

AutoCAD

Costruzione dell'immagine di un oggetto da una lente convergente



DI COSA CI OCCUPIAMO

Con questa esercitazione ci proponiamo di realizzare in ambiente AutoCAD la costruzione geometrica che porta alla definizione dell'immagine di un oggetto attraverso una lente sottile convergente. A costruzione avvenuta sarà poi possibile ricavare tutti i parametri geometrici dell'immagine: distanza dalla lente, dimensioni e ingrandimento.

Il problema pratico che ci proponiamo di sviluppare in ambiente Autocad è il seguente:

Problema

Un oggetto AB rettilineo, alto $h = 40$ mm, si trova a una distanza $D = 40$ mm da una lente sottile convergente, avente distanza focale $f = 60$ mm. Dopo aver effettuato la costruzione dell'immagine, determinare:

- la distanza dell'immagine dalla lente;
- l'ingrandimento lineare della lente.

I comandi AutoCAD necessari a sviluppare il problema, come già fatto in precedenza, verranno introdotti da **tastiera**; ciò unicamente per comodità e opportunità espositiva. Naturalmente gli stessi comandi possono essere assegnati, in modo più rapido e conveniente, attraverso i **menu** del **video** o della **tavoletta**, oltre che dalle **icone** presenti nelle **barre degli strumenti** e nella **plancia dei comandi**.

1. Preparazione del foglio

Questa sezione dell'esercitazione descrive i primi passi da compiere per la creazione di un nuovo disegno. Le azioni descritte in questo contesto sono da considerare preliminari e **preparatorie** al disegno vero e proprio. Ricordiamo che è opportuno poi salvare queste impostazioni in un disegno **modello** per procedere più speditamente nelle future esercitazioni.

• Creazione di un nuovo disegno: comando nuovo (new)

Per creare un **nuovo foglio** per il disegno, dopo essere entrati nell'ambiente AutoCAD, sono disponibili quattro possibilità:

- l'**icona** corrispondente della barra degli strumenti;
- il comando **Nuovo** del menu a tendina **File**;



- la sequenza di **scelta rapida** premendo contemporaneamente i tasti **Ctrl+N**;
- digitando il comando **nuovo** dalla finestra di comando.

Successivamente compare una finestra di dialogo nella quale occorre selezionare un **disegno modello** da utilizzare; nel nostro caso basterà scegliere quello predefinito **acad.dwt**. Esso contiene anche alcune **impostazioni predefinite** (in particolare le **unità di misura**) che successivamente modificheremo adattandole alle esigenze di un contesto topografico.

• Dimensionamento del foglio virtuale: comando limiti (limits)

Questo comando serve a impostare le dimensioni rettangolari dello **spazio** (foglio virtuale) sul quale verranno poi creati gli elementi del disegno attraverso le coordinate dell'angolo in **basso a sinistra** e da quelle dell'angolo in **alto a destra**. Per dimensionare il foglio è necessario **valutare** lo spazio che sarà occupato dal disegno (nel nostro caso immaginiamo uno spazio di 320×300 unità), quindi occorre lanciare da tastiera il comando **limiti** (oppure utilizzando **Limiti disegno** del menu a tendina **Formato**). Nella **finestra di comando** (o nel **riquadro di dialogo** prossimo al cursore se è attivata la modalità **DIN, inserimento dinamico**) verranno visualizzate le seguenti informazioni:

```
Comando: limiti (limits) ↵
Ripristino dell'impostazione dei limiti
dello Spazio modello:
Specificare angolo inferiore sinistro
o [ON/OFF] <0.0000,0.0000>: ↵
Specificare angolo superiore destro
<420.0000,297.0000>: 320,300 ↵
```

Dopo aver lanciato il comando **limiti** viene richiesto di specificare le coordinate del vertice in **basso a sinistra** del foglio; premendo il **tasto invio** (↵) si accettano quelle proposte dal sistema (0.000, 0.000).

Successivamente in una nuova riga viene richiesta l'immissione delle coordinate dell'angolo superiore destro. Se digitiamo 320,300 (che significa $X = 320$ e $Y = 300$) si avrà un foglio virtuale di lavoro le cui dimensioni sono 320 unità di disegno in orizzontale e 300 unità di disegno in verticale.

Il comando **limiti** non modifica la porzione di foglio virtuale visualizzata sullo schermo. Per fare in modo che tutto lo spazio appena impostato sia completamente visibile occorre utilizzare il comando **zoom**.

• Visualizzazione di tutto il foglio virtuale: comando zoom (zoom)

Questo comando permette di visualizzare sullo schermo tutto lo spazio definito in precedenza con il comando **limiti**. Nella **finestra di comando** scorreranno le seguenti righe:

LABORATORIO INFORMATICO

Comando: **zoom** (zoom) ↵
 Specificare un angolo della finestra, digitare un fattore di scala (nX o nXP) o [Tutto/Centrato/Dinamico/Estensioni/Precedente/scAla/Finestra/Oggetto] <tempo reale>: **T** ↵
 Rigenerazione modello in corso



L'opzione **T** del comando **zoom** serve appunto a visualizzare tutto lo spazio del disegno sullo schermo.

• Definizione della modalità di cattura: comando **osnap** (osnap)

Nello sviluppo del disegno sarà necessario **catturare** più volte i punti di intersezione degli oggetti grafici già presenti nell'area di lavoro; conviene allora attivare il metodo di cattura **Intersezione** del comando **osnap** (cattura degli oggetti) nel seguente modo:

Comando: **osnap** (osnap) ↵
 (Spuntare la scelta Intersezione nella finestra di dialogo che appare a video): **I** ↵
 Comando:



La modalità di **osnap** così assegnata, è **permanente**, in quanto rimane attiva fin quando non viene disattivata, sempre utilizzando il comando **osnap** (sono possibili anche modalità di cattura **provvisorie**, valide solo per il comando attivo). Questo comando non provoca nessun cambiamento al disegno; tuttavia, quando si invoca il comando **linea** (o qualsiasi altro oggetto grafico), assieme al cursore apparirà un piccolo quadratino chiamato **mirino**, col quale è possibile la **cattura** precisa ed esatta del punto di intersezione tra due oggetti grafici, solo avvicinando il mirino all'intersezione.

2. Disegno della lente e dell'oggetto

Una volta preparato il foglio virtuale possiamo iniziare a tracciare gli elementi grafici necessari alla nostra esercitazione.

• Asse ottico e lente

Cominciamo col tracciare l'**asse ottico** della lente; esso può essere rappresentato da una **linea orizzontale** che tracciamo in posizione baricentrica rispetto al foglio appena preparato, con il seguente comando:

Comando: **linea** (line) ↵
 Specificare primo punto: **10,150** ↵
 Specificare punto successivo
 o [Annulla]: **#310,150** ↵
 Specificare punto successivo
 o [Annulla]: **ESC** o ↵
 Comando:



In modo analogo possiamo rappresentare la **lente sottile** (dunque con spessore trascurabile) per mezzo di un segmento verticale che posizioneremo esattamente al centro dell'asse ottico appena tracciato, con il seguente comando:

Comando: **linea** (line) ↵
 Specificare primo punto: **160,75** ↵
 Specificare punto successivo
 o [Annulla]: **#160,225** ↵
 Specificare punto successivo
 o [Annulla]: **ESC** o ↵
 Comando:



Per mettere in evidenza la linea appena tracciata, che rappresenta schematicamente la lente, è opportuno cambiare il **colore** al segmento precedente, assegnandogli il colore **rosso** (► FIGURA A). Questa operazione è possibile richiamando la tavolozza **Proprietà** premendo sull'apposita icona presente nella barra degli strumenti (o con la combinazione di tasti **CTRL+1**), oppure con il seguente comando **cambia** assegnato da tastiera:

Comando: **cambia** (change) ↵
 Selezionare oggetti: **U** trovato(i) ↵
 (ultimo oggetto tracciato)
 Selezionare oggetti: ↵ (invio per ultimare la selezione)
 Specificare punto di modifica
 o [Proprietà]: **P** ↵
 Digitare la proprietà da modificare
 [Colore/Elev/Layer/Tipolinea/Scalatl/
 SPesslin-/Altezza/Materiale/annotatiVo]: **C** ↵
 (per modificare il colore)
 Nuovo colore [Truecolor/Catalogocolori]
 <DALAYER>: **ROSSO** ↵
 Digitare la proprietà da modificare
 [Colore/Elev/Layer/Tipolinea/Scalatl/
 SPesslin-/Altezza/Materiale/annotatiVo]: ↵
 (invio per ultimare la selezione)
 Comando:



• Materializzazione dei due fuochi della lente

Vogliamo ora segnalare la posizione dei **due fuochi** della lente, e lo vogliamo fare con due piccole **marche** (due tratti verticali lunghi 5 mm) posizionate ciascuna a una distanza dalla lente pari alla **distanza focale** assegnata: $f = 60$ mm. Per individuare i fuochi possiamo tracciare un **cerchio provvisorio** con centro nell'intersezione delle due linee che rappresentano **asse ottico** e **lente** (dunque il centro ottico della lente sottile), con raggio pari alla distanza focale della lente. Ricordando che abbiamo attivato in modo permanente la modalità **osnap Intersezione** per la cattura degli oggetti, il comando per tracciare il cerchio provvisorio sarà:

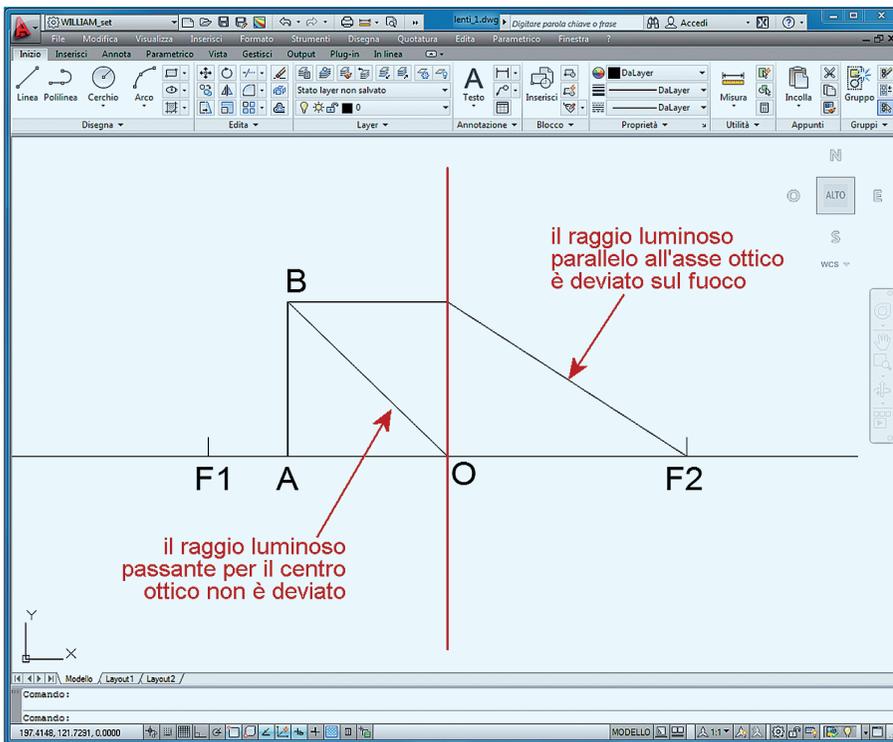


FIGURA A L'area di lavoro di AutoCAD con lente e oggetto tracciati.

Comando: **cerchio** (circle) ↵ 
 Specificare centro del cerchio o [3P/2P/Tr (tangente tangente raggio)]: (portare il mirino del cursore in prossimità dell'intersezione asse-lente e selezionare...)
 Specificare raggio del cerchio o [Diametro]: **60** ↵
 Comando:

Le due intersezioni di questo cerchio con la linea orizzontale che rappresenta l'asse ottico definiscono i due **fuochi** della lente. Possiamo quindi tracciare i due trattini lunghi **5 unità** che segneranno la presenza dei due fuochi. Il comando per tracciare il trattino di destra è il seguente:

Comando: **linea** (line) ↵ 
 Specificare primo punto: (portare il mirino del cursore in prossimità dell'intersezione di destra tra asse ottico e cerchio, quindi selezionare...)
 Specificare punto successivo o [Annulla]: (portare il mirino del cursore in direzione verticale al di sopra dell'asse ottico e digitare da tastiera...) **5** ↵
 Specificare punto successivo o [Annulla]: **ESC** o ↵
 Comando:

Il comando per tracciare il trattino di sinistra è il seguente:

Comando: **linea** (line) ↵ 
 Specificare primo punto: (portare il mirino del cursore in prossimità dell'intersezione di sinistra tra asse ottico e cerchio, quindi selezionare...)
 Specificare punto successivo o [Annulla]: (portare il mirino del cursore in direzione verticale al di sopra dell'asse ottico e digitare da tastiera...) **5** ↵
 Specificare punto successivo o [Annulla]: **ESC** o ↵
 Comando:

A questo punto possiamo **cancellare** il cerchio provvisorio, in quanto la sua funzione si è esaurita:

Comando: **cancella** (erase) ↵ 
 Selezionare oggetti: (portare il cursore sul cerchio e selezionare) trovato(i) 1
 Selezionare oggetti: ↵
 Comando:

● **Tracciamento dell'oggetto e inserimento del testo**
 Per tracciare il segmento che rappresenta l'**oggetto**, che il problema definisce a una distanza $D = 40$ mm dalla lente e con un'altezza $h = 40$ mm, usiamo la stessa tecnica appena utilizzata per tracciare le marche sui fuochi. Cioè tracciamo

LABORATORIO INFORMATICO

un secondo **cerchio provvisorio**, sempre con centro sull'intersezione tra asse ottico e lente, ma con raggio pari alla distanza $D = 40$ mm:

Comando: **cerchio** (circle) ↵
 Specificare centro del cerchio
 o [3P/2P/Ttr (tangente tangente raggio)]: (portare il mirino del cursore in prossimità dell'intersezione asse-lente e selezionare...)
 Specificare raggio del cerchio
 o [Diametro]: **40** ↵
 Comando:



L'intersezione di sinistra di questo cerchio con la linea orizzontale che rappresenta l'asse ottico definisce la posizione dell'**oggetto** sullo stesso asse. Per tracciare il segmento che rappresenta l'oggetto osservato dalla lente, utilizziamo un segmento verticale definito con il seguente comando:

Comando: **linea** (line) ↵
 Specificare primo punto: (portare il mirino del cursore in prossimità dell'intersezione di sinistra tra asse ottico e cerchio, quindi selezionare...)
 Specificare punto successivo o [Annulla]: (portare il mirino del cursore in direzione verticale al di sopra dell'asse ottico e digitare da tastiera...) **40** ↵
 Specificare punto successivo o [Annulla]:
ESC o ↵
 Comando:



Possiamo ora **cancellare** anche il secondo cerchio provvisorio:

Comando: **cancella** (erase) ↵
 Selezionare oggetti: (portare il cursore sul cerchio e selezionare) trovato(i) 1
 Selezionare oggetti: ↵
 Comando:



Per ultimare questa prima fase del disegno, inseriamo le corrispondenti **lettere** in prossimità dei punti finora individuati, utilizzando il comando **testo**. Iniziamo con l'inserire il carattere maiuscolo **O** in prossimità dell'intersezione tra le linee che rappresentano asse ottico e lente, con il seguente comando:

Comando: **testo** (text) ↵
 Stile di testo corrente: "Standard"
 Altezza del testo: 2.500 Annotativo: No
 Specificare punto iniziale del testo
 o [Giustificato/Stile]: (portare il mirino del cursore in prossimità dell'intersezione lente-asse ottico e selezionare...):
 Specificare altezza <2.500>: **6** ↵ ▶



Specificare angolo di rotazione del testo <100.0000g>: ↵
 Digitare testo: **O** ↵ (nella finestra dei comandi o in un riquadro direttamente sull'area di lavoro)
 Comando:

Ripetendo questa procedura, inseriamo in modo analogo le lettere in prossimità dei punti $F1$, $F2$, A e B . Lo stato del foglio virtuale è ora quello di ▶ FIGURA A.

3. Disegno dei raggi di costruzione

Per costruire l'immagine dell'oggetto, dobbiamo ora tracciare due **raggi di costruzione**. Il **primo** raggio esce dal punto B , si dirige parallelamente all'asse ottico sulla lente e da qui viene deviato sul fuoco $F2$. Per tracciare i **due segmenti** che definiscono questo primo raggio di costruzione, ricordando che l'estremo B dell'oggetto ha coordinate 120,190 e che il fuoco $F2$ ha coordinate 220,150, utilizziamo il comando seguente:

Comando: **linea** (line) ↵
 Specificare primo punto: **120,190** ↵
 (punto B dell'oggetto)
 Specificare punto successivo o [Annulla]:
#160,190 ↵ (segmento parallelo all'asse tra B e la lente)
 Specificare punto successivo o [Annulla]:
#220,150 ↵ (segmento diretto sul fuoco F2)
 Specificare punto successivo o [Annulla]:
ESC o ↵
 Comando:



Il **secondo** raggio di costruzione esce ancora dall'estremo B dell'oggetto e si dirige sul centro ottico O della lente (intersezione lente-asse ottico) senza subire alcuna deviazione. Ricordando che il punto O ha coordinate 160,150, dovremo assegnare il seguente comando:

Comando: **linea** (line) ↵
 Specificare primo punto: **120,190** ↵
 (punto B dell'oggetto)
 Specificare punto successivo o [Annulla]:
#160,150 ↵ (segmento diretto sul centro O della lente)
 Specificare punto successivo o [Annulla]:
ESC o ↵
 Comando:



4. Disegno dell'immagine

Essendo l'oggetto compreso tra la lente e un suo fuoco (come si può osservare in ▶ FIGURA B), i due raggi emergenti dalla lente sono **divergenti** e l'immagine è **virtuale**. Essa si forma dalla stessa parte dell'oggetto ed è definita dal

LABORATORIO INFORMATICO

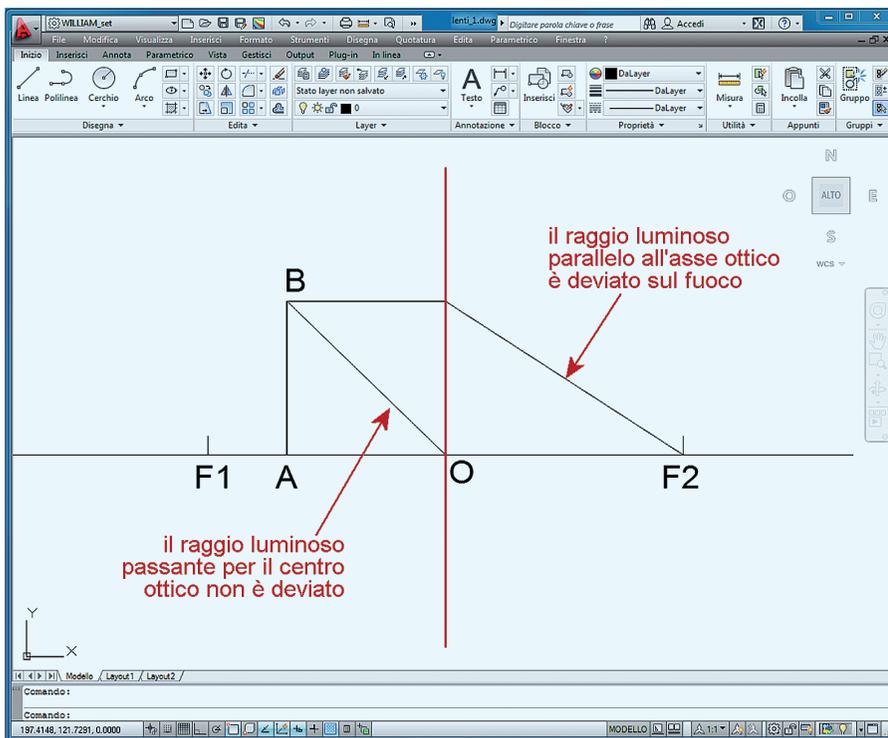


FIGURA B L'area di lavoro di AutoCAD con i raggi di costruzione tracciati. Si nota che i raggi emergenti dalla lente sono divergenti, quindi l'immagine sarà virtuale, cioè realizzata dai prolungamenti dei raggi.

prolungamento dei precedenti raggi di costruzione. Cioè il punto B' , immagine del punto B dell'oggetto, sarà individuato dal prolungamento dei due raggi tracciati in precedenza. Per ottenere questa intersezione in AutoCAD, si ricorre al comando **raccordo** (o **cima**), con l'avvertenza di porre a 0 il **raggio del raccordo**. Dunque si dovrà impostare il seguente comando:

```
Comando: raccordo (fillet) ↵
Impostazioni correnti:
Modalità = TRIM, Raggio = 0.500
Selezionare il primo oggetto o [aNulla/Polilinea/RAggio/Taglia/Multiplo]: RA ↵
Specificare raggio di raccordo <0.500>: 0 ↵
Selezionare il primo oggetto o [aNulla/Polilinea/RAggio/Taglia/Multiplo]:
(selezionare col puntatore un punto qualunque del segmento inclinato diretto su F2...)
Selezionare il secondo oggetto o selezionare oggetto tenendo premuto il tasto Maiusc per applicare l'angolo: (selezionare col puntatore un punto qualunque del segmento inclinato BO...)
Comando:
```

Il risultato immediato del comando è l'individuazione del **punto immagine B'** come intersezione dei raggi selezionati. Ora non resta che tracciare il **segmento verticale $B'A'$** che costituisce l'immagine dell'oggetto AB . Ricordando

che è già attivata la modalità **Intersezione** di **osnap**, e attivando la modalità **Orto** (**ortogonale**) con il tasto funzione F8 o con il pulsante omonimo nella **barra di stato** nella parte inferiore dello schermo, possiamo tracciare il segmento $B'A'$ che rappresenta l'immagine dell'oggetto:

```
Comando: linea (line) ↵
Specificare primo punto:
(portare il mirino del cursore in prossimità dell'intersezione  $B'$ , quindi selezionare...)
Specificare punto successivo o [Annulla] <Orto on>: (portare il mirino del cursore verso il basso fino a toccare l'asse ottico e selezionare...)
Specificare punto successivo o [Annulla]: ESC o ↵
Comando:
```

Inseriamo ora le corrispondenti **lettere** in prossimità dei due punti A' e B' , utilizzando il comando **testo**:

```
Comando: testo (text) ↵
Stile di testo corrente: "Standard"
Altezza del testo: 6.000 Annotativo: No
Specificare punto iniziale del testo o [Giustificato/Stile]: (portare il mirino del cursore in prossimità del punto  $B'$  e selezionare...) ▶
```

LABORATORIO INFORMATICO

Specificare altezza <6.000>: ↵ (accettazione dell'altezza corrente)
 Specificare angolo di rotazione del testo <100.00g>: ↵ (accettazione dell'inclinazione corrente)
 Digitare testo: **B'** ↵ (nella finestra dei comandi o in un riquadro direttamente sull'area di lavoro)
 Comando:

Delta X = 120.0000, Delta Y = 0.0000,
 Delta Z = 0.0000
 Comando:

Con la stessa procedura inseriamo la denominazione A'. A questo punto lo stato del foglio virtuale è quello di **FIGURA C**.

Dunque la distanza d è pari a **120** unità, cioè millimetri (convenzionalmente negativa perché l'immagine è virtuale), come si può anche ricavare per controllo applicando la legge delle lenti sottili $1/f = 1/D + 1/d$.

Per ottenere l'**ingrandimento** lineare della lente basta estrarre, procedendo come prima, la dimensione dell'immagine:

5. Risultati dell'esercitazione

Siamo ora in grado di rispondere ai quesiti posti dal problema oggetto di questa esercitazione. Il primo quesito richiedeva la **distanza d** dalla lente alla quale si forma l'immagine. Basta attivare il comando **dist** (distanza) e selezionare i due punti A' e O :

Comando: **dist** (dist) ↵ Icona 
 Specificare primo punto: (selezionare il punto A') ↵
 Specificare secondo punto: (selezionare il punto B') ↵
Distanza = 120.0000, Angolo nel piano XY = 0, Angolo dal piano XY = 0
 Delta X = 0.0000, Delta Y = 0.0000, Delta Z = 0.0000
 Comando:

Comando: **dist** (dist) ↵ Icona 
 Specificare primo punto: (selezionare il punto A') ↵
 Specificare secondo punto: (selezionare il punto O) ↵
Distanza = 120.0000, Angolo nel piano XY = 0, Angolo dal piano XY = 0 ▶

Quindi anche la dimensione dell'immagine $A'B'$ è **120** mm. Essendo 40 mm la dimensione dell'oggetto, l'**ingrandimento lineare** vale:

$$I_l = \frac{120}{40} = 3$$

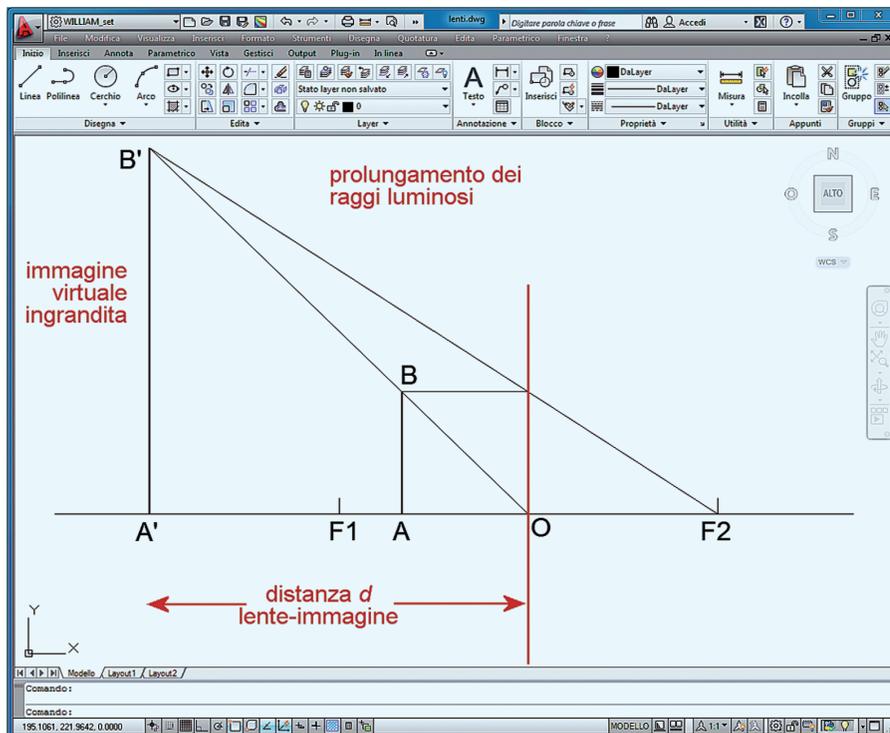


FIGURA C L'area di lavoro di AutoCAD con l'immagine tracciata. Dal disegno possono essere estratti i valori di tutti gli elementi grafici desiderati come distanza e dimensioni dell'immagine.