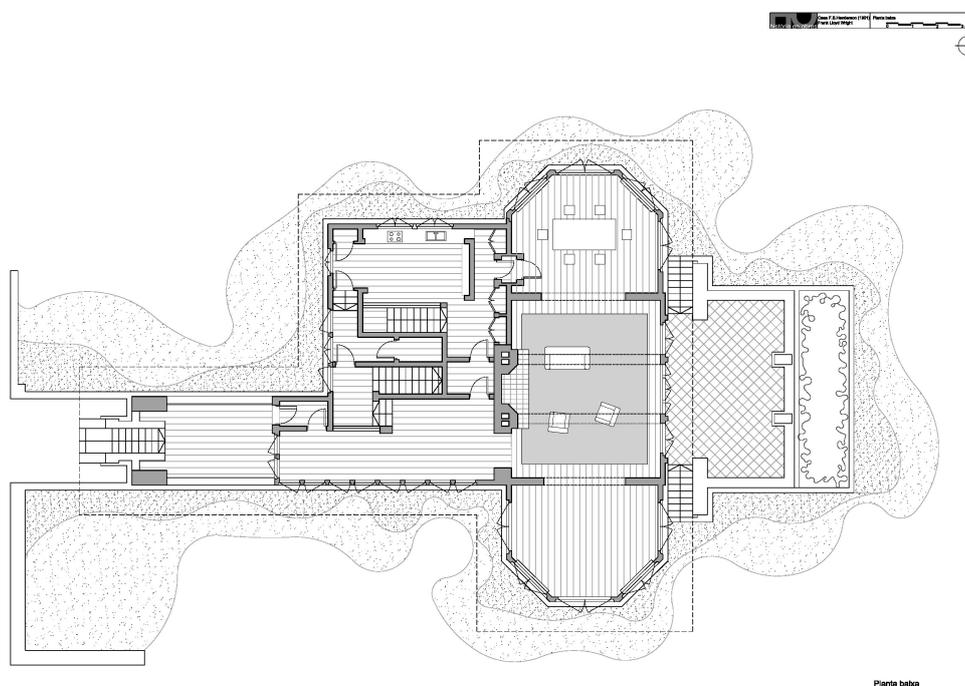


Figura 1: Frank Lloyd Wright, casa Henderson.

- il *Taccuino*, che è un quaderno rilegato, di fogli di carta da disegno, bianchi, sul quale lo studente annota e riporta in ordine gli appunti presi a lezione;
- le tavole realizzate durante le esercitazioni in aula e completate, ove necessario, nello studio individuale; tutte le tavole debbono portare il Nome e Cognome dello studente, l'intestazione o piè di pagina *Corso di Disegno AA 2015-2016*, la data e la firma del docente o dei suoi collaboratori;
- le tavole da eseguire a casa, assegnate nel corso delle lezioni, sono:
 1. il rilievo di una stanza e degli arredi in essa ospitati, resi schematicamente, completo delle misure espresse in cm;
 2. la prospettiva frontale della stessa, su foglio da disegno di formato A3 o simile, al tratto;
 3. la prospettiva frontale della stessa camera, su foglio di formato A4, trattata con campiture eseguite all'acquerello;

4. la prospettiva d'angolo della stessa, trattata con campiture eseguite all'acquerello;
5. la prospettiva a quadro orizzontale della stessa, trattata con campiture eseguite all'acquerello;
6. la rielaborazione della prospettiva della camera sostituendo al soffitto una volta a crociera, disegno al tratto;
7. la pianta e l'alzato di un chiodo infisso perpendicolarmente in una tavoletta di forma triangolare: disegno trattato con campiture all'acquerello;
8. la pianta e l'alzato di un cubo appoggiato su un piano inclinato: disegno trattato con campiture all'acquerello;
9. la pianta e l'alzato di un cilindro appoggiato su un piano inclinato: disegno al tratto;
10. la pianta e l'alzato di un gruppo di solidi, con le ombre e il chiaroscuro resi con l'acquerello (questa tavola è facoltativa);
11. l'assonometria obliqua della camera: disegno trattato con ombre e campiture all'acquerello;
12. l'assonometria ortogonale della stessa: disegno trattato con ombre e campiture all'acquerello.

6 Modo di eseguire i disegni

- Tutte le tavole debbono essere accompagnate dai relativi disegni preparatori, ivi comprendendo il lavoro svolto in aula, le tavole mal riuscite e rifatte, gli esercizi. Questi materiali, se presenti, debbono essere raccolti in cartelline, una per ogni tavola.
- Su tutti i disegni deve essere presente e ben visibile la costruzione geometrica; i punti di fuga e le tracce debbono essere evidenziati con un segno più forte a matita o con un cerchietto.
- Tutte le più importanti entità geometriche debbono portare il simbolo relativo.
- In tutti i disegni, siano essi al tratto o all'acquerello, le linee salienti debbono essere ripassate a penna, a mano libera, con l'inchiostro seppia o indaco.

7 Alcuni esempi.



Figura 2: Giovanni Battista De Gubernatis - 1812. A destra si vede lo stiratore nella posizione che deve avere quando si dipinge all'acquerello. La luce viene da sinistra, per i mancini il contrario: deve venire da destra. I drappi neri dietro i quadri servono a dare maggiore risalto alle luci delle pitture.

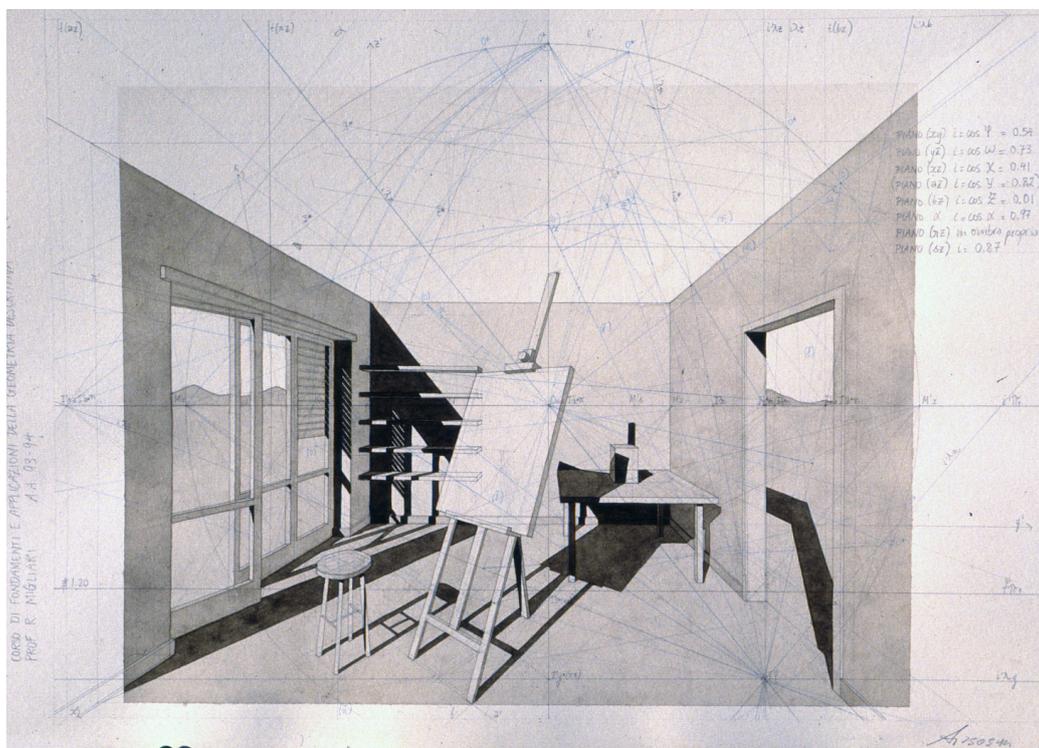


Figura 3: Prospettiva frontale - di Rachel Hentsch

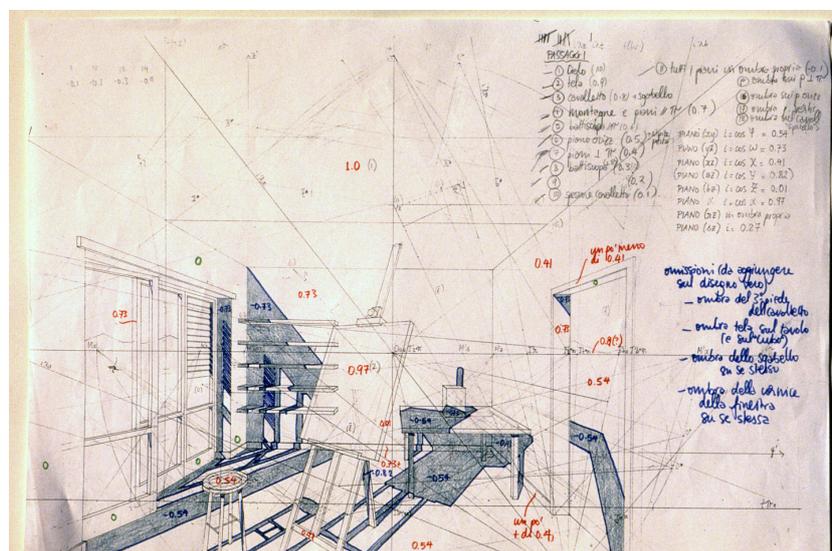


Figura 4: Disegno preparatorio

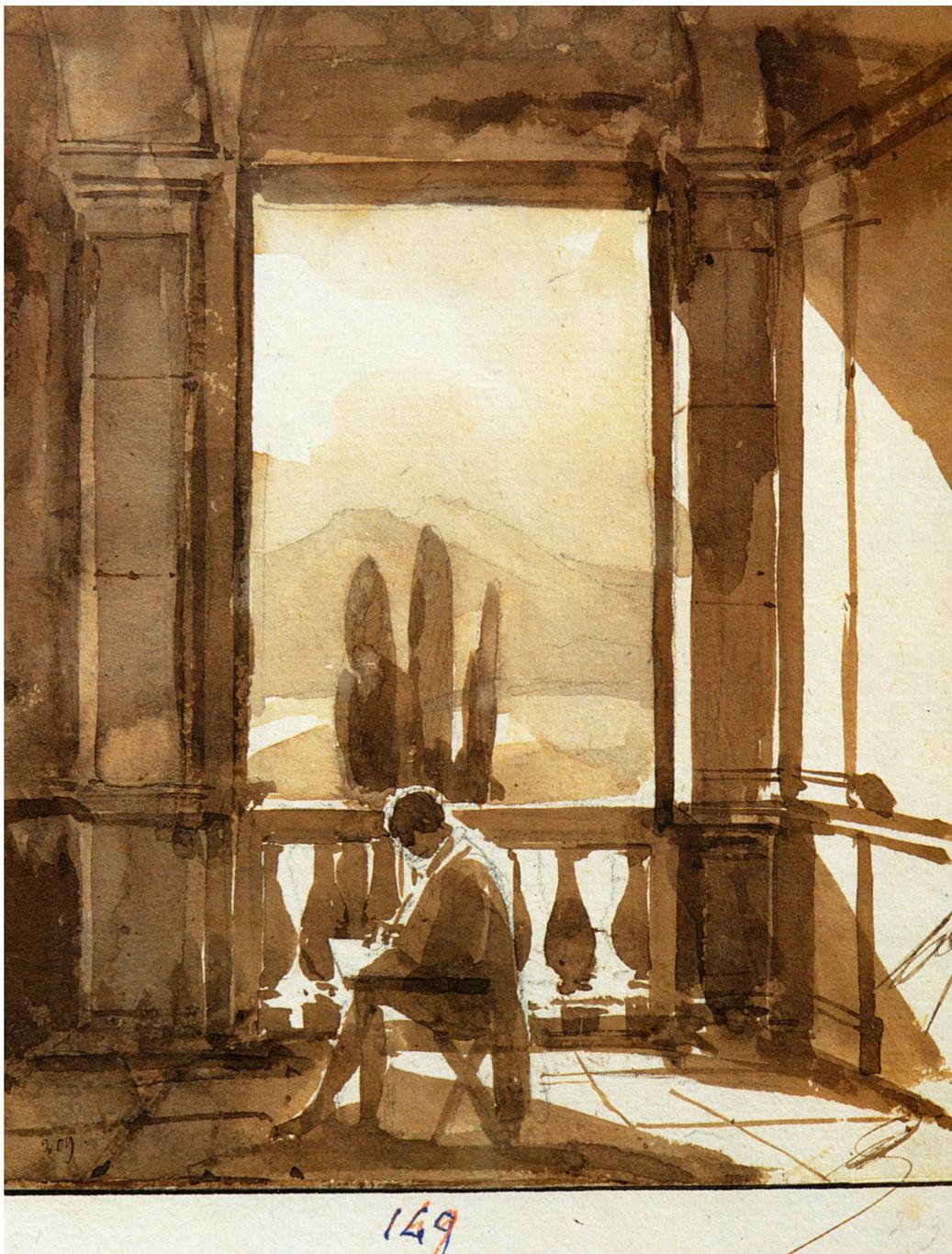


Figura 5: Francois Marie Granet ? Un disegnatore che lavora nella loggia di Villa d'Este a Tivoli, 1804-1820

Studio teorico-pratico
delle Ombre e del Chiaroscuro

Appl. al dis. geometrico

Tav. XXVI

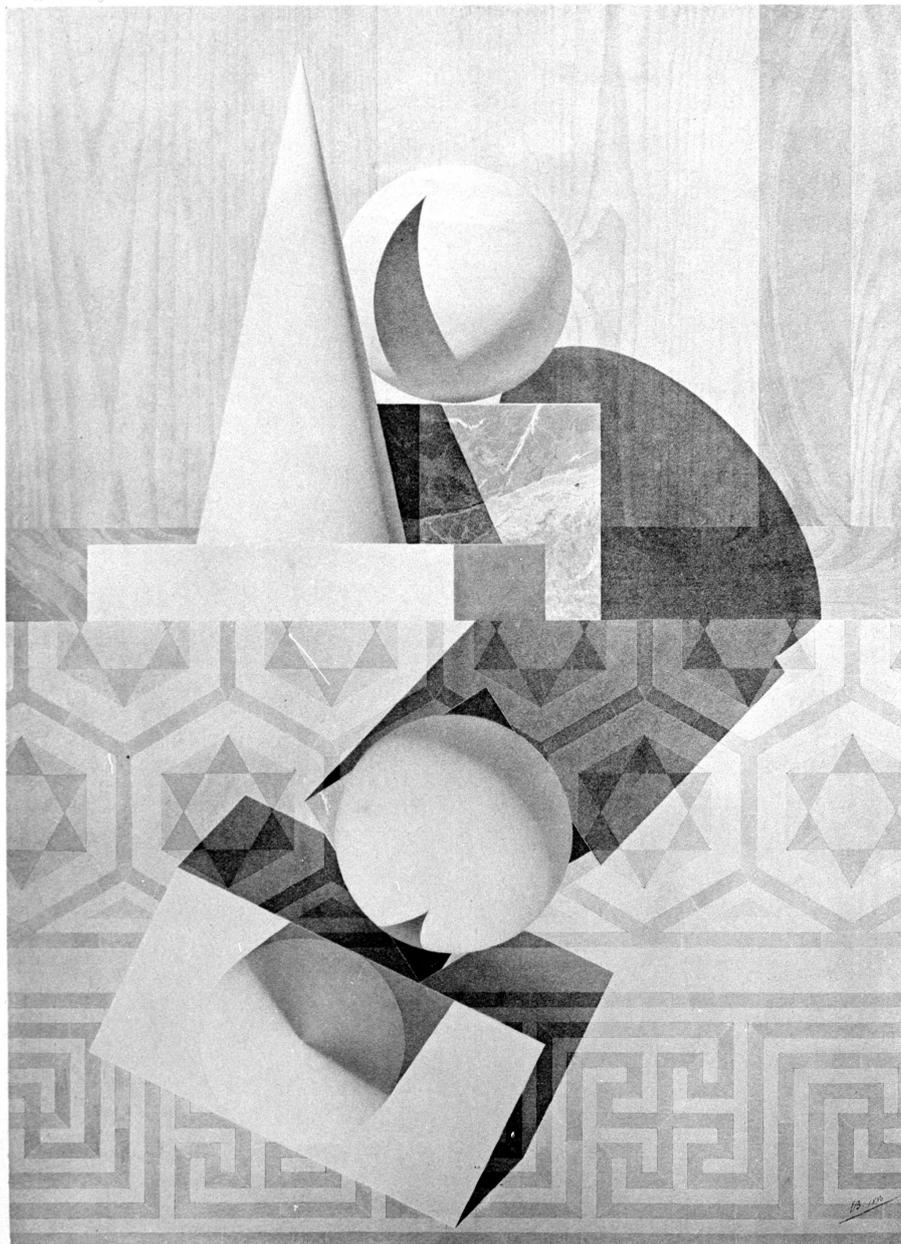


Figura 6: Composizione di un gruppo di solidi - da E. Becchetti, 1894. Esempio per la tavola 10, facoltativa, che può anche essere una copia di questa.

8 Elenco delle domande d'esame

8.1 Generalità sul disegno d'architettura

1. Quali sono i modelli che l'architetto utilizza per rappresentare il mondo come appare? E quali quelli che l'architetto utilizza per rappresentare il mondo come è?
2. Quali sono gli enti geometrici fondamentali che si utilizzano per costruire i modelli dello spazio?
3. Nello spazio, due punti, distinti, individuano ... ?
4. Nello spazio, due rette, incidenti, individuano ... ?
5. Nello spazio, due rette, parallele, individuano ... ?
6. Nello spazio, tre punti, distinti, individuano ... ?
7. Nello spazio, un punto e una retta, distinti, individuano ... ?
8. Nello spazio, una retta e un piano, incidenti, individuano ... ?
9. Nello spazio, due piani, incidenti, individuano ... ?
10. Due rette che non siano incidenti o parallele si dicono ... ?
11. Due rette incidenti formano un angolo retto quando ... ?
12. Due rette parallele hanno in comune ... ?
13. Due piani paralleli hanno in comune ... ?
14. Descrivi una stella di rette.
15. Descrivi un fascio di piani.
16. Costruisci la perpendicolare a una retta data che passa per un punto distinto o appartenente alla retta stessa.
17. Costruisci la circonferenza che passa per tre punti dati.
18. Illustra l'enunciato del teorema euclideo noto come 'teorema dell'angolo al centro'.

8.2 Sulla prospettiva

1. Illustra le operazioni di proiezione conica e cilindrica: in cosa differiscono?
2. Descrivi l'operazione di proiezione e sezione di una retta r da un centro O su un piano di quadro π .

3. Descrivi l'operazione di proiezione e sezione di un punto \mathbf{P} , che appartiene a una retta \mathbf{r} , da un centro \mathbf{O}' su un piano di quadro π' .
4. Costruisci i seguenti elementi della prospettiva: centro e quadro; cerchio di distanza; piano geometrico, piano dell'orizzonte, piano meridiano, piano anteriore. Spiega inoltre la proprietà dei punti e delle rette che appartengono al piano anteriore.
5. Illustra la relazione biunivoca che intercede tra una retta e la sua prospettiva.
6. Definisci la direzione di una retta.
7. Definisci la giacitura di un piano.
8. Definisci il punto di fuga di una retta.
9. Definisci la retta di fuga di un piano.
10. Data la prospettiva $\mathbf{r}'(\mathbf{T}'\mathbf{r}, \mathbf{I}'\mathbf{r})$ di una retta, ricostruisci nello spazio la retta \mathbf{r} .
11. Data la prospettiva $(\mathbf{t}'\alpha, \mathbf{i}'\alpha)$ di un piano, ricostruisci nello spazio il piano α .
12. illustra la differenza tra modello prospettico illusorio (al vero) e modello prospettico virtuale (in scala).
13. Illustra e giustifica il procedimento che permette di misurare una retta perpendicolare al quadro e cioè: data la prospettiva di un segmento di retta perpendicolare al quadro, stabilirne la vera grandezza.
14. Illustra e giustifica il procedimento che permette di misurare una retta perpendicolare al quadro e cioè: data la vera grandezza di un segmento di retta perpendicolare al quadro, costruirne la prospettiva.
15. Illustra e giustifica il procedimento che permette di misurare l'angolo formato da due rette incidenti, una delle quali perpendicolare al quadro.
16. Data la prospettiva di due rette incidenti, costruisci la traccia e la fuga del piano da esse individuato.
17. Data la prospettiva di due piani incidenti, costruisci la traccia e la fuga della retta da essi individuato.
18. Illustra e giustifica il procedimento che permette di misurare una retta in posizione generica e cioè: data la prospettiva di un segmento di retta in posizione generica, stabilirne la vera grandezza.
19. Illustra e giustifica il procedimento che permette di misurare una retta in posizione generica e cioè: data la vera grandezza di un segmento di retta in posizione generica, costruirne la prospettiva.

20. Illustra il significato del cerchio di misura di una retta e la sua applicazione alla prospettiva.
21. Illustra e giustifica il procedimento dei 'punti di misura ridotti'.
22. Definisci l'angolo di pendenza di una retta e l'angolo di pendio di un piano.
23. Illustra la relazione che lega le rette orizzontali di un piano, le sue rette di massima pendenza e la proiezione geometricale di queste ultime.
24. Costruisci la prospettiva di un piano di data traccia geometricale e dato angolo di pendio.
25. Data ($t'\alpha, i'\alpha$) di un piano, misura il suo angolo di pendio.
26. In prospettiva, una circonferenza può essere rappresentata da un'elisse, da una parabola o da un'iperbole: spiega quando si verificano questi tre casi e perché.
27. Costruisci la prospettiva, di fronte, di una volta a crociera con particolare riguardo alla proiezione della generatrice di contorno apparente delle due unghie che hanno l'asse parallelo al quadro.

8.3 Sulla teoria delle ombre e del chiaroscuro

1. Spiega come si rappresenta il Sole in prospettiva.
2. Spiega il fenomeno della penombra e ricordane la misura in relazione alla distanza tra l'oggetto che porta l'ombra e il piano che la riceve.
3. Definisci: ombra propria, ombra portata, spezzata separatrice d'ombra propria, contorno dell'ombra portata.
4. Spiega come si costruisce l'ombra di una retta in prospettiva.
5. Quale regola pratica si adotta per la resa del chiaroscuro delle superfici?

8.4 Sulle proiezioni ortogonali associate

1. Illustra le posizioni particolari dei piani: proiettanti in prima, in generale, e frontali in particolare; proiettanti in secondo, in generale, e orizzontali in particolare; di profilo.
2. Illustra le posizioni particolari delle rette: frontali, in generale, e proiettanti in prima in particolare; orizzontali, in generale, e proiettanti in seconda, in particolare.

3. Dato il piano ABC ($A'B'C'$, A'',B'',C'') costruisci una retta orizzontale e una retta frontale del piano.
4. Dato il piano ABC ($A'B'C'$, A'',B'',C'') e la retta r (r' , r''), costruisci il punto intersezione della retta e del piano.
5. Data la retta AB ($A'B'$, $A''B''$), misurane la lunghezza e l'angolo di pendenza.
6. Dato il piano ABC ($A'B'C'$, A'',B'',C'') costruisci una retta di massima pendenza del piano e misurane l'angolo di pendio.
7. Data la prima proiezione di una retta r (r') e il suo angolo di pendenza ϕ , stacca sulla retta un segmento AB di lunghezza nota e rappresentalo ($A'B'$, $A''B''$.)
8. Dato il piano op , per mezzo di una sua retta orizzontale o (o' , o'') e di una sua retta di massima pendenza p (p' , p''), misura l'angolo di pendio del piano.
9. Rappresenta un rettangolo che abbia i lati di lunghezze date e appartenga a un piano di dato angolo di pendio.
10. Due figure piane sono in relazione omologica quando ricorrono due condizioni, quali?
11. Descrivi il centro di una affinità ortogonale.
12. Costruisci le proiezioni di un quadrato che appartiene ad un piano di dato angolo di pendio, sfruttando l'affinità ortogonale che intercede tra le prime proiezioni e i ribaltamenti dei vertici e dei lati che si corrispondono nella suddetta affinità.
13. Costruisci le proiezioni di una circonferenza che appartiene ad un piano di dato angolo di pendio, sfruttando l'affinità ortogonale che intercede tra le prime proiezioni e i ribaltamenti di una coppia di assi, dei loro estremi e delle relative tangenti alla circonferenza, che si corrispondono nella suddetta affinità.
14. Definisci le condizioni di perpendicolarità tra retta e piano nel metodo di rappresentazione in pianta e alzato.
15. Costruisci la pianta e l'alzato di un cubo appoggiato in posizione generica sopra un piano inclinato di dato angolo di pendio.
16. Costruisci la pianta e l'alzato di un cilindro appoggiato in posizione generica sopra un piano inclinato di dato angolo di pendio.
17. Costruisci la sezione piana di una piramide.
18. Costruisci la sezione piana di un parallelepipedo.

8.5 Sull'assonometria

1. Ricorda l'enunciato del teorema di Karl Wilhelm Pohlke e illustrane il significato e le conseguenze sul piano operativo.
2. Costruisci l'assonometria obliqua di un cubo, date le proiezioni degli assi e le relative unità di misura.
3. Costruisci l'assonometria obliqua di una circonferenza appartenente a uno dei piani coordinati, date le proiezioni degli assi e le relative unità di misura.
4. Ricorda l'enunciato del teorema di Oscar Xavier Schlämilch e illustrane il significato e le conseguenze sul piano operativo.
5. Date le proiezioni degli assi di un sistema assonometrico ortogonale, costruisci le unità di misura assonometriche.
6. Formula esempi di assonometria ortogonale isometrica, dimetrica e trimetrica e ricorda cosa si intende per 'ingrandimento convenzionale'.



Figura 7: Caspar David Friedrich, Finestra sul parco San Pietroburgo, Ermitage. Effetto di luce diffusa ottenuto per mezzo di una gamma tonale molto ampia.